

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 3 (63), 2021

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
2021

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 3 (63), 2021

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
2021

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

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

№ 3 (63), 2021

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 (63), 2021

Branches of science:

- agricultural sciences
- technical science

Specialty groups:

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

ИЗВЕСТИЯ

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

№ 3 (63), 2021

В соответствии с решением Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России от 19.02.2010 г. № 686 журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Журнал индексируется в международных информационных системах **Web of Science (RSCI)**, **Agricultural Research Information System (AGRIS)**.

Официальный партнер международной организации **DOI Foundation (IDF)**, международной Ассоциации **Publishers International Linking Association (PILA)**, международного регистрационного агентства **CrossRef**.

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

Заместители главного редактора:

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

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

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

№ 3 (63), 2021

According to the decision of Presidium of Higher certifying commission of Ministry of Education and science of Russia in 19.02.2010 № 686 the magazine was included into the list of leading peer-reviewed journals and issues where candidate and doctoral degree thesis basic scientific results can be published.

The journal is indexed in the International Information Systems **Web of Science (RSCI)**, **Agricultural Research Information System (AGRIS)**. Official partner of the International Organization **DOI Foundation (IDF)**, **The Publishers International Linking Association (PILA)**, and The International Registration Agency **CrossRef**

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

Deputy chief editor:

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

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

**Международный редакционный совет
научного журнала**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Редакционная коллегия научного журнала

Editorial Board of the Scientific Journal

06.01.00 Агрономия

06.01.00 Agronomy

06.01.01 Общее земледелие, растениеводство

06.01.01 General agriculture, crop production

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки)

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (agricultural sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (технические науки)

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

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

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

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

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

06.01.04 Агрохимия

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

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

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

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

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

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

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

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

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (technical Sciences)

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

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

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

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

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

06.01.04 Agrochemistry

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

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

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

06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

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

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

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

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

06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры

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

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

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

06.01.07 Защита растений

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

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

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

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

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 Selection and seed production of agricultural plants

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

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

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

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

06.01.06 Grassland and medicinal essential oilseeds

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

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

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

06.01.07 Plant Protection

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

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

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

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

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

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

06.01.08 Плодоводство, виноградарство

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 ПАФ НЦ РАН

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

Подковыров И.Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, 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 PAF SC RAS

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 Овощеводство

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

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

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

06.01.09 Vegetable-growing

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

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

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

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

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

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

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

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

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

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 Veterinary pharmacology with toxicology

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

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

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

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

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

06.02.04 Ветеринарная хирургия

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

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

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

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

06.02.04 Veterinary surgery

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.06 Ветеринарное акушерство и биотехника репродукции животных

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

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

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

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

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

06.02.06 Veterinary obstetrics and animal biotechnology

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

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

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

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

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

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

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

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

06.02.07 Breeding, selection and genetics of farm animals

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

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

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

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

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

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

06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

06.02.08 Feed production, feeding of farm animals and feed technology

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.09 Звероводство и охотоведение

06.02.09 Fur farming and hunting

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

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

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

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

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

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

06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства

06.02.10 Private animal husbandry, production technology of livestock products

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

05.20.00 Processes and machines of agro-engineering systems

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization

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

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

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

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

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

05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

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

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

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

05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

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

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

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

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

05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture

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

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

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

05.20.03 Technologies and means of agricultural maintenance

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

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

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

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

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-01

FACTORS AND PROCESSES OF THE CHERNOZEM EVOLUTION IN THE CONDITIONS OF ORGANIC AGRICULTURE AND LANDSCAPES OF THE MIDDLE VOLGA REGION

R. F. Baibekov, I. M. Yashin, S. L. Belopukhov, S. R. Ramazanov

*Russian State Agrarian University –
Moscow State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev, Moscow*

Received 19.05.2021

Submitted 21.07.2021

The work was supported by the grant of the President of the Russian Federation No. NSH-10347.2016.11 «Agroecological research with the development, adaptation and verification of information and methodological support for agroecological monitoring of land, land use technologies and product quality» and the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on the topic No. 107-2020 «Assessment of the impact of spatial variation of soil properties on the production process and product quality in the crop rotation of an economy accredited according to international standards «Organic»

Summary

The materials presented in the article are of great scientific and practical importance in the landscape organization of the territory, in the placement of cultivated crops and the introduction of resource-saving technologies, including organic farming, agroecological assessment and soil protection.

Abstract

Introduction. The ecological situation in the agrarian, steppe and floodplain landscapes of the Middle Volga region is diagnosed by us as tense. This is due to droughts, fires in the period 2010-2020, the death of many facies of birch forests, spruce forests, meadow forbs on the upland and in the plantings of forest belts. Against the background of climate aridization, atmospheric droughts and abnormally hot weather, the physicochemical properties of chernozems change, especially after fires. It is necessary to assess the influence of slightly saline rocks on the evolutionary processes of chernozems (and native humic substances) in the landscapes of the Middle Volga region. We carried out such model eco-geochemical experiments to assess the native processes of alkaline hydrolysis of minerals and humic substances and the transformation of chernozems into chernozem soils. **Object.** The factors of the evolution of chernozems of the Middle Volga region in the agrarian, floodplain, steppe and forest-steppe ecosystems of the Educational Farm «Mummovskoe» of the Atkarsk district of the Saratov region have been studied. **Materials and methods.** The analysis used a set of environmental research methods: route method, experimental modeling, chromatography and sorption lysimeters. Reactions of the interaction of aqueous alkaline solutions formed during the period of rains from the ash of steppe plants after fires with soil were simulated in wide and short columns. **Results and Conclusions.** The factors of evolution of chernozems are differentiated by us into global ones, which are associated with climate aridization, droughts, fires, and local ones – «clean» vapors, «plow bottom» in chernozems of agricultural ecosystems, salinization and alkaline hydrolysis of humic substances, water migration of soil formation products. The evolutionary processes of chernozems have been studied from an eco-geochemical standpoint. The results of studies in the period 2006 - 2018 are presented, an assessment of the ecological state, features of the degradation of humic substances in chernozems on the uplands of the Bolshaya Kolyshley river valley is carried out. In this region, a large-scale loss of facies of birch and oak was noted. It was noted that steppe herbaceous communities everywhere replace forest facies («chops»). The native degradation of humic substances in chernozem and their evolution into chernozem soils has been established. The evolutionary processes of chernozems are associated with alkaline hydrolysis of minerals and humic substances. Biodegradation of the molecular structures of humates and sodium fulvates with the release of iron-organic complex compounds in the sands of river terraces

above the floodplain is noted. The physicochemical characteristics of soils have been determined. It is shown that fertile chernozems on upland areas are transformed into solonetzic and solodized chernozems, and then into chernozemic chernozems with unfavorable physicochemical and ecological properties. The information obtained is of great scientific and practical importance in the landscape organization of the territory, in the placement of cultivated crops and the introduction of resource-saving technologies, agroecological assessment and soil protection.

Keywords: *chernozem evolution, agroclimatic conditions, droughts, fires, salinization, alkalization, humates, fulvic acids, mass transfer, sorption, lysimeters.*

Citation. Baibekov R. F., Yashin I. M., Belopukhov S. L., Ramazanov S. R. Factors and processes of the chernozem evolution in the conditions of organic agriculture and landscapes of the Middle Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 14-29 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-01.

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 631.421:631.423

ФАКТОРЫ И ПРОЦЕССЫ ЭВОЛЮЦИИ ЧЕРНОЗЕМОВ В УСЛОВИЯХ ОРГАНИЧЕСКОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Р. Ф. Байбеков, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

И. М. Яшин, доктор биологических наук, профессор

С. Л. Белопухов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. Р. Рамазанов, соискатель

*Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева,
г. Москва*

Дата поступления в редакцию 19.05.2021

Дата принятия к печати 21.07.2021

**Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ №НШ-10347.2016.11
«Агроэкологические исследования с разработкой, адаптацией и верификацией
информационно-методического обеспечения агроэкологического мониторинга земель,
технологий землепользования и качества продукции» и МСХ РФ по теме №107-2020
«Оценка влияния пространственного варьирования свойств почвы на производственный
процесс и качество продукции в севообороте хозяйства, аккредитованного
по международным стандартам «Органик»**

Актуальность. Экологическая ситуация в аграрных, степных и пойменных ландшафтах Среднего Поволжья диагностируется нами как напряженная. Причинами этого являются засухи, пожары в период 2010-2020 гг., далекий от оптимального водный режим почвы, изменение физико-химических характеристик почв, что влияет на химический состав почвы, растений, деревьев как на плакоре, так и в посадках лесополос. Постоянно изменяющиеся агроэкологические и агроклиматические параметры, общее повышение температуры, снижение количества осадков определяют нестабильность физико-химических и физико-механических свойств черноземов, особенно после пожаров. Проведенные исследования показали, что и далее необходимо проводить оценку влияния слабо засоленных пород на процессы эволюции черноземов и нативных гумусовых веществ в ландшафтах Среднего Поволжья. Такие модельные эко-геохимические опыты были проведены нами для оценки нативных процессов щелочного гидролиза минералов и гумусовых веществ и трансформации черноземов в черноземные почвы. **Объекты.** Изучены факторы эволюции черноземов Среднего Поволжья в аграрных, пойменных, степных и лесостепных экосистемах на примере почв учхоза «Муммовское» Аткарского района Саратовской области. **Материалы и методы.** При

анализе использован комплекс методов экологических исследований: маршрутный метод, экспериментальное моделирование, хроматография, термохимический анализ и сорбционные лизиметры. Реакции взаимодействия водных щелочных растворов, образовавшихся в период дождей из золы степных растений после пожаров, с почвой моделировали в широких и коротких колонках. **Результаты и выводы.** Факторы эволюции черноземов дифференцированы нами на глобальные, которые связаны с аридизацией климата, засухами, пожарами, и локальные – «чистые» пары, «плужная подошва» в черноземах аграрных экосистем, засоление и щелочной гидролиз гумусовых веществ, водная миграция продуктов почвообразования. Процессы эволюции черноземов изучены с эко-геохимических позиций. Представлены результаты исследований в период 2006-2019 гг., проведена оценка экологического состояния, особенностей деградации гумусовых веществ черноземов на плакорах долины реки Большой Кольшлей. В обследованном регионе отмечена масштабная гибель фаций берез и дуба. Отмечено, что степные травянистые сообщества повсеместно замещают лесные фации («колки»). Установлена нативная деградация гумусовых веществ черноземов и их эволюция в черноземные почвы. Процессы эволюции черноземов связаны со щелочным гидролизом минералов и гумусовых веществ. Это приводит к химической и биологической трансформации молекулярных структур гуматов и фульватов натрия с последующим выходом железосодержащих органических комплексных соединений в песках речных надпойменных террас. Определены физико-химические характеристики почв. Показано, что плодородные черноземы на плакорах трансформируются в черноземы солонцеватые и осолоделые, а затем в солонцы черноземные с неблагоприятными физико-химическими и экологическими свойствами. Полученная информация имеет важное научно-практическое значение при ландшафтной организации территории, при размещении возделываемых культур и внедрении ресурсосберегающих технологий, включая органическое земледелие, агроэкологической оценке и охране почв.

Ключевые слова: эволюция черноземов, агроклиматические условия, засухи, пожары, засоление почв, осолонцевание, гуматы, фульвокислоты.

Цитирование. Байбеков Р. Ф., Яшин И. М., Белопухов С. Л., Рамазанов С. Р. Факторы и процессы эволюции черноземов в условиях органического сельского хозяйства и ландшафтов Среднего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 14-29. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-01.

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. Постоянно изменяющиеся агроэкологические и агроклиматические условия на территориях сельскохозяйственных производственных предприятий Поволжья, в степях, пойменных ландшафтах Среднего Поволжья, Республики Крым заставляют по-новому оценивать и применять приемы ведения сельскохозяйственного производства [10, 11]. В последнее десятилетие отмечается увеличение числа крупных пожаров, чему способствует отсутствие достаточного количества осадков. Это приводит к гибели трав, кустарников, деревьев на плакоре и в посадках лесополос [6]. Такая совокупность неблагоприятных экологических факторов действует на изменение физико-химических характеристик и химического состава почв, особенно сильно это отражается на физико-химическом свойстве черноземов, химическом составе органического и минерального состава вещества почв, почвенного раствора, окислительно-восстановительного и электрокинетического потенциала, в частности, после масштабных пожаров. Проведенные нами ранее исследования показали, что неполно изучено влияние слабо засоленных пород на процессы эволюции черноземов (и нативных гумусовых веществ) в ландшафтах Среднего Поволжья и Крыма. В то же время локальное засоление и деградация черноземов возможны также и после масштабных пожаров при

формировании на поверхности почв слоя золы, обуглившегося органического вещества. Подобные модельные эко-геохимические опыты и были проведены нами для последующей оценки нативных процессов щелочного гидролиза минералов и гумусовых веществ и трансформации черноземов в черноземные почвы.

Целью исследования являлось изучение черноземов и процессов их эволюции в ландшафтах Среднего Поволжья и Крыма.

В задачи исследований входило провести оценку химического состава и физико-химических показателей почв, исследовать влияние слабо засоленных пород на процессы эволюции черноземов и нативных гумусовых веществ, установить факторы и этапы процессов деградации черноземов.



Рисунок 1 – Фото плакора коренного берега реки Большой Колышлей: а – профиль чернозема солонцеватого (осолоделого), 2016 г.; в – профиль с сорбционными колонками, 2017 г.; с – профиль чернозема солонцеватого (осолоделого), 2017 г. (фото И. М. Яшина)

Figure 1 – Photo of a plakor on the bedrock bank of the Bolshaya Kolyshley River: a - profile of solonchak (solonchakous) chernozem, 2016; c - profile with sorption columns, 2017; c - profile of solonchak chernozem (solodized), 2017 (photo by I. M. Yashin)

Материалы и методы. Процессы эволюции черноземов нами проведены в ОАО «Учхоз «Муммовское» (Аткарский район Саратовской области) в 2006 -2019 гг., в ООО «Эфирмасло» Белогорского района Республики Крым в 2018-2019 гг., где изучали экосистемы в аграрных, пойменных, степных и лесостепных районах. При проведении испытаний и оценке химических и физико-химических показателей почвы нами использован комплекс физико-химических, химических и экологических методов исследований, включая маршрутный метод, экспериментальное моделирование на основе результатов хроматографии и сорбционных лизиметров [12]. Для оценки химических реакций взаимодействия водных щелочных растворов, образовавшихся в период дождей из золы степных растений после пожаров, с почвой проводили модельные эксперименты в широких и коротких колонках [13].

Результаты и обсуждение. При аридизации климата и локальном опустынивании лесостепных ландшафтов по результатам химического анализа черноземов отмечено их засоление и осолонцевание [5, 7]. Некоторые профили изученных почв представлены на рисунке 1. Видно отличие в профиле чернозема солонцеватого (осолоделого) в фации засохших берез в период засушливого лета 2016 г., где в горизонте А1 наблюдалось отсутствие корней древесных растений. При этом в том же профиле через год (июль 2017 г.) в период после дождей отчетливо видны белесые слои, которые завуалированы мигранта-

ми – гуматами и фульватами натрия. В этот же период показан характерный профиль чернозема солонцеватого (осолоделого) под кроной березы в фации лугово-степного разнотравья вдали от разреза «а» перед установкой сорбционных колонок. Рабочая гипотеза состояла в том, что формирование сильнощелочных растворов происходит после масштабных пожаров. Для проверки рабочей гипотезы проведен модельный эксперимент, для чего были собраны пластмассовые сорбционные колонки (рисунок 2). Колонки заполнены специально очищенным кварцевым песком в нижней части, затем размещали слой почвы массой 74 грамма из горизонта A_1 выщелоченного чернозема, затем снова наполняли слоем кварцевого песка и сверху помещали слой золы лугово-степных растений толщиной 3 мм. В колонку постоянно добавляли воду объемом 10 мл.

В модельном лабораторном опыте изучено влияние ионов натрия из золы растений, которая образуется после палов и пожаров на щелочной гидролиз гумусовых веществ. Отчетливо видна активная стадия мобилизации в раствор и водная миграция гуматов и фульватов натрия из образца чернозема выщелоченного в слое кварцевого песка. После подкисления элюата до $pH=1,5$ нами отмечалось осаждение нативных гуминовых кислот. Это, по-нашему мнению, может служить еще одним способом выделения в природе из черноземов препаратов гуминовых кислот и фульвокислот вместо специальной обработки образцов почвы раствором щелочи.

Отмечено, что при фильтрации в почве новых щелочных растворов, как это происходит в реальных природных условиях в период дождей, в гумусовом горизонте чернозема катионы Na^+ способны к замещению двухвалентных катионов металлов, таких как Ca^{2+} и Mg^{2+} .



Рисунок 2 – Модельный лабораторный опыт по оценке действия золы растений на щелочной гидролиз гумусовых веществ: **а** - начало опыта; **в** – активная стадия мобилизации в раствор и водная миграция гуматов и фульватов натрия из образца чернозема; **с** – после подкисления элюата до $pH=1,5$ (фото И. М. Яшина)

Figure 2 – Model laboratory experiment to assess the effect of plant ash on alkaline hydrolysis of humic substances: **a** - the beginning of the experiment; **c** - active stage of mobilization into solution and water migration of humates and sodium fulvates from a sample of chernozem; **c** - after acidification of the eluate to $pH = 1.5$ (photo by I. M. Yashin)

При этом у гумусовых веществ снижается стабильность, и они способны легко гидрофилизироваться. Гуматы кальция могут легко переходить в низкомолекулярные гидрозоли гуматов и фульватов натрия. Их структура становится более простой, появляются мономерные фрагменты. Эти гуматы с относительно высокой скоростью мигрируют по профилю сверху вниз в черноземе в виде солей натрия в сезон дождей до момента, когда достигают карбонатно-кальциевого барьера миграции или осадков гидроксида $Fe(III)$ в древнем аллювии, где и выпадают в осадок. Причем скорость массо-

переноса достаточно высока. Так, в нашем опыте отмечено, что начало фильтрации бурых растворов происходит через 3,2 часа и продолжается 37 часов, затем фильтрация полностью прекратилась из-за коагуляции пор гидрозольми коллоидов Si, Al, Fe. В результате фильтрации отобраны гидрозоль гумусовых веществ (гуматов и фульватов натрия) массой 160 граммов. Далее щелочной собранный бурый фильтрат был подкислен раствором 10 % HCl до величины pH=1,5 (рисунок 2с), при этом наблюдали активное формирование бурых хлопьев, которые являются ассоциатами гуминовых кислот – ГК. Через 1,5 часа они полностью выпали в осадок. Эффект действия кислого раствора объясняется тем, что катионы водорода соляной кислоты в виде H_3O^+ вытесняют катионы металлов, что приводит к освобождению карбоксильных и фенолгидроксильных групп от катионов, а в растворе в надосадочной жидкости накапливаются нативные фульвокислоты (ФК), органические кислоты, полифенолы и минеральные соли. Наличие компонентов доказано информацией, полученной с помощью метода ИК-спектроскопии. Простые органические вещества – это продукты кислотного гидролиза гумусовых веществ почвы. В дальнейшем глубокую очистку препаратов фульвокислот от солей и органических веществ осуществляли в лаборатории методом гелевой хроматографии в колонках. Также использовали колоночную сорбционную хроматографию на активированном угле «карболен» [8]. В полученных препаратах гумусовых веществ аналитически затем было установлено, что содержание углерода ($C_{орг}$) гуминовых кислот составляет $71,0 \pm 1,4$ %, фульвокислот ($C_{орг}$) – $29,0 \pm 1,7$ %. Таким образом, гумусовые вещества и минералы горизонта A_1 испытывают восходящее воздействие водорастворимых солей из породы с высокой концентрацией солей, с глубины 68-83 см, и нисходящее – растворов щелочей, в частности, NaOH, KOH, $Ca(OH)_2$ – из золы степных растений, локализованных на поверхности черноземов. В таких разнонаправленных потоках веществ происходит и ионный обмен. При этом двусторонние восходяще-нисходящие потоки приводят к тому, что влияние щелочных катионов интенсифицирует щелочной гидролиз минералов, прежде всего, иллювиального горизонта. Такие процессы хорошо заметны при сравнении разрезов «б» и «с», показанных на рисунке 3.

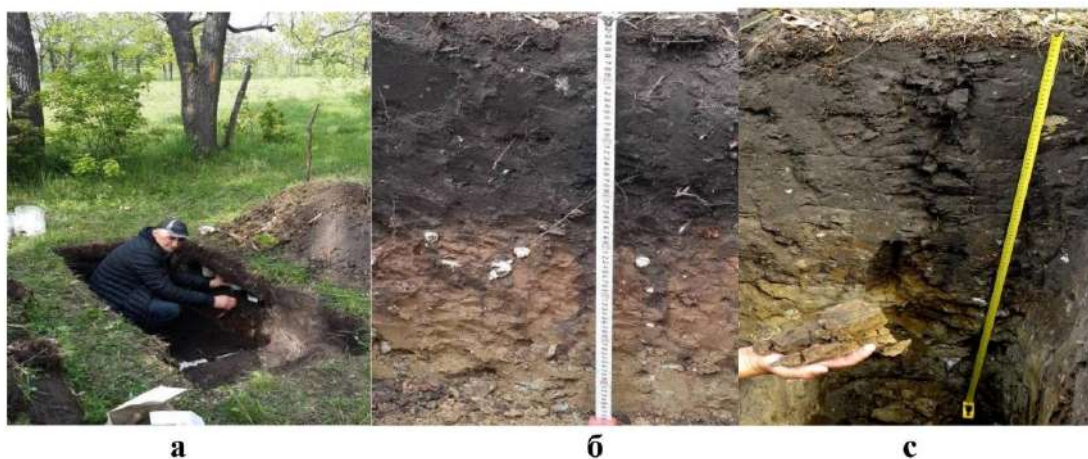


Рисунок 3 – Лесостепной ландшафт на плакоре реки Большой Колышлей, 2016 г.: а – стационар на опушке дубравы; б - профиль не деградированного чернозема солонцеватого легкосуглинистого на засоленных песках; с – профиль солонца черноземного в степной фации (фото И. М. Яшина)

Figure 3 – Forest-steppe landscape on the plakor of the Bolshoi Kolyshley River, 2016: a - stationary at the edge of an oak forest; b - profile of not degraded solonetzic light loamy chernozem on saline sands; c - profile of chernozem solonetz in the steppe facies (photo by I. M. Yashin)

На этом же рисунке 3, где показан лесостепной ландшафт на плакоре реки Большой Колышлей, виден стационар на опушке дубравы, испытывавшей длительную засуху 2010 года, с локальной гибелью дуба. Отчетливо виден профиль недеградированного чернозема солонцеватого легкосуглинистого на песках с высоким содержанием солей с включениями щебня опок в виде оксида кремния (SiO_2) и профиль солонца черноземного в степной фации. Нами отмечено, что основная масса корней деревьев располагается в нижнем иллювиальном (Bt), который является более влажным, но практически не наблюдается в гумусовом плодородном горизонте.

В другой модификации модельного опыта с деградированной черноземоподобной почвой (рисунок 4) скорость десорбции была более высокой по сравнению с предыдущим вариантом. Было собрано 420 мл фульватов натрия за семь часов, при этом осаждение гуминовых веществ в опыте не наблюдалось. Объяснением данного факта может быть отсутствие в черноземоподобной почве высокомолекулярных гуминовых веществ, а после природного щелочного гидролиза в почве остались только две группы гумусовых веществ - гумин и фульватные компоненты.

На рисунке 4 можно также отметить, что в природе преимущественно можно увидеть реальную хроматограмму и разделение на компоненты продуктов деградации гумусовых веществ. Это явление отмечено в профиле черноземоподобной почвы супесчаного гранулометрического состава на пустоши – склон коренного берега реки Большой Колышлей к северу от деревни Марфино в Саратовской области. Видно, что в условиях водной нисходящей миграции натриевые соли гуматов и фульватов подвергаются химической и биологической трансформации в слое кварцевого песка, при этом выделяется углекислый газ в атмосферу, а катионы Fe^{3+} присутствуют в форме гидроксидов $\text{Fe}(\text{OH})_3$, которые являются продуктами деградации органических веществ.



Рисунок 4 – Вид природной хроматограммы *продуктов деградации гумусовых веществ* в профиле черноземоподобной почвы супесчаного гранулометрического состава (фото И. М. Яшина, 2012)

Figure 4 – View of the natural chromatogram of the degradation products of humic substances in the profile of a chernozem-like soil of sandy loam particle size distribution (photo by I. M. Yashin, 2012)

Следовательно, кинетика щелочного гидролиза гумусовых веществ в этом варианте достаточно высокая. Дополнительно реакции щелочного гидролиза гумусовых веществ изучались в дальнейшем в лабораторных опытах с водным раствором хлорида натрия. Влияние катионов натрия моделировалось в статическом режиме с образцами следующих

типов почв: чернозем выщелоченный и чернозем обыкновенный (учхоз «Муммовское»), краснозем (Анасеули, Грузия), дерново-подзолистая почва (Лесная опытная дача ТСХА, г. Москва), карбонатный чернозем (ООО «Эфирмасло») и солонец черноземный (учхоз «Муммовское»). Отмечено, что при проведении испытаний на первом этапе наблюдалось заметное замещение катионами натрия катионов кальция. Поэтому более легко и активно подвергаются осолонцеванию черноземы выщелоченные, а не обыкновенные с близким залеганием к горизонту A_1 $CaCO_3$ в форме белоглазки. Это явление характерно и для почв степного Крыма. Вытеснение гуматов и фульватов натрия в указанных почвах происходило в соответствии с их фракционно-групповым составом гумусовых веществ. Кольматаж пор при фильтрации гуматов и фульватов натрия наиболее быстро наступил в опыте с солонцом черноземным, где был получен наименьший объем элюата.

По нашему мнению, щелочной гидролиз гумусовых веществ может служить одной из причин образования мощного гумусового горизонта, как это проявляется в случае чернозема выщелоченного и для лугово-черноземной почвы. Существует и другое мнение, когда считается, что мощность гумусового слоя и гумусового профиля черноземов определяется глубиной проникновения и массой корней растений, их количества и условий отмирания, разложения и гумифицирования. Химические и физико-химические характеристики черноземов и черноземных солонцов (таблицы 1, 2) легко-суглинистого гранулометрического состава отличаются. Различие состоит в повышенном содержании карбоната кальция ($CaCO_3$) в мелкоземе иллювиального горизонта, повышенной плотностью, чем для лёссов, малой пористостью и чрезвычайно низкой концентрацией легкорастворимых форм фосфора. При этом величина pH для солонца черноземного изменяется в интервале 8,0-9,6. Чернозем обыкновенный также характеризуется слабощелочной реакцией среды, наличием высоких концентраций Ca^{2+} и Mg^{2+} , состав гумуса у черноземов фульватно-гуматный [1, 2]. Для чернозёмов обыкновенных не отмечена выщелоченность катионов кальция, что связано с тем, что карбонат кальция присутствует и в гор. A_1 , а это подтверждает массоперенос катионов кальция снизу – вверх. Обыкновенные чернозёмы отличаются от выщелоченного подтипа и характеризуются менее мощным гумусовым профилем. Катионы Ca^{2+} активно мигрируют при восходящей миграции в гумусовый горизонт из гор. B_{ca} , что определяет уровень кислотности в пределах 6,4-7,3. Соединения фосфора прочно связаны органическими лигандами, поэтому нередко недоступны в черноземах биоте (как и азот), но при осолонцевании они мигрируют в форме водорастворимых солей Na_3PO_4 . Этот эффект наблюдался нами и на полях органических хозяйств. Лугово-черноземные почвы отличаются высоким уровнем плодородия, но имеют критический уровень залегания грунтовых вод менее 1 метра, что и определяет набор возделываемых культур.

Выполненные нами модельные опыты с солями находят четкое подтверждение и в ландшафтах лесостепи. Например, известный феномен «чистых паров», которые используются земледельцами, заключается не только в устранении с полей диких видов растений. При длительном перегреве верхних горизонтов черноземов (до 70 °C) и близком залегании засоленных пород наблюдается, с одной стороны, резкий градиент температур, а с другой, – концентрационный градиент, что приводит к восходящему потоку солей. Постепенно соли достигают гумусовых горизонтов, вызывая осолонцевание черноземов. Происходящий щелочной гидролиз минеральных и гумусовых веществ черноземов благоприятно сказывается на пищевом режиме: становится больше доступных соединений фосфора, азота и органических лигандов. Однако с течением времени черноземы утрачивают свой потенциал, превращаясь в солонцы черноземные с неблагоприятными физико-химическими свойствами.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики черноземов (учхоз «Муммовское» Саратовской области, отбор проб - 23.06.2012 г.)

Table 1 – Physical and chemical characteristics of chernozems (Uchkhov «Mummovskoe» Saratov region, sampling - 23.06.2012)															
№ разреза, угодье, Местоположение / No. of section, land, location	Индексы горизонт. почв / Soil horizon index	Глубина взятия образца, см / Sampling depth, cm	ЕС, электропровод., мСм/м / EC, mS/m	pH _{H2O} (1:5)	pH _{H2O} (1:2,5)	CH ₃ COONH ₄ мг/кг * / CH ₃ COONH ₄ ppm *		вытяжка (NH ₄) ₂ CO ₃ , мг/кг; (NH ₄) ₂ CO ₃ , ppm;		C _{орг} , % / C _{org} , %	Hr			Mg ²⁺	Na ⁺
						P	K ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻ (с окислением ГС) / H ₂ PO ₄ ⁻ (no oxidation)	H ₂ PO ₄ ⁻ (без окисления ГС) / H ₂ PO ₄ ⁻ K ⁺		Ca ²⁺	Mg ²⁺			
													мг-экв. /кг почвы / ppm		
Солонец черноземный глубоко столбчатый среднесуглинистый на засоленных породах с щебнем опок / Deep columnar medium loamy chernozem solonetz on saline rocks with crushed stone opok															
5я целина – степь (плакор) / 5th virgin land - steppe land - (plakor)	A ₁	15-25	0,73	8,8	8,1	67	26	88	61	356	2,4	4,0	287	48	12
	B _{1Ca,Na}	39-49	0,89	9,3	8,6	81	0	128	13	215	0,7	3,0	447	67	54
	B _{2Ca,Na}	67-77	0,82	9,4	8,9	89	0	22	17	174	0,2	2,0	334	79	62
	B _{3Ca,sl}	110-120	0,87	9,4	8,8	89	0	28	11	192	0,3	2,0	288	25	7,4
	C _{Ca,sl}	145-155	1,04	9,5	8,9	92	0	4	1	297	0,4	2,0	359	44	91
	D _{sl}	210-220	0,95	9,6	9,4	51	0	22	3	185	0,1	2,0	132	18	145
Чернозем выщелоченный легкосуглинистый на опоках и засоленных породах / Leached light loamy chernozem on flasks and saline rocks															
18я опушка дубравы - (плакор) / 18th edge of oak grove - (plakor)	A ₁	3-11	Не опр.	6,2	5,7	48	30	232	29	143	3,9-4,1	56	163	49	7,1
	A ₁	14-24	Не опр.	6,5	6,2	46	0	148	26	134	3,3-4,5	36	215	51	5,2
	AB	37-47	Не опр.	6,9	6,5	49	1	47	19	147	1,8	21	238	39	6,2
	B ₁	59-69	Не опр.	7,5	6,9	44	36	15	2	236	0,5	16	215	42	9,3
	B ₂	85-95	Не опр.	6,9	6,6	42	12	16	8	279	0,4	12	374	58	6,2
	C _{ca,sl}	118-128	0,73	8,7	8,2	55	36	24	11	237	0,7	4,0	411	37	114
Чернозем обыкновенный легкосуглинистый на лесовидных карбонатных суглинках / Ordinary light loamy chernozem on loess-like carbonate loams															
19я залежь (плакор) / 19th deposit (plakor)	A ₁	5-15	Не опр.	7,5	6,9	51	0	120	5	162	3,4-4,0	44	326	59	4,1
	AB _{sol}	25-35	Не опр.	7,4	6,8	47	3	80	14	202	2,0	33	272	34	14
	B	38-48	Не опр.	6,6	6,1	45	2	36	2	215	0,9	27	313	54	26
	B _{2sol}	100-110	Не опр.	8,1	7,8	48	0	22	6	86	0,2	9,1	347	43	32
	B _{3sl}	134-144	Не опр.	8,2	7,7	38	0	34	6	58	0,3	7,2	236	32	38

Примечание: * - по методу Чирикова, ** - по методу Мачигина / Note: * - according to Chirikov's method, ** - according to Machigin's method

Таблица 2 – Химические свойства черноземов учхоза РГАУ-МСХА "Муммовское" Саратовской области (отбор проб 21.05.2016 г.)

Table 2 – Physical and chemical characteristics of chernozems (Uchkhov "Mummovskoe" Saratov region, sampling - 21.05.2016)

№ разреза, угодье, Местоположение/ No. of sec- tion, land, location	Индексы горизонт. почв / Soil hori- zon index	Глубина взятия об- разца, см / Sampling depth, cm	pH _{H2O} (1:5)	pH _{N2O} (1:2,5)	CH ₃ COONH ₄ мг/кг * / CH ₃ COONH ₄ ppm		вытяжка (NH ₄) ₂ CO ₃ мг/кг ** (NH ₄) ₂ CO ₃ , ppm;		C _{орг} , % / C _{org} , %	Hr	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
					P	K ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻ (с окислением ГС) / H ₂ PO ₄ ⁻ (oxidation)	H ₂ PO ₄ ⁻ (без окисления ГС) H ₂ PO ₄ ⁻ (no oxidation)						
Лугово-черноземная легкосуглинистая грунтово-глеевая на аллювиальных отложениях (с 92 см – вода) / Meadow-chernozem light loamy soil-gleyic on alluvial deposits (from 92 cm - water)														
1я - пастбище - (пойма реки Б. Колышлей) / 1st - pasture - (floodplain of the river B. Koly- shley)	A ₁	2-12	5,7	5,4	21	93	75	54	123	3,1	78	87	23	1,1
	A ₁ '	12-20	6,3	6,0	33	162	141	47	189	2,5	28	74	38	1,1
	A ₁ ''	20-30	6,5	6,1	20	219	234	34	118	1,6	22	334	79	2,1
	A ₁ '''	60-70	6,0	5,4	23	107	212	29	144	3,7	65	88	29	1,2
Чернозем солонцеватый легкосуглинистый на засоленных породах с щебнем опок / Solonchetic light loamy chernozem on saline rocks with crushed stone opok														
2я - опушка дубравы - (плакор) / 2nd - the edge of the oak grove - (plakor)	A ₁	7-17	6,9	6,7	14	238	117	42	127	3,4-3,7	13	163	33	1,1
	A ₁	20-30	6,8	6,5	33	98	125	36	119	3,0-3,2	11	195	22	4,3
	B	45-55	7,6	7,6	12	176	241	19	136	0,4	4,1	138	39	3,3
	C _{calc}	70-80	8,4	7,9	9	80	38	13	48	0,3	1,3	101	76	46
Лугово-черноземная легкосуглинистая грунтово-глеевая на лесовидных суглинках, подстилаемых засоленными породами / Meadow-chernozemic light loamy soil-gleyic on loess-like loams underlain by saline rocks														
3я - луг (низкая терраса реки Ершовка) / 3rd - meadow (low terrace of the river Ershovka)	A ₁	5-15	6,2	6,0	89	672	114	69	144	4,7-4,9	48	66	25	1,1
	A ₁ '	30-40	6,4	6,1	114	1027	80	14	202	2,6	31	72	27	2,2
	A ₁ ''	55-65	8,1	8,0	240	714	312	174	343	2,7	5,5	73	54	24
	A ₁ '''	70-80	8,1	8,0	299	604	314	183	432	2,2	3,3	47	71	31
Освоенная лугово-черноземная легкосуглинистая грунтово-глеевая на лесовидных карбонатных суглинках, подстилаемых засоленными породами / Developed meadow-chernozemic light loamy soil-gleyic on loess-like carbonate loams underlain by saline rocks	Gsl	98-108	8,4	7,9	107	359	378	87	165	0,1	1,1	36	76	57
	A _{max}	0-16	6,5	6,2	76	571	216	97	234	2,6	32	54	31	1,1
	A ₁ 10l	22-32	6,9	6,4	59	447	259	78	167	3,0	34	61	48	2,2
	A ₁ '''	55-65	7,2	6,8	59	626	273	83	245	2,6	18	56	62	3,3
4я - пашня - (низкая терраса р. Ершовка) / 4th - arable land - (low terrace of the Ershovka river)	C _{slg}	104-114	8,8	8,2	27	405	342	44	312	0,2	2,2	49	58	87

Примечание: * - по методу Чирикова, ** - по методу Мачигина / Note: * - according to Chirikov's method, ** - according to Machigin's method

Примечание: * - по методу Чирикova, ** - по методу Мачигина / Note: * - according to Chirikov's method, ** - according to Machigin's method

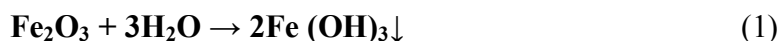
Результаты указанных выше модельных опытов нашли подтверждение в опытах с лизиметрами. Так, с помощью метода сорбционных лизиметров был показан активный водный массоперенос гуматов и фульватов натрия в черноземах в сезон дождей (рисунок 1в). Причем нисходящая миграция таких комплексных соединений имеет синусоидальный вид и зависит от характера и массы выпадающих атмосферных осадков. В летний сезон микроорганизмы биodeградируют доступные формы органических веществ в составе гуматов и фульватов натрия. Со временем под горизонтом A_1 образуется белесый (элювиальный) слой песчано-супесчаного состава. Однако после дождей, как это произошло в июле 2017 года (рисунок 1в), белесый горизонт становится почти черный из-за его маскировки мигрирующими темными компонентами. Необходимо отметить, что мы не наблюдали наличия корней древесных растений в горизонте A_1 , поскольку он сильно пересыхает и имеет слабощелочную реакцию. И этот эффект проявляется даже в фации зрелых (и не засохших) берез, в профиле чернозема солонцеватого, где основная масса корней березы сосредоточивается глубже горизонта A_1 – в элювиальном (белесом) и палевом иллювиальном горизонтах – вблизи слабозасоленной почвообразующей породы (рис. 1с). Глубже горизонта B_t – в этом профиле – отмечена коллоидная форма массопереноса железа в виде «бахромы» гидрогелей гидроксида железа.

Необходимо отметить высокую деградацию черноземов на плакорах и террасах исследованного региона и ухудшение качества поверхностных вод в ландшафтах лесостепи Приволжской возвышенности, их загрязнение мигрируемыми соединениями железа [3]. В течение ряда лет исследований нами был изучен химический состав поверхностных вод реки Большой Колышлей. Измеренные показатели качества воды и концентрации химических веществ достаточно стабильны и составляют (мг/л): водорастворимые формы соединений железа – $0,45 \pm 0,12$ (ПДК по Fe^{3+} составляет 0,3 мг/л); NO_3^- – $0,84 \pm 0,20$; NH_4^+ – $0,49 \pm 0,13$; Ca^{2+} – 110 ± 20 ; сухой остаток – 560 ± 50 ; pH – $7,0 \pm 0,3$. Показатель биологического потребления кислорода (БПК₅) – $8,45 \pm 1,10$ и химического потребления кислорода (ХПК) – 29 ± 7 . Эти данные указывают на слабое загрязнение поверхностных вод органическими веществами, что можно объяснить осаждением сложных органоминеральных комплексов катионами железа и кальция.

И еще необходимо сказать о генезисе белесых горизонтов в черноземах осолоделых. Известно, что в профилях подзолистых, дерново-подзолистых суглинистых почв и песчано-супесчаных подзолов присутствие белесых подзолистых горизонтов является обязательным для диагностики степени оподзоливания почв. Ранее Н. И. Усов (1948) и И. С. Кауричев (1957) при изучении генезиса черноземов показали, что именно так формируются черноземы оподзоленные, а в их генезисе важную роль играют фульво- и органические кислоты. При этом имеются и исключения, поскольку в опытах с черноземами выщелоченными, например, в учхозе им. М. И. Калинина Тимирязевской академии (Тамбовская область) алифатические карбоновые кислоты не были обнаружены методами хроматографии, а массоперенос происходил за счет других продуктов почвообразования. Экологическая ситуация в лесостепной зоне Среднего Поволжья неразрывно связана с аридизацией климата и даже очаговым опустыниванием экосистем. В черноземах ярко выражен восходящий массоперенос растворимых солей Na_2SO_4 , $MgSO_4$ за счет поверхностного натяжения и капиллярного поднятия катионов и анионов на фоне гидротермического и концентрационного градиентов, а также концентрированием биогенных макро- и микроэлементов в биомассе растений из засоленных пород. Также достоверно мы наблюдали трансформацию оксидов натрия и калия, а также оксидов магния и кальция из золы, которая присутствует на поверхности черноземной почвы после пожаров и палов в щелок. Особенно заметен этот эффект в период дождей, при этом также наблюдается активное развитие со-

лонцового процесса почвообразования. Следующий этап состоит в нейтрализации катионами натрия, калия, кальция и магния органических кислот, образующихся в почвенных растворах из растительности лесных подстилок, листового опада и корневых выделений. Новые органо-минеральные комплексы становятся доступными микроорганизмам. В наших исследованиях мы отмечаем, что катионы натрия концентрируются в гумусовых веществах, коллоидных системах и минералах.

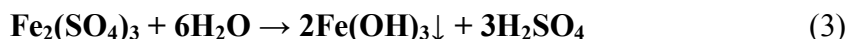
Полученные нами данные могут служить подтверждением того, что песчаные пустыни, например, субтропиков Африки в давние времена являлись плодородными почвами. Достаточно высокая скорость массопереноса способствовала аккумуляции солей в условиях близкого залегания засоленных пород, способствовала разрушению черноземов и образованию в их профилях песчаных слоев и субстратов. Экспериментальные результаты подтверждают также наблюдения интенсивного подщелачивания верхних горизонтов черноземов ($A_{\text{пах}}$ и A_1) и локальное подкисление. Объяснением этому являются происходящие химические реакции с участием водорастворимых сульфатов натрия, калия и магния в черноземах в присутствии соединений железа. Химические реакции проходят в несколько стадий, при этом на первоначальном этапе красноватые и плотные корки оксидов железа трансформируются в желтые гидрозоли гидроксидов железа (III) по схеме:



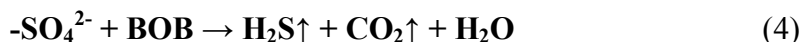
Гидроксид $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$ является неустойчивым, с высокой скоростью происходит его осаждение на мелких частицах песка речных террас бассейна реки Волги в форме гидрогелей гидроксида железа. После этого происходит массоперенос растворимых солей в направлении снизу–вверх, но в присутствии гидрогелей гидроксида железа, например, в толщах древнего аллювия протекает следующая реакция с образованием гидроксида натрия:



В дальнейшем протекает гидролиз сульфата железа с образованием ионов водорода от сильной серной кислоты, что приводит к локальному подкислению чернозема по реакции:



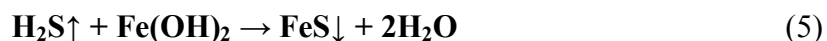
Равновесие в этой реакции (3) смещено в сторону образования труднорастворимого осадка гидрогеля $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$. Одновременно сульфаты элементов первой и второй групп реагируют органическими компонентами и фульвокислотами, превращаясь в сульфиды, компоненты водорастворимых органических веществ (BOB) подвергаются биоразложению ферментами микроорганизмов, сульфатредуцирующими бактериями даже при недостатке свободного $\text{O}_2\uparrow$ с выделением газов в виде диоксида углерода и сероводорода:



Компоненты BOB состоят из алифатических и ароматических органических кислот, аминокислот и полифенолов, которые имеют ярко выраженные кислотные и комплексообразующие свойства [3, 4, 9, 14].

Можно предложить еще несколько конкурирующих реакций по аналогии с реакцией (2) с образованием сильных кислот, растворением малорастворимых и труднорастворимых соединений, последующим гидролизом, например: $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{NaCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + 3\text{NaOH}$.

Необходимо отметить, что в реальных условиях все отмеченные выше химические реакции протекают одновременно. Осложнением может быть только то, что реакция (3) идет в присутствии воды. А вот ее наличие не всегда имеется в природе, что приводит к поглощению диоксида углерода гидроксидом натрия с образованием гидрокарбоната натрия NaHCO_3 . Эту соль легко обнаружить в составе солей при диагностике засоления почв. Кроме того, во влажных условиях, хотя это бывает редко, подкисление может происходить за счет поглощения углекислого газа CO_2 , концентрирующегося у поверхности почвы, молекулами воды с образованием слабой угольной кислоты H_2CO_3 . Угольная кислота может нейтрализовать гидроксид натрия (или калия), образующийся в условиях, как показано выше. Кроме того, источником CO_2 могут быть продукты разложения почвенных микроорганизмов, растительных и других целлюлозосодержащих остатков. Отметим также, что сероводород может присутствовать как в жидком, так и газообразном состоянии. Сероводород обладает аллелопатическими свойствами по аналогии с водорастворимыми органическими соединениями. В водных растворах сероводородная кислота проявляет себя как слабая двухосновная кислота, и при взаимодействии H_2S в водном растворе с активными формами гидрозолей гидроксида железа образуются сульфиды железа черного цвета по реакции:



Поэтому мы наблюдаем в природе как верхние горизонты черноземов и других почв, которые испытывают редкие сезонные переувлажнения, часто окрашиваются в темно-серый или почти черный цвет, характерный для сульфидов металлов. Следовательно, цветовая гамма почв связана с реакциями превращения химических соединений, как минеральных, так и органических. Этот вопрос представляет отдельный интерес в связи с накоплением нами информации о спектрах почв в ближней инфракрасной области, которые и могут быть объективной характеристикой изменения качественного состава структурных единиц почвы.

Указанные особенности эволюции черноземов обуславливают необходимость дополнительных крупномасштабных почвенных изысканий, контроль эколого-химического состояния и комплексный мониторинг качества почвенных ресурсов страны.

Выводы:

1. Установлено, что факторами деградации черноземов в черноземные почвы в условиях Среднего Поволжья, степного Крыма являются аридизация климата, длительные засухи, масштабные пожары и засоление почв. Процессы, обуславливающие эволюцию черноземов, тесно связаны со щелочным гидролизом минералов и гумусовых веществ: происходит биodeградация молекулярных структур гуматов и фульватов натрия с высвобождением органоминеральных комплексных соединений и органоминеральных комплексов в песках речных надпойменных террас в форме хроматограммы Fe.

2. Выявлены поэтапные процессы деградации черноземов: засоление, декарбонизация почв с водной миграцией соединений кальция в местные базисы эрозии, щелочной гидролиз гумусовых веществ и водная миграция мономерных структур гуматов и фульватов натрия и дегумификация. На первоначальном этапе черноземы выщелоченные превращаются в черноземы солонцеватые, затем в солонцы черноземные с очень плотным солонцовым горизонтом и неблагоприятными, прежде всего для сельскохозяйственных культур, физико-химическими и физико-механическими характеристиками.

3. Проведен анализ морфологии и динамики изменения физико-химических и химических характеристик разных подтипов черноземов в пределах почвенно-экологических катен и некоторых типов фаций, включающих степь, пашню, сенокос, лесополосы, опушки дубравы на черноземах обыкновенных, выщелоченных и солонцеватых, а также солонцов черноземных.

4. Отмечено, что самыми лучшими показателями при выращивании сельскохозяйственных культур являются выщелоченные черноземы с высокой концентрацией доступных форм фосфатов, калия и гумуса. Лимитирующим экологическим фактором в обыкновенных черноземах является близкое залегание карбонатно-кальциевого барьера миграции, что приводит к снижению доступных форм фосфора. В лугово-черноземных почвах пойменных ландшафтов лимитирующим эколого-химическим фактором является близкое залегание к поверхности грунтовых вод (1,0-1,5 м). На фоне аридизации климата усиливается засоление и осолонцевание черноземов. В сезон дождей активизируется водная миграция продуктов щелочного гидролиза.

5. Повышенная концентрация катионов кальция в водах рек подтверждает высокие скорости выщелачивания из черноземов кальция, вытеснения ионов кальция катионами натрия при засолении почв и последующем щелочном гидролизе минералов и гумусовых веществ. Опыты с сорбционными лизиметрами показали, что водная миграция ионов Ca^{2+} из горизонта A_1 и B_t в черноземе солонцеватом характеризуется эстафетным механизмом: формируются разные миграционные формы – кальцийорганических комплексов (около 25% от общей их массы) и ионных форм Ca^{2+} . Это связано с деградацией кальцийорганических комплексов. Отмечена миграция Fe в форме коллоидных структур с органическими лигандами, а также Ca^{2+} ($143,7 \pm 12,8$ мг/л за год) и Na^+ - $27,4 \pm 1,9$ мг/л за год. Вынос органического углерода из горизонта B_t в профиле чернозема солонцеватого составил $17,4 \pm 3,8$ г/м² за 1 год лизиметрических наблюдений.

Библиографический список

1. Байбеков Р. Ф., Балабко П. Н. Агроэкологическая оценка уплотнения почв // Земледелие. 2019. № 7. С. 29-31.
2. Байбеков Р. Ф., Хайдуков К. А. Качественный состав органического вещества дерново-подзолистой почвы в длительном полевом опыте // Земледелие. 2019. № 5. С. 27-29.
3. Белопухов С. Л., Савич В. И., Байбеков Р. Ф. Комплексообразование ионов металлов в почвенных растворах // Агрофизика. 2020. № 1. С. 1-8.
4. Влияние длительного применения удобрений на элементный состав гумусовых кислот / Р. Ф. Байбеков [и др.] // Агрофизика. 2019. № 3. С. 1-7.
5. Исследование коллоидно-химических свойств солонцовых почв физико-химическими методами / М. Д. Маслова [и др.] // Плодородие. 2014. № 2 (77). С. 41-43.
6. Мамонтов В. Г., Белопухов С. Л., Витязев В. Г. Влияние сельскохозяйственного использования на агрегатное состояние чернозема обыкновенного // Научная жизнь. 2017. № 7. С. 27-38.
7. Савич В. И., Белопухов С. Л., Подволоцкая Г. Б. К вопросу о взаимосвязи почв и поверхностных вод, как компонентов агроландшафта // Природообустройство 2018. № 1. С. 76-83.
8. Савич В. И., Котенко М. Е., Белопухов С. Л. Влияние вертикальной зональности почв на интенсивность и скорость протекающих почвообразовательных процессов // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 7. С. 134-137.
9. Ускова Н. В., Черников В. А., Белопухов С. Л. Агроэкологическая оценка влияния длительного применения удобрений на гумусовое состояние дерново-подзолистой почвы // Известия ТСХА. 2018. № 2. С. 18-33.
10. Яшин И. М., Рамазанов С. Р. Экологическая оценка черноземов лесостепи Среднего Поволжья // Агрохимический вестник. 2016. № 6. С. 24-30.
11. Яшин И. М., Васенев И. И., Рамазанов С. Р. Экологическая оценка, генезис и эволюция черноземов Приволжской Возвышенности: монография. М.: РГАУ-МСХА, 2017. 158 с.
12. Яшин И. М. Мониторинг процессов миграции и трансформации веществ в почвах. М.: РГАУ-МСХА, 2013. 183 с.
13. Яшин И. М., Васенев И. И., Раскатов В. А. Методы экологических исследований. М.: РГАУ-МСХА, 2015. 183 с.

14. Яшин И. М., Черников В. А., Белопухов С. Л. Миграционные потоки, баланс и функции водорастворимых органических веществ в почвах таежных экосистем // Агрохимия. 2020. № 8. С. 13-21.

Conclusion.

1. It has been established that the factors of degradation of chernozems into chernozem soils in the Middle Volga region, steppe Crimea are climate aridization, prolonged droughts, large-scale fires and soil salinization. The processes that determine the evolution of chernozems are closely related to the alkaline hydrolysis of minerals and humic substances: the molecular structures of humates and sodium fulvates are biodegraded with the release of organomineral complex compounds and organomineral complexes in the sands of river terraces above the floodplain in the form of an Fe chromatogram.

2. The stage-by-stage processes of degradation of chernozems were revealed: salinization, decalcification of soils with water migration of calcium compounds to local bases of erosion, alkaline hydrolysis of humic substances and water migration of monomeric structures of humates and sodium fulvates and dehumification. At the initial stage, leached chernozems are transformed into solonetzic chernozems, then into chernozemic chernozems with a very dense solonetzic horizon and physicochemical and physicommechanical characteristics unfavorable primarily for agricultural crops.

3. The analysis of the morphology and dynamics of changes in the physicochemical and chemical characteristics of different subtypes of chernozems within the soil-ecological catenas and some types of facies, including steppe, arable land, hayfields, forest belts, oak forest edges on ordinary, leached and solonetzic chernozems, as well as solonetz soils has been carried out black earth.

4. It is noted that the best indicators for growing agricultural crops are leached chernozems with a high concentration of available forms of phosphates, potassium and humus. The limiting ecological factor in ordinary chernozems is the close occurrence of the calcium carbonate barrier to migration, which leads to a decrease in the available forms of phosphorus. In meadow-chernozem soils of floodplain landscapes, the limiting ecological and chemical factor is the close occurrence of groundwater to the surface (1.0-1.5 m). Against the background of climate aridization, the salinization and alkalinization of chernozems is increasing. During the rainy season, the water migration of alkaline hydrolysis products becomes more active.

5. The increased concentration of calcium cations in river waters confirms the high rates of leaching of calcium from chernozems, the displacement of calcium ions by sodium cations during soil salinization and subsequent alkaline hydrolysis of minerals and humic substances. Experiments with sorption lysimeters have shown that the water migration of Ca^{2+} ions from the A1 and Bt horizons in solonetzic chernozem is characterized by a relay mechanism: different migration forms are formed - calcium-organic complexes (about 25% of their total mass) and Ca^{2+} ionic forms. This is due to the degradation of calcium-organic complexes. Migration of Fe was noted in the form of colloidal structures with organic ligands, as well as Ca^{2+} (143.7 ± 12.8 mg / l per year) and Na^{+} - 27.4 ± 1.9 mg / l per year. The removal of organic carbon from the Bt horizon in the profile of solonetzic chernozem was 17.4 ± 3.8 g / m² for 1 year of lysimetric observations.

References

1. Baybekov R. F., Balabko P. N. Agroecological assessment of soil compaction // Agriculture. 2019. No. 7. P. 29-31.
2. Baybekov R. F., Khaidukov K. A. The qualitative composition of the organic matter of sod-podzolic soil in a long-term field experiment // Agriculture. 2019. No. 5. P. 27-29.
3. Belopukhov S. L., Savich V. I., Baibekov R. F. Complexation of metal ions in soil solutions // Agrofizika. 2020. No. 1. P. 1-8.

4. Influence of long-term use of fertilizers on the elemental composition of humic acids / R. F. Baybekov [et al.] // *Agrofizika*. 2019. No. 3. P. 1-7.
5. Investigation of colloidal-chemical properties of alkaline soils by physicochemical methods / M. D. Maslova [et al.] // *Fertility*. 2014. No. 2 (77). P. 41-43.
6. Mamontov V. G., Belopukhov S. L., Vityazev V. G. Influence of agricultural use on the aggregate state of ordinary chernozem // *Scientific life*. 2017. No. 7. P. 27-38.
7. Savich V. I., Belopukhov S. L., Podvolotskaya G. B. On the issue of the relationship between soils and surface waters as components of the agrolandscape // *Prirodoobrazstvo*. 2018. No. 1. P. 76-83.
8. Savich V. I., Kotenko M. E., Belopukhov S. L. Influence of vertical soil zoning on the intensity and rate of ongoing soil-forming processes // *Bulletin of the Technological University*. 2017. V. 20. № 7. P. 134-137.
9. Uskova N. V., Chernikov V. A., Belopukhov S. L. Agroecological assessment of the impact of prolonged use of fertilizers on the humus state of sod-podzolic soil // *Izvestiya TSKHA*. 2018. No. 2. P. 18-33.
10. Yashin I. M., Ramazanov S. R. Ecological assessment of chernozems of the forest-steppe of the Middle Volga region // *Agrochemical Bulletin*. 2016. No. 6. P. 24-30.
11. Yashin I. M., Vasenev I. I., Ramazanov S. R. Ecological assessment, genesis and evolution of chernozems of the Volga Uplands: Monograph. Ed. THEM. Yashin. M. : RGAU-MSKHA, 2017. 158 p.
12. Yashin I. M. Monitoring the processes of migration and transformation of substances in soils. M. : RGAU-MSKHA, 2013. 183 p.
13. Yashin I. M., Vasenev I. I., Raskatov V. A. Environmental research methods. M. : RGAU-MSKHA, 2015. 183 p.
14. Yashin I. M., Chernikov V. A., Belopukhov S. L. Migration flows, balance and functions of water-soluble organic substances in the soils of taiga ecosystems // *Agrochemistry*. 2020. No. 8. P. 13-21.

Author's Information

Baibekov Ravil Fayzrakhmanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, FGBOU HE «Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev» (127434, Moscow, Timiryazevskaya str., 49). El. mail rbaibekov@bk.ru

Yashin Ivan Mikhailovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, FGBOU HE «Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev» (127434, Moscow, Timiryazevskaya str., 49) Email mail: ivan.yashin2012@gmail.com

Belopukhov Sergey Leonidovich - Doctor of Agricultural Sciences, Professor, FGBOU HE «Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev» (127434, Moscow, Timiryazevskaya str., 49) El. mail belopuhov@mail.ru

Ramazanov Sabir Ramazanovich - Applicant for the Department of Ecology, FGBOU HE «Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev» (127434, Moscow, Timiryazevskaya str., 49) Email mail: rsr005@yandex.ru

Информация об авторах

Байбеков Равиль Файзрахманович, д.с.-х.н., профессор, академик РАН, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49). Эл. почта rbaibekov@bk.ru

Яшин Иван Михайлович, д.б.н., профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49). Эл. почта: ivan.yashin2012@gmail.com

Белопухов Сергей Леонидович, д.с.-х.н., профессор ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49). Эл. почта belopuhov@mail.ru

Рамазанов Сабир Рамазанович, соискатель кафедры экологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49). Эл. почта: rsr005@yandex.ru

FOREST PASTURE RECLAMATION IN THE DRY ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION AND THE WAYS TO INCREASE ITS EFFICIENCY

K. N. Kulik¹, A. S. Manayenkov¹, B. Zh. Yesmagulova²

¹*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Science», Volgograd*

²*Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian and Technical University, West Kazakhstan Region, Republic of Kazakhstan*

Received 08.06.2021

Submitted 02.08.2021

The work was carried out according to the program of fundamental scientific research of the Russian Academy of Sciences for 2013-2020, section 147- "Theory and principles of creating agroforestry and forestry complexes in order to increase the productivity and environmental expediency of agricultural landscapes, protect soils from degradation and desertification in the conditions of technogenesis and global climate change"

Abstract

Introduction. The arid regions of Russia are characterized by prolonged excessive anthropogenic loads on pasture lands, high instability of weather and climatic conditions and frequent natural hazards, which are catastrophic in terms of the territory coverage and the damage caused to various sectors of the national economy. The fragile ecosystems of arid regions have become extremely unstable due to the degradation of soil and vegetation cover. **Object.** Pastures of arid, subarid and subhumid zones of the Russian Federation. **Materials and methods.** The article is prepared on the basis of a comprehensive analysis of the materials of long-term research of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Science», its experimental network, other research institutes and universities, as well as the experience of implementing regional and on-farm projects of degraded pastures phytomelioration. **Results and conclusions.** The analysis of scientific achievements and practical experience of the last decades on the assessment and use of forest-growing potential of lands is carried out, the necessity of improving the forest-reclamation classification of pastures of the arid zone of Russia as a basis for designing measures to restore and increase the natural forage lands productivity and stability is justified. In order to increase the measures effectiveness within the forest reclamation categories (FRC), it is proposed to allocate subcategories of pastures with an annual precipitation rate of less than 250 mm, 250-350 and more than 350 mm, which determines significant differences in the meliorant breeds assortment, the creating plantings technology, their functional durability. Sandy lands (FRC-I and FRC-II) should be divided into provinces composed of monomineral quartz and polymineral deposits, differing in fertility and root-tightness of the aeration zone. The deflation foci should be differentiated into new (up to 30 years old), old (30-50 years old) and ancient (over 50 years old), having different genesis and forest growing conditions. New foci as the primary object of land reclamation according to the sand transfer intensity and the work conditions should be divided into small (up to 1 ha), medium (1-10 ha) and large (10-1000 ha or more), and technological modes should be determined depending on the stock of mobile sand.

Keywords: *productivity, forage lands, forest reclamation, forest reclamation classification, categories and subcategories of pastures, sandy lands, provinces, ground waters, foci of deflation, phytomelioration, technologies.*

Citation. Kulik K. N., Manayenkov A. S., Yesmagulova B. Zh. Forest pasture reclamation in the dry zone of the Russian Federation and the ways to increase its efficiency. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 30-40 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-02.

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 634.0.232:633.2

ЛЕСНАЯ МЕЛИОРАЦИЯ ПАСТБИЩ ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЫ РФ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ

К. Н. Кулик¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

А. С. Манаенков¹, доктор сельскохозяйственных наук

Б.Ж. Есмагулова², PhD доктор,

¹ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и
защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград

НАО Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, ЗКО,
Республика Казахстан

Received 08.06.2021

Submitted 02.08.2021

*Работа выполнена по программе фундаментальных научных исследований РАН
на 2013-2020 гг., раздел 147 - «Теория и принципы создания агролесомелиоративных
и лесохозяйственных комплексов в целях повышения продуктивности и экологической
целесообразности агроландшафтов, защиты почв от деградации и опустынивания
в условиях техногенеза и глобальных изменений климата»*

Актуальность. Для засушливых регионов России характерны длительные чрезмерные антропогенные нагрузки на пастбищные земли, высокая нестабильность погодно-климатических условий и частое проявление опасных природных явлений, которые по охвату территории и ущербу, наносимому различным отраслям народного хозяйства, имеют катастрофический характер. Хрупкие экосистемы аридных регионов пришли в крайне неустойчивое состояние вследствие деградации почвенного и растительного покрова. **Объект.** Пастбища аридной, субаридной и субгумидной зон Российской Федерации. **Материалы и методы.** Статья подготовлена на основе всестороннего анализа материалов многолетних исследований ВНИАЛМИ, его опытной сети, других НИУ и вузов, а также опыта реализации региональных и внутрихозяйственных проектов фитомелиорации деградированных пастбищ. **Результаты и выводы.** Проведен анализ достижений науки и практического опыта последних десятилетий по оценке и использованию лесорастительного потенциала земель, обоснована необходимость совершенствования лесомелиоративной классификации пастбищ засушливой зоны России как основы для проектирования мероприятий по восстановлению и повышению продуктивности и устойчивости природных кормовых угодий. С целью повышения эффективности мероприятий в пределах лесомелиоративных категорий (ЛМК) предложено выделять подкатегории пастбищ с годовой нормой осадков менее 250 мм, 250-350 и свыше 350 мм, определяющей существенные различия в ассортименте пород-мелиорантов, технологии создания насаждений, их функциональной долговечности. Песчаные земли (ЛМК-I и ЛМК-II) следует подразделять на провинции, сложенные мономинеральными кварцевыми и полиминеральными отложениями, отличающиеся по плодородию и корнепроницаемости зоны аэрации. Очаги дефляции необходимо дифференцировать на современные (возрастом до 30 лет), старые (30-50 лет) и древние (старше 50 лет), имеющие различный генезис и лесорастительные условия. Современные очаги как первоочередной объект мелиорации по интенсивности переноса песка и условиям выполнения работ следует делить на мелкие (площадью до 1 га), средние (1-10 га) и крупные (10-1000 га и более), а технологические режимы определять в зависимости от запаса подвижной пыле-песчаной массы.

Ключевые слова: лесомелиорация пастбищ, кормовые угодья, категории пастбищ, песчаные земли, очаги дефляции, фитомелиорация.

Цитирование. Кулик К. Н., Манаенков А. С. Есмагулова Б.Ж. Лесная мелиорация пастбищ засушливой зоны РФ и пути повышения ее эффективности. *Известия НВ АУК.* 2021. 3 (63). 30-40. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-02.

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. На территории теплообеспеченных регионов России пастбищные угодья традиционно занимают потенциально наиболее низкопродуктивные и сильно нарушенные («хрупкие») земли, непригодные для интенсивного хозяйственного использования. Несмотря на это, на юго-востоке европейской России, Западной и Средней Сибири, в силу значительной представительности, эти земли вносят значительный вклад в экономический баланс территории [6]. Однако неурегулированность земельных отношений, отсутствие эффективного контроля и взаимной заинтересованности органов власти и животноводов в неистощительном использовании кормовых угодий нередко порождает безответственное (хищническое) отношение к природным ресурсам, систематическую перегрузку выпасов и быстрое, порой необратимое разрушение природных пастбищных экосистем. В аридной зоне страны, вследствие этого и непродуманных мер преодоления дефицита подножного корма, периодически возникают вспышки опустынивания земель с колоссальным эколого-экономическим ущербом, затяжной деформацией хозяйственной и демографической структуры регионов [1, 5, 7] (Глобальный климат..., 2019). Последняя вспышка произошла осенью 2020 и весной 2021 гг. Пыльные бури затронули пастбища на территории Калмыкии, Дагестана, Ставропольского края, Астраханской, Ростовской и Волгоградской областей. Протяженность переноса пыле-песчаного материала составила более 700 км в западном направлении. Пастбища на этой территории были практически уничтожены.

Эффективным, широко распространенным во всем мире и у нас средством сдерживания деградационных процессов на пастбищах, восстановления, повышения устойчивости и продуктивности растительного покрова, улучшения зооэкологических и производственных условий является лесная мелиорация кормовых угодий, особенно в комплексе с другими видами фитомелиорации [4, 8] (Концепция..., 1996).

Пастбища засушливых регионов как объект лесной мелиорации оценивают с учетом климата по ландшафтно-экологическим признакам: рельефу, состоянию почвенно-растительного покрова, водно-солевым характеристикам и противодефляционной устойчивости почвогрунтов, наличию и видам источников дополнительного увлажнения ризосферы древесной растительности. При этом принимают в расчет эколого-экономическую целесообразность, очередность, условия и технологии производства работ, виды лесонасаждений, ассортимент растений-мелиорантов и их функциональную долговечность (Петров В. И. и др., 1987).

Более трех последних десятилетий основой для ландшафтно-экологического зонирования территории и проектирования защитных лесных насаждений (ЗЛН) служит лесомелиоративная классификация пастбищ ВНИАЛМИ, в которой дается биоэдафическая характеристика территории, позволяющая определять не только составы и технологии лесомелиоративных мероприятий, но и приемы по улучшению и восстановлению пастбищного травостоя. Подробно классификация и методы картографирования пастбищ изложены в работах (Петров В. И. и др., 1987; Концепция..., 1996; Кулик К. Н., 2004; Манаенков А. С., 2018). Суть классификации заключается в выделении 4 ЛМК пастбищ, различающихся между собой по состоянию почвенного и растительного покрова, в пределах которых по обеспеченности растений физиологически доступной влагой выделяют 4 лесомелиоративных типа (ЛМТ). Комбинации ЛМК и ЛМТ дают 16 лесомелиоративных выделов (ЛМВ), для которых подбираются виды растений-мелиорантов и технологии их посадки. В последнее десятилетие изменение климата потребовало усовершенствования классификации. Об этом будет идти речь ниже.

Известны и применяются в практике пастбищезащитные лесные полосы, древесные зонты, мелиоративно-кормовые, защитно-хозяйственные, затишковые и фермские насаждения. Система таких ЗЛН, размещенных в определенном порядке, в

сочетании с природным и сеяным кормовым травостоем позволяет наиболее полно использовать фитоэкологический потенциал территории, превращать хрупкие ландшафты в продуктивные экологически сбалансированные многоярусные лесопастбища.

Цель работы – обосновать целесообразность и определить направления модернизации основы проектирования мероприятий, обеспечивающих повышение эффективности лесомелиоративного освоения и экологической безопасности использования природных кормовых угодий засушливого пояса России.

Материалы и методы. Конвергентный принцип научного исследования. Материалы полевых исследований. Сравнительно-исторический и сравнительно-типологический анализ, опросные данные, методики экспертных оценок, логический метод. Статья подготовлена на основе всестороннего анализа материалов многолетних исследований ВНИАЛМИ, его опытной сети, других НИУ и вузов (Шамсутдинов, 2009), действующих нормативно-технических документов (Рекомендации..., 1978, Инструктивные указания..., 1987), а также опыта реализации региональных и внутрихозяйственных проектов фитомелиорации деградированных пастбищ Северо-Западного Прикаспия в 80-90-е годы минувшего столетия (Генеральная схема..., 1986).

Результаты и обсуждение. Научно-производственный опыт, накопленный за прошедшие десятилетия, свидетельствует о том, что при проектировании лесомелиоративных мероприятий необходимо дифференцировать ЛМК по биоклиматическим условиям (подкатегориям). В пределах континентальных областей в качестве наиболее простого критерия деления пастбищ на подкатегории следует использовать многолетнюю норму атмосферных осадков, в основном определяющую среднюю величину запаса доступной влаги в корнеобитаемом слое древостоя на автоморфных почвогрунтах и амплитуду изменений этой величины по годам (Манаенков, 2001) и, как следствие, его биометрию и долговечность (Справочник агролесомелиоратора, 1984).

С целью достижения наибольшей долговечности и мелиоративной эффективности древостоя на юге Русской равнины следует выделять три подкатегории пастбищ: пастбища, расположенные в районах с нормой осадков свыше 350 мм/год, 350-250 и менее 250 мм/год. В южных регионах Сибири сокращение продолжительности вегетационного периода (удлинение периода с устойчивым снежным покровом) существенно улучшает водный режим древостоев и примерно адекватно увеличению годовой нормы осадков на 50 мм.

На первой подкатегории (ЛМК₁) лесная мелиорация может базироваться на использовании преимущественно засухоустойчивых и солестойких пород деревьев (сосна обыкновенная и крымская, вяз приземистый, берест, груша лесная и др.). На второй – высоких и средних кустарников (клен татарский, ирга круглолистная, скумпия кожевенная, жимолость татарская и др.). При мелиорации пастбищ третьей подкатегории (ЛМК₃) основной упор делается на использование псаммо- и галофитных кустарников и полукустарников (саксаул черный, джужгун безлистный, тамарикс ветвистый, чингиль, терескен серый, прутняк распростертый и др.).

К ЛМК-I принятая классификация относит молодые действующие очаги дефляционного опустынивания, возникшие в результате неблагоприятного воздействия природных и антропогенных факторов. В них выделяют три эколого-морфологические области: 1 – деструктивную, в наветренной части очага (протяженностью до 1000 м), где почвогрунт вынут до базиса дефляции; 2 – деструктивно-аккумулятивную (до 3-5 км и более) и 3 – аккумулятивную (100-300 м). Первые две области расположены в дефляционной котловине (котловине выдувания), аккумулятивная – на ее преимущественно подветренной периферии. В деструктивно-аккумулятивной области песок отложен на

останцах почвы или на материнской породе в виде барханных цепей. В аккумулятивной – в виде шлейфа различной мощности на поверхности полнопрофильной или слабодиффундированной почвы. В деструктивной области естественному поселению растений, приживанию и развитию саженцев в основном препятствует интенсивный перенос песка в виде поземки, вызывающий их засекание. В деструктивно-аккумулятивной (барханной) при редком размещении барханных цепей – засекание, выдувание и засыпание песком активно движущихся барханов. В аккумулятивной области (в районах, отнесенных ко 2-й и 3-й подкатегории пастбищ) возможности лесной мелиорации ограничены неблагоприятными свойствами почвенно-грунтового раствора.

Чем крупнее очаг, тем выше в нем интенсивность дефляционных процессов, отрицательно влияющих на результативность лесомелиоративных работ и естественное зарастание песков. На этом основании очаги опустынивания ранжировали по площади: мелкие (менее 100 га), средние (100-500 га) и крупные (более 500 га) (Кулик К. Н., 2004).

Однако специальными исследованиями динамики ветропесчаного потока было установлено (Манаенков, 1993, 2018), что его критическая для растений скорость и энергонасыщенность после разгрузки достигаются в деструктивной области уже через 50-100 м, в деструктивно-аккумулятивной – 10-20 м от препятствия (линии перелома рельефа базиса дефляции, гребня бархана). Эти выводы подтверждены широкой практикой реализации лесомелиоративных мероприятий в конце прошедшего столетия и позволяют пересмотреть деление очагов по условиям выполнения лесомелиоративных работ (Генеральная схема..., 1986).

Так, мелкие очаги с относительно невысокой интенсивностью переноса песка и повышенной предрасположенностью к самозарастанию имеют площадь менее 1 га, средние очаги дефляции – 1-10 га, крупные – более 10 га. Также их следует подразделять по объему подвижного песка в барханной области: менее 1000 м³/га, 1000-3000 и более 3000 м³/га. При объеме эолового материала до 1 тыс. м³/га фитоэкологические условия в этой области мало отличаются от них в деструктивной области. Основным фактором, негативно влияющим на развитие молодых культур древесных пород, является здесь засекание растений ветропесчаным потоком, поэтому они и нуждаются в защите. При наличии на площади песка от 1 до 3 тыс. м³/га опасность засекания саженцев, размещенных в понижениях между барханами, несколько снижается, но повышается угроза их засыпания. При большем объеме песка площадь межбарханных понижений становится незначительной. Посадку растений производят в песок. Интенсивность его переноса и опасность засекания саженцев становятся не критичными. На таких площадях наибольшую угрозу пескозакрепительным насаждениям после посадки несет выдувание с обнажением корневой системы и засыпание песком «с головой» мелких растений, что влечет за собой их гибель и необходимость использования крупномера и специальных машин для его глубокой посадки.

Исследованиями ВНИАЛМИ (Кулик, 2004) также обоснована необходимость деления очагов дефляции на пастбищах Прикаспия на современные (возрастом до 30 лет), старые (30-50 лет) и древние (возраст более 50 лет), имеющие существенные различия в фитоэкологических условиях.

Современные очаги возникли вследствие перегрузки скотом и распашки угодий на легких зональных почвах преимущественно на территории 2-й и 3-й подкатегории пастбищ. Они стремительно развиваются и имеют большую внутреннюю неоднородность условий (Манаенков, 1993). С востока на запад (и, отчасти, от продольной оси к северу и югу) возраст и глубина дефляционных котловин, объем подвижного песка

барханов, мощность промоченного атмосферными осадками и освобожденного от водно-растворимых солей (ионов 0,1-0,4 %) подстилающих слоистых, преимущественно супесчано-суглинистых, отложений быстро уменьшаются (соответственно с 40-15 до 1 года, 0,5 до 0,1 м, 3-4 до 1,0-0,5 тыс. м³/га и с 1,5-3 до 1,0-0,5 м). Относительным базисом дефляции является почвенный иллювий (0,3-0,6 м). Он содержит карбонаты (7-14 %) и гипс (0,03-0,07 %). При высыхании твердеет (до 15 -40 кг/см²) и сдерживает развитие эрозии вглубь. Из-за развитого микрорельефа глубина промоченного слоя непереважных отложений колеблется от 0,6-1,5 м на приподнятых и ровных участках, до 5 м и более – в понижениях с запасом доступной растениям влаги 100-150 мм/м. Однако в теплый период наиболее засушливых и ветреных лет верхняя метровая толща этого слоя может сильно иссушаться [2].

Песок барханов освобожден от солей, содержит до 7-9 % глины. В июне, вследствие интенсивного переувлажнения и перемещения барханов, он полностью иссушается. Положительное влияние эоловых отложений на водный режим подстилающих отложений в основном заключается в мульчировании их поверхности, улучшении условий инфильтрации атмосферной влаги и усиливается с увеличением массы подвижного песка.

ГВ из-за их высокой (30-40 г/л) минерализации и наличия экранирующих слоев грунта (сухих, засоленных) недоступны.

При слиянии соседних очагов в дефляционной котловине возникает еще более сложная мозаика фитоэкологических условий, и в целом они наиболее благоприятны для произрастания многолетних трав и полукустарников, в меньшей мере – ксеромезофитных кустарников. Локально – в относительно крупных замкнутых понижениях с большой мощностью промоченного слоя – 2-3 десятилетия и дольше могут расти небольшие группы и отдельные деревья засухоустойчивых пород.

Старые очаги возникли в условиях регионального перевыпаса, древние – умеренного выпаса и локального перевыпаса возле старых колодцев и ферм. Они имеют овальную форму, типичное для дефляционных образований морфологическое строение и продольной осью ориентированы вдоль преобладающих эрозионно-опасных ветров. Очаги этих типов состоят из участков заросших (мелкобугристых) и открытых песков. Вследствие небольшой площади развешаемых участков скорость ветропесчаного потока здесь меньше, чем в крупных очагах опустынивания.

Для лесомелиоративного освоения особый интерес представляют древние очаги дефляции. Грунты, слагающие эти очаги, состоят из толщи песчаных отложений, переслоенной супесями и суглинками. Повышенное солесодержание в ней отмечено только под заросшими участками и в глинистых прослойках. Водонесный горизонт пресных, слабо- и среднеминерализованных вод питается за счет инфильтрации стока перераспределенных атмосферных осадков и гравитационного стока влаги из-под участков открытых песков. Это весьма лесопригодные территории, но имеющие ограниченное распространение в регионе. На них можно создавать рекреационно-хозяйственные лесные насаждения. При этом для пополнения линзы пресных вод под ними необходимо сохранять часть участков открытых песков – аккумуляторов атмосферных осадков. На прилегающих мелкобугристых песках также возможно создание высокопродуктивных лесопастбищ по существующим технологиям (Предложения по лесомелиорации..., 1990).

Относительно благоприятные водно-солевые характеристики и потенциально высокое плодородие почвенного субстрата позволяют выращивать в древних очагах дефляции деревья и кустарники довольно широкого ассортимента. Однако их значительная эдафическая мозаичность обязывает отдавать предпочтение породам, обладающим повышенной солеустойчивостью: вязу приземистому, робинии, дубу, тополю

белому, можжевельникам виргинскому и Облонга, скумпии, сирени, айве, облепихе, жимолости татарской, смородине золотой, тамариксу. При этом наиболее ценные и особенно чувствительные к качеству почвенно-грунтового раствора породы следует размещать на участках с неглубоким (до 5 м) залеганием пресных и слабоминерализованных ГВ, а мезо-ксерофитные виды – на площадях со слабо- и среднеминерализованными ГВ, залегающими на глубине менее 6-8 м, оставляя при этом 50-70-метровые необлесенные зоны вокруг действующих колодцев.

Многолетнее изучение роста и состояния защитных лесонасаждений на песках (Иванов, Дрюченко, 1969; Воронков, 1973, Миронов, 1977; Виноградов, 1980; Зюзь, 1968 и др.) привело к выводу о том, что на юге ЕТР вектор лесопригодности земель, результативность лесной мелиорации сельскохозяйственных угодий определяют не только климатом (зоной), но и эдафическим фактором. На его территории по генезису отложений выделяют четыре геохимические провинции, которые объединяют в лесорастительные районы кварцевых и полиминеральных (полимиктовых) песков, существенно отличающиеся по условиям укоренения, питания и породному составу древостоев. Эти условия в большой степени изменяются и под влиянием эоловой переработки почвенного покрова (Гаель, Трушковский, 1962).

Арены Волго-Донского междуречья и правобережья Дона сложены древними аллювиальными и морскими кварцевыми (полевых шпатов до 5 %) бескарбонатными очень бедными (растворимых соединений менее 1 %) средне-мелкозернистыми песками. Небольшое содержание пыли (0,6-1,9 %) и физической глины (ФГ) (0,6-2,3 %) определяет их низкую водоудерживающую способность (полевая или наименьшая влагоемкость (НВ) равна 3,5 %, влажность завядания (ВЗ) – 0,2-0,5 %), повышенную объемную массу (1,55-1,70 г/см³), твердость сложения (1,8-4,0 МПа) и плохую корнепроницаемость (Вакулин, 1967, Воронков, 1973, Гаель, Воронков, 1965, Зюзь, 1968 и др.). На материнских аллювиальных отложениях сформировались супесчаные, преимущественно черноземовидные почвы, а на древнеперевейных – более поздние связнопесчаные дерновые почвы (Гаель, 1988). За историческое время на большой площади они разрушены и обращены в массивы бугристых песков с комплексом погребенных и молодых разновозрастных почв.

В верхнем 2-метровом слое гривистых равнин с супесчаными почвами средневзвешенное содержание ФГ составляет 8-12 %, гумуса – 0,7-1,0 %, диапазон активной влаги (ДАВ) 5-7 %, на увалисто-холмистых равнинах со связнопесчаными почвами – соответственно до 4,0-4,5 %, 0,4 и 4,0-4,5 %, а на бугристых песках – менее 3,0 %, 0,1 и 3,0 %. Почвенно-грунтовой раствор и ГВ повсеместно пресные. На высоких террасах ГВ залегает на глубине 8-20 м, в понижениях бугристых песков низких террас 0,5-3,0 м (Гаель, 1988).

Древнеморские пески возвышенностей покрыты отложениями более тяжелого гранулометрического состава, на которых сформировались зональные почвы. Местами они разрушены, погребены эоловым наносом с образованием бугристых песков (Вакулин, Зайченко, 1972), ГВ под которыми залегает на недоступной для растений глубине.

В степной зоне супесчаные и связнопесчаные почвы покрыты разнотравно-дерново-злаковой, обедненной песчано-степной растительностью, дубово-осиновыми колками по понижениям и культурами сосны IV-III бонитетов. Бугристые пески – псаммофильными травами с участием пионеров: кияка, полыни песчаной, осоки колхидской и др. и культурами сосны V-IV бонитетов (Гаель, Смирнова, 1999).

Древнеаллювиальные пески Заволжья и Терско-Кумского междуречья полиминеральные (полевых шпатов от 15-20 до 50 %), карбонатные, от тонко-мелкозернистых (Кумской массив) до мелко-среднезернистых (Бузулукский бор, Терский массив). Со-

держание глинистых частиц составляет 1,9-2,5 % (Бузулукский бор), 3,8-3,9 (Кустаревские пески), 2,5-3,5 % (Терско-Кумские пески), НВ от 4-5 до 6-8 %. Черноземовидные и дерновые почвы, сформировавшиеся на этих песках, имеют более мощный профиль и повышенное содержание гумуса. Они относительно влагоемки и легко проницаемы для корней, покрыты богатым травостоем (Гаель, Хабаров, 1969 и 1971). В поясе «сухая степь – пустыня» распространение и производительность лесных ценозов на них ограничиваются в основном недостатком атмосферных осадков, глубоким залеганием или повышенной минерализацией ГВ.

Аллювиально-морские пески Прикаспия полевошпатово-кварцевые (полевых шпатов – 5-20 %), алевритово-мелкозернистые (Вакулин, 1971), а в древнедельтовых областях средне-мелкозернистые (Гаель, 1952, Якубов, 1955). После эоловой переработки они содержат 2-5 % физической глины (Иванов, Васильев, 1995).

Специальными исследованиями установлено, что подстилающие материнские кварцевые пески степной зоны имеют критическую для сосны твердость сложения (более 1,8-2,0 МПа) (Зюзь, 1968). На полого-увалистой равнине Арчедино-Донского массива с дерново-степной связнопесчаной почвой на мелкозернистом древнеаллювиальном песке кривая нисходящего роста корневых систем деревьев (Y , м) имеет вид гиперболы, асимптотически приближающейся к своему пределу на глубине 2,8-2,9 м, и подчиняется уравнению:

$$y = 2,811 - \exp(-0,289 - 0,186x), \quad r = 0,99,$$

где x – возраст дерева, лет (Манаенков, 2018).

В связи с этим при высоте капиллярной каймы 0,5-0,7 м и механизированной посадке сеянцев в борозды несомкнувшиеся культуры сосны могут использовать ГВ с глубины примерно до 1,5 м. В возрасте образования сомкнутого полога (на бедных песках – в 10-15 лет) и позднее – с 1,5-3,0, максимум – 3,5 м. Более глубокое залегание ГВ делает ее малодоступной и для средневозрастных насаждений [3].

На Урдинских песках твердость сложения перевеянного олигоминерального полевошпатово-кварцевого песка нарынов уже с глубины 0,5-0,6 м превышает 2 МПа, так, что кроме глубины залегания, на корневую доступность ГВ влияет и рельеф участка.

Раскопка корневой системы 16-летней самосевной сосны, растущей на крутом склоне высокого бугра северной экспозиции с развитым покровом из типчака, вскрыла неожиданные закономерности ее строения. Стержневой корень у нее оказался коротким, сбежистым. На глубине около 1,0 м он разветвлялся на многочисленные вертикальные отростки и заканчивался плоскими мочками («метлами») всасывающих корней на глубине 140 см с признаками прекращения дальнейшего роста вниз. Основное развитие получили горизонтальные корни. Они были сосредоточены в слое 10-40 см и заметно тяготели к распространению вверх и поперек склона. Вниз по склону на расстоянии более 7 м веерообразно простирались четыре хорошо развитых тяжа. По мере удаления от ствола деревца и приближения к влажной котловине от тяжей все более часто отходили вертикальные отростки якорных корней диаметром 3,5-2,0 мм, явно «нацеленные» достичь зоны капиллярного увлажнения ГВ.

При уровне ГВ ниже горизонта основания дерева примерно на 5,5 м до 12 лет оно росло очень медленно и достигло всего 1,5-метровой высоты. После этого текущий прирост сосны резко усилился и стабилизировался на уровне 35-40 см в год. К 16-ти годам высота густо охвоенного деревца достигла 3 м, что свидетельствует о существенном улучшении его водного питания, которое могло произойти только за счет использования ГВ. Якорные корни сосны на 13-й год ее жизни на склоне бугра достигли

КК (высотой 50-70 см) при залегании зеркала ГВ глубже 3,0-3,5 м. Это может свидетельствовать как о повышенной проникающей способности якорных корней, так и о неоднородной плотности эоловых отложений, наличии в них рыхлых зон – «карманов», что позволяет опушечным деревьям колковых насаждений использовать близкорасположенную к поверхности ГВ на значительном горизонтальном удалении от стволов – до 10-15 м. Таким образом, в небольших по площади близко водных котловинах выдувания бугристых песков диапазон доступной для сосны глубины залегания ГВ расширяется до 3-4 м. Приведенные данные свидетельствуют о том, что при выделении лесомелиоративных выделов Ia и IIa на территории распространения мономинеральных кварцевых отложений независимо от гранулометрического состава однофазного песка (мелкий, средний, крупный) доступной грунтовой влагу для сосны на пологих равнинах следует считать при залегании водоносного горизонта на глубине не более 2,5-3,0 м, на склонах бугристо-котловинных песков - 3,5-4,0 м.

Выводы. Анализ достижений науки и практического опыта последних десятилетий по оценке и использованию лесорастительного потенциала земель свидетельствует о необходимости совершенствования лесомелиоративной классификации пастбищ засушливой зоны России, которая является основой для проектирования мероприятий по восстановлению, повышению продуктивности и устойчивости природных кормовых угодий.

С целью повышения эффективности мероприятий в пределах лесомелиоративных категорий (ЛМК) предложено выделять подкатегории пастбищ с годовой нормой осадков менее 250 мм, 250-350 и свыше 350 мм, определяющей существенные различия в ассортименте пород-мелиорантов, технологии создания насаждений, их функциональной долговечности.

Песчаные земли (ЛМК-I и ЛМК-II) следует подразделять на провинции, сложенные мономинеральными кварцевыми и полиминеральными отложениями, отличающиеся по плодородию и корнепроницаемости их зоны аэрации – отзывчивости на лесную мелиорацию.

Очаги дефляции необходимо дифференцировать на современные (возрастом до 30 лет), старые (30-50 лет) и древние (старше 50 лет), имеющие различный генезис и лесорастительные условия.

Современные очаги как первоочередной объект мелиорации по интенсивности переноса песка и условиям выполнения лесомелиоративных работ следует группировать: мелкие (площадью до 1 га), средние (1-10 га) и крупные (10-1000 га и более), а технологические режимы определять в зависимости от запаса подвижного песка.

На пастбищах III и IV категорий с незасоленными и слабозасоленными почвами питательность почвенного раствора удовлетворяет требования традиционного ассортимента древесных пород-мелиорантов. Доступность ГВ ограничивают ее повышенная минерализация, наличие в зоне аэрации почвогрунта солонцового, солевого или импермацидного (постоянно сухого) горизонта. Залегание последнего на небольшой глубине представляет широко распространенное явление на территории засушливой зоны. Импермацидный горизонт отсутствует или периодически разрушается в понижениях с промывным типом водного режима, а также при многолетней влагонакопительной обработке почвы под лесные культуры. Однако на ровных участках местности под сомкнувшимися древостоями он вновь формируется уже через небольшое количество лет. Поэтому при проектировании ЗЛН (определении лесомелиоративных типов и выделов) на таких участках доступную глубину залегания ГВ следует существенно уменьшать в сравнении с нормами, рекомендованными ранее.

Для повышения эффективности лесомелиоративного освоения пастбищ большое значение имеет также строгое соблюдение очередности и совершенствование технологий выполнения работ, а также регулируемый выпас и нагрузка скота на мелиорированные угодья.

Библиографический список

1. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия / К. Н. Кулик [и др.] // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 16-24.
2. Манаенков А. С., Рыбашлыкова Л. П. Повышение эффективности восстановления растительного покрова в современных очагах дефляции на пастбищах Северо-Западного Прикаспия // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 4 (85). С. 116-126.
3. Манаенков А. С. Закономерности водного режима, роста и долговечности искусственных древостоев в засушливых условиях // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. № 221. С. 91-106.
4. Мелиоративная эффективность кустарниковых кулис на аридных пастбищах юга России / Н. В. Тютюма [и др.] // Аридные экосистемы. 2020. Том 26. № 1 (82). С. 62-68.
5. Шинкаренко С. С. Пространственно-временная динамика опустынивания на Чёрных землях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 155-168.
6. Kulik K. N., Barabanov A. T., Manaenkov A. S. Forecasting the Development of protective afforestation in Russia until 2020 // Studies on Russian Economic Development. 2015. V. 26. № 4. P. 351-358.
7. Nkonya E., Mirzabaev A., Von Braun J. Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development // Springer International Publishing AG Switzerland. 2016. 686 p.
8. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Production Potential of Restored Pastures of the Northwestern Caspian // Arid Ecosystems. 2019. № 9 (1). P. 51-58.

Conclusions. The analysis of scientific achievements and practical experience of the last decades on the assessment and use of forest-growing potential of lands is carried out, the necessity of improving the forest-reclamation classification of the arid zone pastures of Russia as a basis for designing measures to restore and increase the productivity and sustainability of natural forage lands is justified. With the aim of increasing the interventions effectiveness within agroforestry categories (AFC) is proposed to select subcategory pastures with annual rainfall less than 250 mm, 250-350 mm and more than 350 mm, which determines significant differences in the varieties-ameliorants assortment and technology for creating plantings, their functional longevity. Sandy lands (AFC-I and AFC-II) should be divided into provinces composed of monomineral quartz and polymineral deposits, differing in fertility and root-penetrability of the aeration zone. The deflation foci should be differentiated into modern (under 30 years old), old (30-50 years old) and ancient (over 50 years old), with different genesis and forest growing conditions. Modern foci as the primary object of reclamation according to the intensity of sand transfer and the conditions of works execution should be divided into small (up to 1 ha), medium (1-10 ha) and large (10-1000 ha or more), and technological modes should be determined depending on the stock of mobile dust and sand mass.

References

1. Geoinformation analysis of the North-Western Near-Caspian desertification / K. N. Kulik [et al.] // Arid Ecosystems. 2020. V. 26. No 2 (83). P. 16-24.
2. Manayenkov A. S., Rybashlykova L. P. Improving the vegetation cover restoration efficiency in contemporary deflation foci on the North-Western Near-Caspian pastures // *Arid Ecosystems*. 2020. V. 26. No 4 (85). P. 116-126.
3. Manayenkov A. S. Regularities of the water regime, growth and durability of artificial stands in arid conditions // Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy. 2017. No 221. P. 91-106.
4. Meliorative Efficiency of Shrub Coultures in Arid Pastures of Southern Russia / N. V. Tyutyuma [et al.] // Arid Ecosystems. 2020. No 9 (1). P. 51-58.
5. Shinkarenko S. S. Spatial and temporal dynamics of desertification in the Black Lands // Contemporary problems of remote sensing of the Earth from space. 2019. V. 16. No 6. P. 155-168.

6. Kulik K. N., Barabanov A. T., Manaenkov A. S. Forecasting the Development of protective afforestation in Russia until 2020 // Studies on Russian Economic Development. 2015. V. 26. № 4. P. 351-358.

7. Nkonya E., Mirzabaev A., Von Braun J. Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development // Springer International Publishing AG Switzerland. 2016. 686 p.

8. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Production Potential of Restored Pastures of the Northwestern Caspian // Arid Ecosystems. 2019. № 9 (1). P. 51-58.

Author's Information

Kulik Konstantin N., Dr. of agricultural Sciences, Professor, academician of RAS, chief researcher of Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences", Russia, 400062, Volgograd city, Universitetskij pr-t 97., E-mail: kulikkn@yandex.ru, ResearcherID: SPIN-код: 3494-3540, Author ID: 105947. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7124-8116>

Manayenkov Alexander S., Dr. of agricultural Sciences, chief researcher, head of laboratory of protective afforestation and phytomelioration of low-productive lands of Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences", Russia, 400062, Volgograd city, Universitetskij pr-t 97., E-mail: manaenkov1@yandex.ru, ResearcherID: Y-8283-2018, SPIN-код: 6216-5511, Author ID: 81378. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2084-2147>

Esmagulova Bayan Zhumabayevna, Head of the Higher School "Management of Forest, Land and Water resources" of the West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan, WKO (RK, 090000, Uralsk, Zhangir Khan str., 51), PhD doctor. Tel. 8 775 219 00 80, E-mail: bayana_021284@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3493-216X>

Информация об авторах

Кулик Константин Николаевич, главный научный сотрудник ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Тел. 8 (8442) 46-25-67, e-mail: kulikn@yandex.ru ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7124-8116>.

Манаенков Александр Сергеевич, главный научный сотрудник-заведующий лабораторией ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, доцент. Тел. 8 (8442) 46-32-97, e-mail: manaenkov1@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2084-2147>

Есмагулова Баян Жумабаевна, руководитель высшей школы "Управление лесными, земельными и водными ресурсами" Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, ЗКО (РК, 090000, г. Уральск, ул. Жангир хана, 51), PhD доктор. Тел. 8 775 219 00 80, e-mail: bayana_021284@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3493-216X>.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-03

INFLUENCE OF IRRIGATION AND FERTILIZERS ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF WHITE CABBAGE

A. D. Akhmedov, R. Yu. Abduova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 08.07.2021

Submitted 29.08.2021

Summary

The article presents the processes of studying the growth and development of cabbage plants on light chestnut soils of the Volga-Don interfluvium. Based on the data obtained, it was found that irrigation and fertilization have a positive effect on the productivity indicators of white cabbage with drip irrigation. As a starting material, the obtained data can be recommended for use for growing cabbage on light chestnut soils of the Volga-Don interfluvium.

Abstract

Introduction. At present, under the conditions of light chestnut soils of the Volgograd region, with a certain combination of water and nutritional regimes of soils, drip irrigation has a positive effect on the growth and development of white cabbage, allows you to get the planned yield in the range of 60-80 t/ha. **Object.** The object of research is the main indicators of cabbage productivity in the conditions of the Volga-Don interfluvium with drip irrigation. **Materials and methods.** The research was carried out in the farm «Individual entrepreneur «Kireev» on the light chestnut soils of the Volga-Don interfluvium during 2017-2019. White cabbage «Aggressor F1» was grown on this plot. When growing cabbage, the planting density on average fluctuates around 30-40 thousand plants per 1 hectare. The experimental experience was based on 12 variants with three replications. The area of the experimental plot was 3.0 hectares, and the area of the registration plots was 60 m². The location of the plots is systematic. The width of the protective strips between the variants of the nutritional regime of the soil with one irrigation regime was 3 m. **Results and conclusions.** It was found that the value of the leaf surface area, depending on the irrigation regime and the dose of fertilization, on average varies from 42.59 thousand m² to 58.95 thousand m² per hectare. In this case, the maximum value is obtained in the variant with soil moisture content of 80-90-80 % of the lowest moisture capacity and is at the level of 56000-58950 m²/ha. During the growing season, in combination with irrigation, the conditions of mineral nutrition significantly activate the work of the leaves; the photosynthetic potential in the variants with fertilization (N₇₀P₃₀K₁₀₀) averaged 2.03-2.76 million m² days per hectare over 3 years. Further increase in the dose of mineral nutrition at the level from N₉₀P₄₀K₁₂₀ to N₁₁₀P₅₀K₁₄₀, the photosynthetic potential increases from 2.34-2.87 million to 2.92-3.23 million m² days per 1 ha, respectively. When studying the cabbage root system in our experiments, the best dynamics of the development of the underground part of white cabbage was formed on the variant with soil moisture content of 80-90-80 % of the lowest moisture capacity against the background of application of fertilizers with a dose of N₁₁₀P₅₀K₁₄₀ and during the growing season weight changes 20.7-49.9 cm.

Key words: drip irrigation regime, dry biomass, soil moisture, fertilization, growth and development of white cabbage, net productivity of photosynthesis, leaf surface area, photosynthetic potential.

Citation. Akhmedov A.D., Abduova R.Yu. Influence of irrigation and fertilizers on growth and development of white cabbage. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 40-51 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-03.

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

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

УДК 635.34:631.67:631.8

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ И УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ

А. Д. Ахмедов, доктор технических наук, профессор
Р. Ю. Абдуова, соискатель

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, Россия

Received 08.07.2021

Submitted 29.08.2021

Актуальность. В настоящее время в условиях светло-каштановых почв Волгоградской области определённое сочетание водного и пищевого режимов почв капельного орошения положительно влияет на рост и развитие белокочанной капусты, позволяет получать планируемый урожайности в пределах 60-80 т/га. **Объект.** Объектом исследований являются основные показатели продуктивности капусты в условиях Волго-Донского междуречья при капельном поливе. **Материалы и методы.** Исследования проводились в фермерском хозяйстве ИП «Киреев» на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья в течение 2017-2019 гг. На данном участке выращивали белокочанную капусту «Агрессор F1». При выращивании капусты густота посадки в среднем колеблется в районе 30-40 тыс. растений на 1 га. Экспериментальный опыт был заложен на 12

вариантах с трехкратной повторностью. Площадь опытного участка составила 3,0 га, а учетная площадь делянок – 60 м². Расположение делянок систематическое. Ширина защитных полос между вариантами пищевого режима почвы при одном поливном режиме составляла 3 м. **Результаты и выводы.** Установлено, что величина площади листовой поверхности в зависимости от режима орошения и дозы внесения удобрений в среднем изменяется от 42,59 тыс. м² до 58,95 тыс. м² на 1 га. При этом максимальная величина получается на варианте при влажности почвы 80-90-80 % НВ и составляет на уровне 56 000-58 950 м²/га. В течение вегетационного периода в сочетании с орошением условия минерального питания значительно активизируют работу листьев, фотосинтетический потенциал на вариантах при внесении удобрений (N₇₀P₃₀K₁₀₀) в среднем за 3 года составил 2,03-2,76 млн м² дней на 1 га. Дальнейшее повышение дозы минерального питания на уровне от N₉₀P₄₀K₁₂₀ до N₁₁₀P₅₀K₁₄₀ фотосинтетический потенциал увеличивается от 2,34-2,87 млн до 2,92-3,23 млн м² дней на 1 га соответственно. При изучении корневой системы капусты на наших опытах наилучшая динамика развития подземной части белокочанной капусты формировалась на варианте с влажностью почвы 80-90-80 % НВ на фоне применения удобрений дозой N₁₁₀P₅₀K₁₄₀ и за весь вегетационный период изменялась от 20,7 до 49,9 см.

Ключевые слова: режимы капельного орошения, орошение белокочанной капусты, влажность почвы, дозы удобрения, рост белокочанной капусты.

Цитирование. Ахмедов А.Д., Абдуова Р.Ю. Влияние орошения и удобрений на рост и развитие белокочанной капусты. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 40-51. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-03.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время основной задачей развития мелиорации в условиях пандемии является обеспечение населения витаминами. В связи с этим необходимо развивать и внедрять научно обоснованные, ресурсосберегающие технологии в орошаемом земледелии для получения стабильных урожаев овощных культур. С точки зрения науки и практики, в условиях засушливого климата Волгоградской области этого можно достичь при значительной экономии воды на возделывании 1 т продукции. Поэтому для снижения расхода воды необходимо выбрать правильный вид орошения. Одним из наиболее водосберегающих и технологически совершенных способов полива и внесения удобрений с поливной водой является капельное орошение, которое позволяет проводить полив в любое время суток, не мешая при этом проведению агротехнических работ [1-4, 6-8, 10-14].

Учитывая вышеизложенное, цель исследований сводилась к обоснованию режима капельного орошения в сочетании с дозами внесения удобрений на закономерности роста и развития белокочанной капусты.

Материалы и методики. Полевой опыт проводился с применением капельного полива, была использована агротехника, общепризнанная для данной зоны. При выращивании капусты густота посадки в среднем колеблется в районе 30-40 тыс. растений на 1 га. Оптимальное время посадки рассадой – середина мая, а семенами – конец апреля. Схема посадки рассады: 0,4х0,6 м, т.е. 0,4 м – между растениями и 0,6 м – между рядами (рисунок 1).

При проведении полевых исследований с трехкратной повторностью были заложены 12 вариантов. Площадь экспериментального участка составила 3,0 га. Учетные делянки площадью 60 м² расположены систематически.

С целью изучения водного и пищевого режимов на рост и развитие белокочанной капусты ежегодно в течение 2017-2019 гг. проводился двухфакторный полевой опыт (фактор А и В) по общепринятым рекомендациям Б. А. Доспехова, В. Н. Плешакова и других [5]. Дозы удобрений на получение планируемой урожайности рассчиты-

вали по методу В. И. Филина [9]. В качестве исследований были выбраны три варианта водного режима почвы и различных доз удобрений на планируемую урожайность капусты на уровне 60, 70 и 80 т/га (таблица 1).

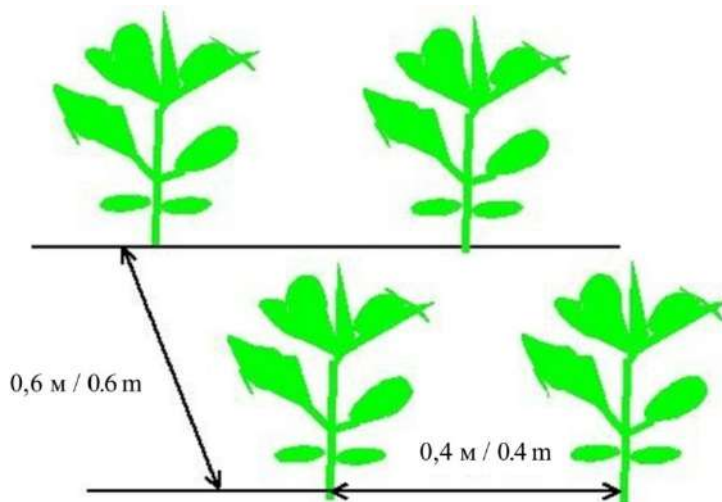


Рисунок 1 – Схема посадки белокочанной капусты

Figure 1 – Scheme of planting white cabbage

Таблица 1 – Варианты полевого опыта /

Table 1 – Field experiment options

№ п/п	Фактор А / Factor A	Обозначение / Designation	Фактор В / Factor B	Обозначение / Designation	Полное обозначение вариантов / Full designation of variants
	Предполивная влажность почвы, % НВ / Pre-irrigation soil moisture, of FMC		Доза минерального удобрения, кг д. в./га / Dose of mineral fertilizer, kg of active ingredient per 1 ha		
1	60-70-60	A ₁	Без удобрения (контроль) / No fertilization (control)	B ₀	A ₁ B ₀
2		A ₁	N ₇₀ P ₃₀ K ₁₀₀	B ₁	A ₁ B ₁
3		A ₁	N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	B ₂	A ₁ B ₂
4		A ₁	N ₁₁₀ P ₅₀ K ₁₄₀	B ₃	A ₁ B ₃
1	70-80-70	A ₂	Без удобрения (контроль) / No fertilization (control)	B ₀	A ₂ B ₀
2		A ₂	N ₇₀ P ₃₀ K ₁₀₀	B ₁	A ₂ B ₁
3		A ₂	N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	B ₂	A ₂ B ₂
4		A ₂	N ₁₁₀ P ₅₀ K ₁₄₀	B ₃	A ₂ B ₃
1	80-90-80	A ₃	Без удобрения (контроль) / No fertilization (control)	B ₀	A ₃ B ₀
2		A ₃	N ₇₀ P ₃₀ K ₁₀₀	B ₁	A ₃ B ₁
3		A ₃	N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	B ₂	A ₃ B ₂
4		A ₃	N ₁₁₀ P ₅₀ K ₁₄₀	B ₃	A ₃ B ₃

По фазам развития капусты предполивную влажность почвы принимали дифференцированной: так, например, при варианте 60-70-60 % НВ предполивную влажность почвы от высадки рассады до начала образования кочана и от начала технической спелости до уборки урожая поддерживали на уровне 60 % НВ. В период образования и роста кочана до начала технической спелости влажность почвы поддерживали на уровне

70 % НВ. Учитывая характер распределения влаги при капельном поливе, для поддержания влажности почвы в зависимости от вариантов опыта глубину активного слоя почвы мы установили в пределах 0,4 м.

Схема размещения белокачанной капусты относительно к капельной линии и вариантов опыта при капельном орошении показана на рисунках 2-3.



Рисунок 2 – Схема размещения белокачанной капусты относительно к капельной линии

Figure 2 – Layout of white cabbage relative to the drip line

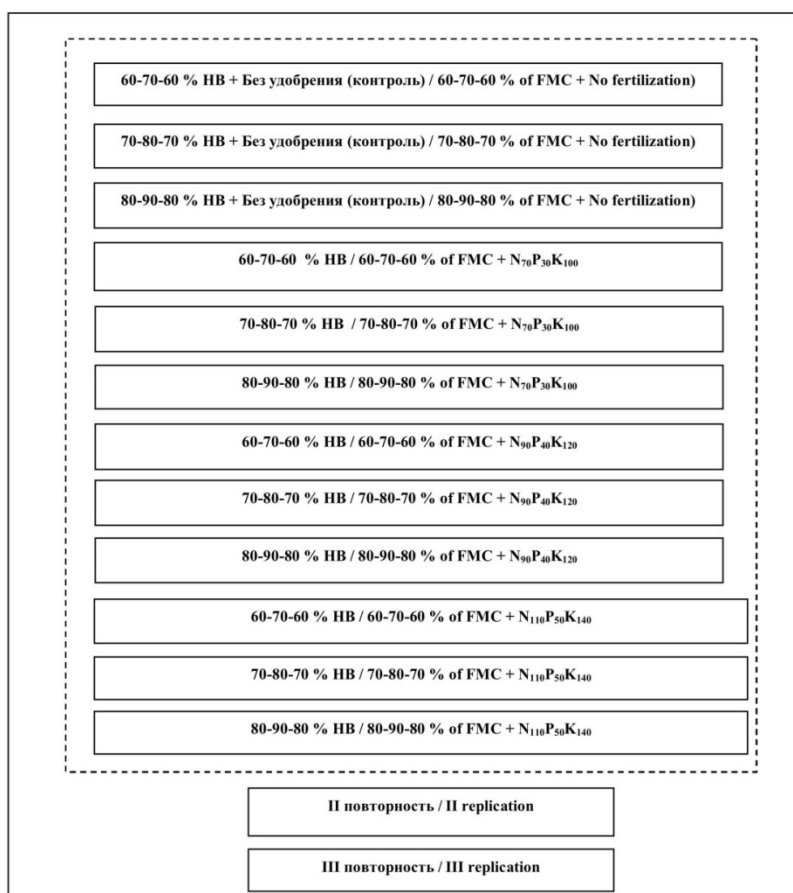


Рисунок 3 – Схема размещения вариантов полевого опыта

Figure 3 – Layout of field experiment options

Результаты и обсуждение. В процессе проведения опыта изучались рост и развитие растений капусты в зависимости от продолжительности межфазного периода. На основании полученных данных и определяется тот межфазный период, когда происходит наиболее интенсивный рост капусты и накопление сухой биомассы. Следовательно, при поливах завязывание кочанов происходит на 2-6 дней раньше, и техническая спелость наступает на 3-7 дней раньше, по сравнению с неполивными растениями. Учитывая, что годы исследования были не самыми благоприятными и мало отличались среднесуточными температурами воздуха, по срокам наступления роста и развития капусты на всех вариантах опыта заметной разницы между межфазными периодами не наблюдалось. Они происходили почти одновременно (таблица 2).

Таблица 2 – Сроки наступления и продолжительность фаз роста и развития капусты в среднем за 2017-2019 гг. /

Table 2 – Dates of onset and duration of growth phases and development of cabbage on average for 2017-2019

Нижний порог влажности почвы, % НВ / The lower threshold of soil moisture, of FMC	Сроки наступления и продолжительность фенологических фаз капусты (даты/кол.-во дней) / Dates of onset and duration of phenological phases of cabbage (dates / number of days)				
	Высадка рассады – формирование розетки / Planting seedlings – forming a rosette	Формирование розетки – начало образования кочана / Formation of a rosette – the beginning of formation head of cabbage	Образование кочана – начало созревания / Head formation – the beginning of ripening	Созревание – начало технической спелости / Ripening – the beginning of technical ripeness	Техническая спелость – уборка / Technical ripeness – harvesting
60-70-60	<u>15.05-14.06</u> 30	<u>14.06-15.07</u> 31	<u>15.07-25.08</u> 41	<u>25.08-08.09</u> 14	<u>08.09-20.09</u> 12
70-80-70	<u>15.05-14.06</u> 30	<u>14.06-15.07</u> 31	<u>15.07-24.08</u> 40	<u>24.08-07.09</u> 14	<u>07.09-20.09</u> 13
80-90-80	<u>14.05-13.06</u> 29	<u>13.06-14.07</u> 31	<u>14.07-22.08</u> 39	<u>22.08-06.09</u> 15	<u>06.09-19.09</u> 13

Анализ экспериментального материала дает возможность доказывать, что повышение дозы удобрений от $N_{70}P_{30}K_{100}$ до уровня $N_{110}P_{50}K_{140}$ и влажности почвы с 60-70-60 до 70-80-70 % НВ способствует повышению продуктивности капусты при капельном поливе (таблица 3, рисунки 4-6).

В результате обработки полученных экспериментальных данных видно, что при правильном соотношении поступающей от поливов влаги и вносимой дозы удобрений положительно влияет на рост листовой поверхности и накопление массы кочанов.

Для получения стабильных урожаев капусты большую роль играет весь процесс появления и развития роста площади листьев в течение вегетационного периода. Поэтому для описания данного процесса необходимо знать возможную суммарную мощность растений, то есть показатели фотосинтетического потенциала (ФСР) и чистой продуктивностью фотосинтеза (ЧПФ). Например, в среднем за 2017-2019 гг. величина максимальной площади листьев была наименьшей и находилась в пределах 42,513-55,997 тыс. м²/га на вариантах без применения удобрения. Повышение доз удобрений от $N_{70}P_{30}K_{100}$ до $N_{110}P_{50}K_{140}$ способствовало увеличению величины площади листьев и в среднем составило от 42,59-57,81 тыс. до 44,63-58,95 тыс. м²/га соответственно.

Таблица 3 – Показатели продуктивности капусты при капельном поливе
(среднее за 2017-2019 гг.)

Table 3 – Indicators of cabbage productivity with drip irrigation (average for 2017-2019)

Вариант / Variant	Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га / Maximum leaf area, thousand m ² / ha	Фотосинтетический потенциал, млн м ² дней/га / Photosynthetic potential, million m ² days / ha	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² в сутки / Net productivity of photosynthesis, g / m ² per day	Среднесуточный прирост сухой биомассы, г / Average daily increase in dry biomass, g	Урожайность, т/га / Productivity, t / ha	Выход стандартной продукции, % / Output of standard products, %	Сумма сахаров, % / The amount of sugars, %	Витамин С, мг/кг / Vitamin C, mg / kg	Нитраты, мг/кг / Nitrates, mg / kg
A ₁ B ₀	42,51	1,38	0,25	17,09	37,4	89	5,1	42,3	200
A ₁ B ₁	42,59	2,03	0,26	17,33	48,2	91	5,2	44,2	232
A ₁ B ₂	43,47	2,34	0,29	21,52	54,6	92	5,3	44,9	305
A ₁ B ₃	44,63	2,92	0,33	22,76	61,9	93	5,6	45,2	332
A ₂ B ₀	52,07	1,45	0,29	20,59	45,1	90	4,9	41,9	198
A ₂ B ₁	52,43	2,60	0,30	20,95	61,4	92	5,0	43,1	227
A ₂ B ₂	52,56	2,72	0,32	24,74	67,3	93	5,1	43,8	288
A ₂ B ₃	52,95	3,11	0,34	27,24	72,2	94	5,3	44,3	321
A ₃ B ₀	56,00	1,81	0,33	23,94	53,9	91	4,7	40,0	191
A ₃ B ₁	57,81	2,76	0,34	24,30	71,8	93	4,9	40,9	224
A ₃ B ₂	58,36	2,87	0,36	28,09	78,4	96	5,0	41,3	281
A ₃ B ₃	58,95	3,23	0,38	32,03	83,1	97	5,2	44,2	307

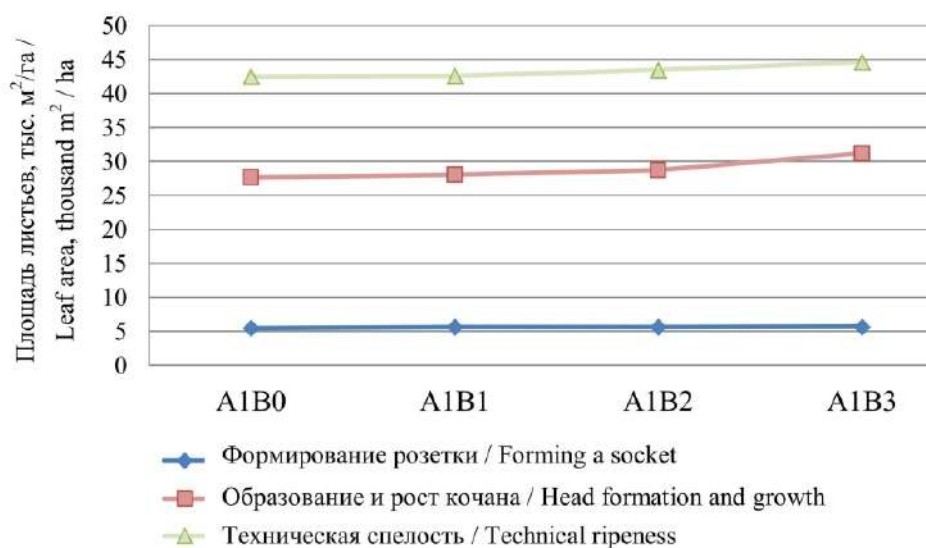


Рисунок 4 – Динамика изменения площади листовой поверхности по межфазным периодам в зависимости от дозы удобрений на варианте 60-70-60 % НВ /

Figure 4 – Dynamics of changes in leaf surface area by interphase periods depending on the dose of fertilizers on the option 60-70-60 % of FMC

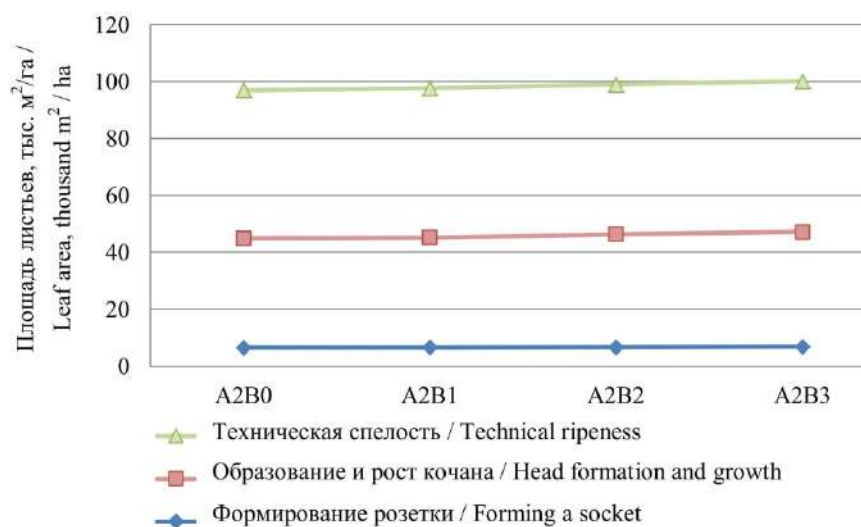


Рисунок 5 – Динамика изменения площади листовой поверхности по межфазным периодам в зависимости от дозы удобрений на варианте 70-80-70 % НВ

Figure 5 – Dynamics of changes in leaf surface area by interfacial periods depending on the dose of fertilizers on the option 70-80-70 % of FMC

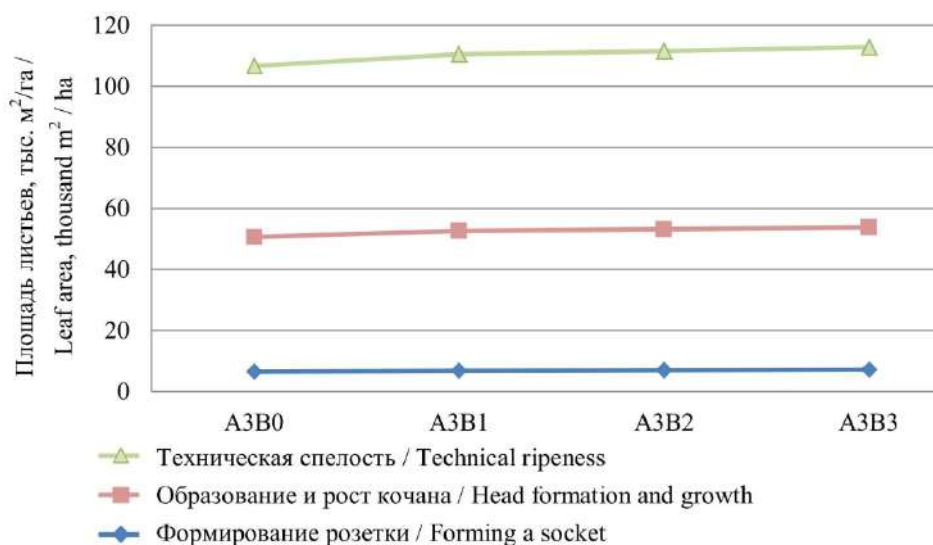


Рисунок 6 – Динамика изменения площади листовой поверхности по межфазным периодам в зависимости от дозы удобрений на варианте 80-90-80 % НВ

Figure 6 – Dynamics of changes in leaf surface area by interfacial periods depending on the dose of fertilizers on the option 80-90-80 % of FMC

Обработка полученных данных позволила нам установить зависимость урожайности белокочанной капусты от максимальной площади листьев, которую можно записать в виде уравнений прямолинейной регрессии (рисунок 7):

$$Y = 1,8772 x - 32,982; \quad R^2 = 0,8665 > R_{0,5} = 0,7.$$

Сравнивая варианты между собой, отмечаем, что полученные показатели ФСП белокочанной капусты на контрольном варианте приблизительно в 2,0-2,5 раза меньше, чем на вариантах с применением различных доз удобрений. Например, на вариантах при внесении удобрений дозой $N_{70}P_{30}K_{100}$ фотосинтетический потенциал за 3 года в

среднем составил 2,03-2,76 млн м² дней на 1 га. Дальнейшее повышение дозы минерального питания на уровне от N₉₀P₄₀K₁₂₀ до N₁₁₀P₅₀K₁₄₀ привело к увеличению фотосинтетического потенциала от 2,34-2,87 млн м² дней и до 2,92-3,23 млн м² дней соответственно. Полученный значения фотосинтетического потенциала на уровне 3,23 млн м² дней на 1 га соответствует 80 т/га урожайности капусты.

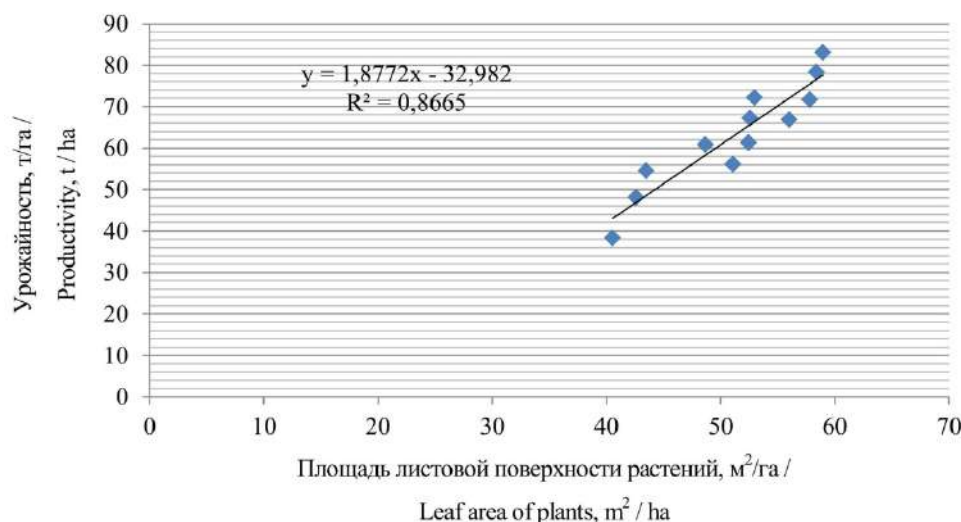


Рисунок 7 – Зависимости продуктивности белокочанной капусты от площади листовой поверхности растений /

Figure 7 – Dependences of the productivity of white cabbage on the leaf area of plants

На наших опытах наименьшие значения ЧПФ за вегетационный период были получены при влажности почвы 60-70-60 % НВ и составили в среднем 0,25-0,33 г/м² в сутки (рисунок 8).

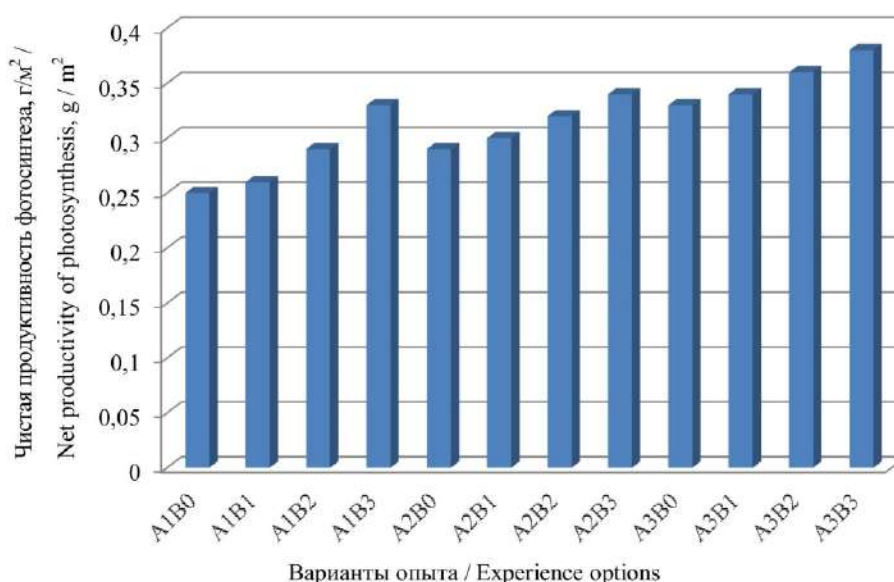


Рисунок 8 – Зависимость чистой продуктивности фотосинтеза белокочанной капусты по вариантам опыта в среднем за годы исследований

Figure 8 – Dependence of the net productivity of photosynthesis of white cabbage by variants of the experiment on average over the years of research

Чистая продуктивность фотосинтеза капусты за вегетационный период в зависимости от вариантов опыта в среднем изменяется на уровне 0,25-0,38 г/м² в сутки. При этом максимальные значения получаются на варианте с влажностью почвы 80-90-80 % НВ с применением различных доз удобрений.

Водный режим почвы с сочетанием различных доз удобрений положительно влияет на развитие надземной и подземной частей растений капусты. В среднем в слое 0,0-0,5 м за три года исследования повышение влажности почвы от 60-70-60 до 80-90-80 % НВ способствовало увеличению надземной и подземной частей растений капусты в зависимости от доз применяемых удобрений. Эта тенденция наблюдается на всех фазах развития капусты очень хорошо и сохраняется до конца. Из таблицы 3 видно, что в среднем за три года наблюдений в контрольном варианте (вариант без удобрений) с режимом влажности почв 60-70-60 % НВ совместно с различными дозами удобрений на фазе формирования розетки высота надземной и подземной частей растений капусты изменяется в пределах 20,2-22,7 и 21,1-22,0 см соответственно.

При изучении корневой системы капусты на наших опытах наилучшая динамика развития подземной части белокочанной капусты формировалась на варианте с влажности почвы 80-90-80 % НВ на фоне применения удобрений дозой N₁₁₀P₅₀K₁₄₀ и за весь вегетационный период изменилась – 20,7-49,9 см.

В наших опытах биохимический состав капусты изменялся незначительно. Тем не менее, заметно, что с повышением влажности почвы и уменьшением дозы удобрений практически на всех вариантах опыта наблюдается снижение содержания в кочанах сухого вещества, сахаров и витамина С. Так, на варианте с I режимом орошения в зависимости от нормы внесения удобрений сухого вещества содержалось от 9,1 до 9,4 %, сахаров и витамина С – от 5,2 до 5,6 % и от 44,2 до 45,2 мг соответственно.

В зависимости от нормы внесения удобрений на варианте со II режимом орошения сухого вещества содержалось от 8,7 до 9,2 %, сахаров и витамина С – от 5,0 до 5,3 % и от 43,1 до 44,3 мг соответственно. На варианте с III режимом орошения сухого вещества содержалось от 8,6 до 9,1 %, сахаров и витамина С – от 4,9 до 5,2 % и от 40,9 до 44,2 % соответственно.

В условиях сложившейся экологической обстановки необходимы знания о содержании нитратов в овощах. Капуста относится к тем овощам, которые содержат много нитратов, особенно на момент сбора урожая. В наших опытах в фазу технической спелости их количество в зависимости от варианта опыта находилось в пределах от 191 до 332 мг/кг. В день для человека предельно допустимое количество нитратов, установленное ФАО, равно 500 мг.

Для получения стабильных урожаев белокочанной капусты «Агрессор F1» на уровне 60 т/га в условиях Волго-Донского междуречья необходимо в течение вегетации поддерживать влажность почвы на уровне 60-70-60 % НВ с одновременным внесением удобрением дозой N₁₁₀P₅₀K₁₄₀ кг д. в./га. Поддержание влажности на уровне 70-80-70 % НВ в сочетании с дозой удобрений N₁₁₀P₅₀K₁₄₀ гарантирует получение более 70 т/га капусты. Наибольшая урожайность (более 80 т/га) и лучшие условия создаются при влажности почвы 80-90-80 % НВ с дозой удобрений N₁₁₀P₅₀K₁₄₀ кг д. в./га.

Выводы. Влажность 60-70-60 и 70-80-70 % НВ с внесением дозы удобрений на уровне N₁₁₀P₅₀K₁₄₀ и N₉₀P₄₀K₁₂₀ способствует получению более 60 т/га капусты. Поддержание влажности 70-80-70 и 80-90-80 % НВ на фоне применения удобрений дозой N₁₁₀P₅₀K₁₄₀ и N₇₀P₃₀K₁₀₀ формирует урожайность капусты 70 т/га и более. Урожайность капусты 80 т/га в нашем опыте достигалась при поддержании поливного режима почвы 80-90-80 % НВ на

фоне применения максимальной дозы удобрений $N_{110}P_{50}K_{140}$. Применение данного варианта позволило получить сухого вещества 8,5-9,3 %, сахаров и витамина С – 4,9-5,6 % и 40,0-45,2 % соответственно. При этом в зависимости от вариантов опыта нитраты находилось в пределах от 191 до 332 мг/кг.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д. Капельное орошение овощных культур в условиях Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 36-42.
2. Ахмедов А. Д., Абдуова Р. Ю. Продуктивность использования влаги белокочанной капусты при орошении в Волго-Донском междуречье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 32-41.
3. Бородычев В. В., Щепотько Н. А. Обработка почвы, минеральное питание и капельное орошение капусты белокочанной в Нижнем Поволжье // Плодородие. 2017. № 3 (96). С. 23-25.
4. Бочарников В. С., Мешеряков М. П. Новые приемы возделывания овощных культур в системе водосберегающего орошения // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2014. № 4. С. 54.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 2014. 351 с.
6. Калмыкова Е. В., Петров Н.Ю. Комплексные водорастворимые удобрения в технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2. С. 29-31.
7. Овчинников А. С. Агротехника возделывания овощных культур в условиях орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 10-16.
8. Пронько Н. А., Рябцева Т. Г. Водопотребление капусты белокочанной при капельном орошении в Саратовском правобережье // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 16-21.
9. Филин В. И. Справочная книга по растениеводству с основами программирования урожая. Волгоград: ВГСХА, 1994. 266 с.
10. Abdelkhalik A., Pascual B., Najera I. Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions // Irrigation science. 2020. V. 38. № 1. P. 89-104.
11. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. V. 341. 012105.
12. Impact of irrigation on plant growth and development of white cabbage / S. Seidel, S. Werisch, N. Schütze, H. Laber // Agricultural Water Management. 2017. № 187. P. 99-111.
13. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia / E. Khodiakov [et al.] // E3S Web Conf. International Conference: Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic (EFSC2021). 2021. Volume 282.
14. 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.

Conclusion. With a humidity of 60-70-60 and 70-80-70 % of FMC, with a dose of fertilizers at the level of $N_{110}P_{50}K_{140}$ and $N_{90}P_{40}K_{120}$, it helps to obtain more than 60 t / ha of cabbage yield. With the maintenance of humidity 70-80-70 and 80-90-80 % of FMC against the background of the application of fertilizers with a dose of $N_{110}P_{50}K_{140}$ and $N_{70}P_{30}K_{100}$, it forms a cabbage yield of 70 t / ha and more. Cabbage yields of 80 t / ha in our experiment were achieved while maintaining the soil irrigation regime of 80-90-80 % of FMC, against the background with the maximum dose of fertilizers $N_{110}P_{50}K_{140}$. The use

of this option made it possible to obtain dry matter 8.5-9.3 %, sugars and vitamin C 4.9-5.6 % and 40.0-45.2 %, respectively. At the same time, depending on the variants of the experiment, nitrates ranged from 191 to 332 mg / kg.

Reference

1. Akhmedov A. D. Drip irrigation of vegetable crops in the conditions of the Volga-Don interfluvium // Bulletin of the Nizhnevolzhsk agro-university complex: science and higher professional education. 2018. No. 4 (52). P. 36-42.
2. Akhmedov A. D., Abduova R. Yu. The productivity of using the moisture of white cabbage during irrigation in the Volga-Don interfluvium // Bulletin of the Nizhnevolzhsk agro-university complex: science and higher professional education. 2021. No. 2 (62). P. 32-41.
3. Borodychev V. V., Shchepotko N. A. Soil cultivation, mineral nutrition and drip irrigation of white cabbage in the Lower Volga region // Fertility. 2017. No. 3 (96). P. 23-25.
4. Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. New methods of cultivation of vegetable crops in the system of water-saving irrigation // Vegetable growing and greenhouse economy. 2014. No. 4. P. 54.
5. Dospekhov B. A. Field experiment technique. M.: Agropromizdat, 2014. 351 p.
6. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu. Complex water-soluble fertilizers in the technology of cultivation of vegetable crops in the conditions of the Lower Volga region // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2017. No. 2. P. 29-31.
7. Ovchinnikov A. S. Agrotechnics of cultivation of vegetable crops under irrigation conditions // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2017. No. 4 (48). P. 10-16.
8. Pronko N. A., Ryabtseva T. G. Water consumption of white cabbage with drip irrigation in the Saratov right bank // Agrarian scientific journal. 2018. No. 1. P. 16-21.
9. Filin V. I. Crop reference book with the basics of crop programming. Volgograd: VSAA, 1994. 266 p.
10. Abdelkhalik A., Pascual B., Najera I. Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions // Irrigation science. 2020. V. 38. № 1. P. 89-104.
11. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. V. 341. 012105.
12. Impact of irrigation on plant growth and development of white cabbage / S. Seidel, S. Werisch, N. Schütze, H. Laber // Agricultural Water Management. 2017. № 187. P. 99-111.
13. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia / E. Khodiakov [et al.] // E3S Web Conf. International Conference: Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic (EFSC2021). 2021. Volume 282.
14. 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.

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
Abduova Raikhan Yurievna, applicant, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetsky Prospect, 26), rabduova@mail.ru

Информация об авторах

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
Абдуова Райхан Юрьевна, соискатель ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), rabduova@mail.ru

ASSESSMENT OF THE INTERACTION OF MELT WATER WITH FROZEN SOIL

A.T. Barabanov

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

Received 10.06.2021

Submitted 19.08.2021

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

Summary

The solution of a complex and urgent problem of soil protection from erosion can be carried out based on the knowledge of the regularity of flow formation. As a result of the analysis and generalization of the results of many years of research, a complex interaction of meltwater with frozen soil under the influence of natural runoff factors was revealed and the genesis of this process was established. This fundamental knowledge allows us to take a new approach to the assessment of the hydrological process and implement important applied developments.

Abstract

Introduction. The problem of protecting soil from erosion is very urgent. Intensive economic activities, especially agricultural ones, lead to land degradation and desertification as a result of erosion and deflation. The solution to this complex problem can be carried out based on knowledge of the patterns of flow formation. The aim of the work was to study the interaction of melt water with frozen soil based on an assessment of the role of natural factors (snow reserves, depth of soil freezing and its moisture content) in the formation of surface spring runoff. **Object.** The studies were carried out on gray forest soils in the forest-steppe, chernozems and light chestnut soils in the steppe at perennial drainage-erosion stations. **Materials and methods.** The analysis of the results of many years of our own research and the generalization of experimental materials of many generations of scientists on the issue of studying the regularities of the formation of surface melt water runoff is carried out. The methodological basis of our research was the use of runoff sites with a width of 20 m and a length of 100 m, on which snow-measuring surveys were carried out, freezing, thawing, soil moisture, bulk and specific gravity of soil, runoff, soil washout, etc. were determined. **Results and conclusions.** As a result, a complex interaction of melt water with frozen soil was revealed under the influence of natural runoff factors: the depth of freezing, soil moisture and water reserves in the snow. It was found that at some levels of natural factors below the limiting ones, the runoff is not formed regardless of the water reserves in the snow. For these conditions, the genesis of the process has been identified and the theory of water absorption has been developed. At levels of factors above the limiting ones, runoff is always formed, and its value depends only on snow reserves and the volume of free pores in the upper (0–30 cm) soil layer, which in turn depends on its moisture content. Under these conditions, soil moisture is the main factor determining the formation of slope spring runoff. Its value depends on how much the pore space of the upper soil layer is filled with water, as well as on the snow reserves formed in the catchment during the winter and precipitation during the snowmelt period. Snow reserves play a passive role in its formation. That part of the snow water flows down, which exceeds the volume of free pores in the upper soil layer. An assessment is given to the concepts of the «locking layer» and «ice screen», which characterize the absorption of snow water into frozen soil. This fundamental knowledge makes it possible to re-evaluate the process of infiltration of melt water into frozen soil and, on this basis, to carry out important practical developments for regulating the flow.

Keywords: *melt water runoff, soil moisture, soil freezing depth, snow reserves, water absorption, law of limiting factors of runoff, ice screen, thermal filtration, locking layer, soil porosity.*

Citation. Barabanov A. T. Assessment of the interaction of melt water with frozen soil. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 52-61 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-04.

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

УДК 631.6.02

ОЦЕНКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТАЛОЙ ВОДЫ С МЕРЗЛОЙ ПОЧВОЙ

А. Т. Барабанов, доктор сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 10.06.2021

Дата принятия к печати 19.08.2021

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания № 0713-2019-0003 «Теоретические основы эрозионно-гидрологического процесса на водосборных бассейнах, концептуальные направления, пути и принципы создания высокоэффективных экологических систем управления этим процессом с целью полного предотвращения эрозии почв» (№ госрегистрации АААА-А19-119042290013-8)

Актуальность. Проблема защиты почв от эрозии очень актуальна. Интенсивная хозяйственная деятельность, особенно сельскохозяйственная, приводит к деградации и опустыниванию земель в результате эрозии и дефляции. Решение этой сложной проблемы можно осуществить, опираясь на знание закономерности формирования стока. Целью работы было исследование взаимодействия талой воды с мерзлой почвой на основе оценки роли природных факторов (снегозапасы, глубина промерзания почвы и ее влажность) в формировании поверхностного весеннего стока. **Объекты.** Исследования проводились на серых лесных почвах в лесостепи, черноземах и светлокаштановых почвах в степи на многолетних стоково-эрозионных стационарах. **Материалы и методы.** Осуществлены анализ результатов многолетних собственных исследований и обобщение экспериментальных материалов многих поколений ученых по вопросу изучения закономерностей формирования поверхностного стока талых вод. Методической основой наших исследований было применение стоковых площадок шириной 20 м и длиной 100 м, на которых проводили снегомерные съемки, определяли промерзание, оттаивание, влажность почвы, объемную и удельную массу почвы, сток, смыв почвы и др. **Результаты и выводы.** В результате выявлено сложное взаимодействие талой воды с мерзлой почвой под влиянием природных факторов стока: глубины промерзания, влажности почвы и запасов воды в снеге. Установлено, что при некоторых уровнях природных факторов ниже лимитирующих сток не формируется независимо от запасов воды в снеге. Для этих условий выявлен генезис процесса и разработана теория водопоглощения. При уровнях выше лимитирующих факторов всегда образуется сток, и его величина зависит только от снегозапасов и объема свободных пор в верхнем (0–30 см) слое почвы, который в свою очередь зависит от ее влажности. При этих условиях влажность почвы является главным фактором, обуславливающим формирование склонового весеннего стока. Величина его зависит от того, насколько заполнено поровое пространство верхнего слоя почвы водой, а также от снегозапасов, сформировавшихся на водосборе в течение зимы, и осадков, выпавших в период снеготаяния. Снегозапасы играют пассивную роль в его формировании. Стекает та часть снеговой воды, которая превышает объем свободных пор в верхнем слое почвы. Дана оценка концепциям «запирающего слоя» и «ледяного экрана», характеризующая впитывание снеговой воды в мерзлую почву. Эти фундаментальные знания позволяют по-новому оценить процесс инфильтрации талой воды в мерзлую почву и на этой основе осуществлять важные практические разработки по регулированию стока.

Ключевые слова: *сток талых вод, глубина промерзания почвы, снегозапасы, закон лимитирующих факторов стока, ледяной экран, термоинфильтрация, порозность почвы.*

Цитирование. Барабанов А. Т. Оценка взаимодействия талой воды с мерзлой почвой. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 52-61. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-04.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Решение проблемы защиты почв от эрозии необходимо осуществлять на основе создания системы управления эрозионно-гидрологическим процессом в адаптивно-ландшафтном земледелии. Адаптивно-ландшафтный подход для целей борьбы с эрозией почв впервые в начале XX в. (в то время он назывался «комплексным») предложил и создал научные основы противоэрозионной мелиорации профессор А. С. Козменко – первый отечественный ученый, положивший начало систематическому исследованию эрозионно-гидрологического процесса и разработке системы мер по его регулированию [1, 2]. Он создал направление в эрозионной науке и противоэрозионной мелиорации, которое получило признание в нашей стране и за рубежом. Система управления эрозионно-гидрологическим процессом может строиться только на знании закономерностей формирования склонового стока. Многими поколениями ученых выявлено большое разнообразие факторов, влияющих на весенний склоновый сток [3, 8]. Ими осуществлены теоретические разработки, раскрывающие суть явлений гидрологического процесса, созданы математические модели для расчета стока. За длительный период было предложено много противоэрозионных приемов различной эффективности. В основном гидрологи исследовали закономерности формирования стока на водосборах малых (балочных) и больших (малых и крупных рек) и часто без дифференциации сельскохозяйственных угодий по видам пашни, характера использования земель, технологий выращивания сельскохозяйственных растений, применения противоэрозионных мероприятий и других факторов. Однако на многие вопросы, связанные с закономерностями эрозионно-гидрологического процесса, и в особенности с земледельческой деятельностью, не были получены ответы. Роль природных факторов была оценена неоднозначно. Многие почвозащитные приемы, созданные без знания теоретических основ формирования стока, оказались неэффективны [1, 2].

Для выявления закономерности гидрологического процесса при формировании весеннего стока важно установить зависимость его от природных и антропогенных факторов. Анализ многочисленных материалов, характеризующих эту зависимость, показал, что многие авторы рассматривают формирование поверхностного весеннего стока как многофакторное явление, то есть сток формируется при их сложном взаимодействии [1, 2, 5-7, 11-13, 15]. К природным факторам, которые влияют на формирование поверхностного стока талых вод, они относят: температуру и влажность воздуха, снегозапасы, осадки в период снеготаяния, степень увлажнения и промерзания почвы, инфильтрацию талой воды в почву, водопоглотительную способность, интенсивность и продолжительность снеготаяния, сублимацию снега и испарение с поверхности почвы, размер водосбора, конфигурацию бассейна, крутизну склонов, тип почв, растительность, лесистость и др. Значение этих и других факторов в формировании стока у разных исследователей в значительной степени отличается. Связано это с тем, что при проведении исследований применялись разные методические подходы. Например, многие ученые справедливо очень важную роль в формировании стока отводят влажности мерзлой почвы, но определяют ее в различные сроки и на разной глубине, а это принципиально важно, так как существенно влияет на точность расчета. Одни влажность определяют осенью перед морозами, а потом расчетным путем делают поправки на дополнительное увлажнение в течение зимы. Другие исследователи определяют влажность весной перед снеготаянием. Глубина определения влажности у разных исследователей бывает 0-50 см, 0-100 см, 0-150 см или до максимальной глубины промерзания почвы и др. Все это приводит к разным результатам. Некоторые авторы считают, что поверхностный сток находится в прямой зависимости только от снегозапасов – снега много, сток большой. Отдельными исследователями отводится большая стокообразу-

ющая роль и другим факторам. Анализ имеющихся материалов по оценке влияния природных факторов на формирование весеннего склонового стока не позволяет дать однозначный ответ на вопрос об их роли. Часто роль факторов рассматривается без учета их взаимодействия. Например, роль влажности почвы и запасов воды в снеге иногда является без учета глубины промерзания, а роль глубины промерзания определяется без учета температуры и влажности почвы.

Материалы и методы. Методической основой наших исследований были водно-балансовые методы, используемые в гидрологии и других смежных науках. Эксперименты проводились на стоково-эрозионных стационарах с применением метода стоковых площадок. Этот метод позволяет дифференцированно подходить к оценке роли природных факторов в формировании стока на различных видах почвы, пашни и угодий, агрофонов. А такая дифференциация нужна потому, что на них закономерности формирования стока сильно отличаются, и это необходимо учитывать. Для этого закладывались на разных фонах стоковые площадки шириной 20 м и длиной 100 м. На них определяли высоту снега, снеготопы, глубину промерзания и влажность почвы, ее удельную и объемную массу, сток талых вод, смыл почвы. При этом осуществляли наблюдения за температурой воздуха, осадками, направлением ветра, облачностью во время снеготаяния и др.

Результаты и обсуждение. В результате теоретических и экспериментальных исследований, а также анализа и обобщения многолетних результатов работы нескольких поколений ученых ВНИАЛМИ (свыше 60 лет) мной был открыт и научно обоснован закон лимитирующих факторов склонового стока талых вод. Суть закона заключается в том, **что при некотором минимальном значении одного из трех лимитирующих факторов (снеготопы, глубина промерзания и влажность почвы) поверхностный сток не формируется независимо от уровня двух других** [1]. Иначе говоря, на слой поверхностного стока существенно влияют только три фактора. Наиболее сильно влияет промерзание почвы. При его глубине меньше 50 см впитывающая способность почвы очень высокая и сток не формируется при любых уровнях других факторов. При промерзании почвы больше 50 см оно совсем не влияет на сток. В этом случае на его формирование оказывает влияние степень увлажнения мерзлой почвы. Таким образом, запасы воды в почве являются следующим мощным фактором стока. По нашим данным, при низком лимитирующем уровне влагозапасов (70–120 мм по зонам) сток не формируется независимо от уровней других факторов. При влагозапасах выше лимитирующего уровня сток формируется, и величина его зависит от влажности почвы и запасов воды в снеге перед снеготаянием. Снеготопы, накопленные к периоду снеготаяния, как фактор стока играют пассивную роль в его формировании. Они непосредственно не влияют на сток, но на объем его снеготопы влияют в зависимости от впитывающей способности верхнего слоя почвы, которая в свою очередь зависит от ее влажности, т. е. стекает часть не поглощенного почвой избытка снеговой воды. Лимитирующим уровнем снегозапасов, при котором сток не формируется, является объем свободных пор в слое почвы 0–30 см.

Таким образом, факт отсутствия стока талых вод при уровнях природных факторов ниже лимитирующих установлен нами экспериментально и теоретически на уровне фундаментального закона, то есть выявлен генезис процесса и создана теория его формирования. Это послужило основой для создания методики высокоточного прогноза стока при этих условиях его формирования, а также для разработки высокоэффективных стоко-регулирующих и противозерозионных приемов путем воздействия на эти факторы.

При уровнях же факторов, превышающих лимитирующие, сток формируется на всех угодьях при любых условиях. Объем его связан только с влажностью верхнего слоя почвы и запасами воды в снеге. Генезис этого процесса недостаточно изучен, и в литературу-

ре можно встретить разные подходы к его толкованию. Мы на основе регрессионного анализа результатов исследований в годы, когда сток формировался, разработали статистические модели расчета его величины на разных типах почв и агрофонов [1]. В общем виде связь стока с этими природными факторами выражается уравнением:

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2,$$

где x_1 - запасы воды в почве, x_2 - снегозапасы.

По уравнению связи процесс формирования стока двухфакторный, а по сути процесса – однофакторный, так как водопоглощение мерзлой почвой обуславливается запасами влаги в ней. Имея в виду, что объем стока является разницей между снегозапасами и величиной впитывания талой воды в мерзлую почву, можно утверждать, что впитывающая способность почвы полностью обуславливается ее влажностью, вернее дефицитом влажности. В зональном плане эта связь проявляется по-разному. Эти уравнения при расчетах стока дают относительно хорошую сходимость, но репрезентативность их недостаточна.

Статистический подход не полностью подходит для решения задачи прогнозирования стока. Нужна теоретическая основа его формирования при уровнях природных факторов выше лимитирующих на базе знания генезиса гидрологического процесса. Для этого необходимо исследовать процесс впитывания талой воды в мерзлую почву с точки зрения обмена теплом между впитывающей водой и почвой, то есть выявить закономерности взаимодействия талой воды с мерзлой почвой.

Этот процесс исследовался с позиций теплофизического взаимодействия талой воды с мерзлой почвой многими учеными [4, 9, 10, 15]. Наибольший интерес в этом плане представляет разработка И. Л. Калюжным и С. А. Лавровым [10] концепции формирования запирающего слоя. Они обосновали, что он образуется при некотором соотношении влажности и температуры почвы. Е. А. Гаршинев (Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: теория и модели. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999), исследуя процесс взаимодействия талой воды и мерзлой почвы, сформулировал концепцию «ледяного экрана», по которой на границе между оттаявшим и мерзлым слоем создается ледяная прослойка, и просачивание воды в почву осуществляется путем «термоинфильтрации».

Эти концепции согласуются между собой, но в них есть и принципиальные различия. По концепции ледяного экрана Е. А. Гаршинева, процесс впитывания (термоинфильтрации) динамичный, то есть по мере поступления талой воды в почву идет дальнейшее протавивание, ледяной экран опускается ниже и объем впитавшейся воды увеличивается. Этот процесс происходит только в слое почвы, расположенном выше ледяного экрана. От него и зависит водопроницаемость мерзлой почвы, количество впитавшейся воды и величина стока. По концепции запирающего слоя И. Л. Калюжного и др., в процессе снеготаяния проникающая в почву вода замерзает и при определенных условиях создается водонепроницаемый слой, мощность которого зависит от глубины промерзания почвы и бывает, по данным авторов, до 100 см [4]. От этого слоя зависит водопоглощение и сток. На самом деле фактически установлено, что при глубоком промерзании почвы (свыше 50 см) сток от него не зависит [1, 2, 5].

Нами сформулировано положение: мерзлая почва способна впитать и удерживать талую воду, количество которой потенциально может быть равно объему свободных пор оттаявшего сверху слоя, то есть свободная порозность обуславливает объем поглощения талой воды в почву [1]. Нами экспериментально установлено, что почва за весь период снеготаяния в разных природных зонах и по годам успевает оттаивать за

весь период паводка на небольшую глубину – от 3 до 30 см. Таким образом, водопоглощение в мерзлую почву определяется самым верхним слоем. Это означает, что количество впитавшейся талой воды максимально может быть равно объему свободных пор этого слоя почвы небольшой мощности.

Таким образом, при уровнях природных факторов выше лимитирующих всегда создаются условия для формирования весеннего стока, и количество его зависит от запасов воды в снеге и верхнем (0-30 см) слое почвы. Этот слой при оттаивании увлажняется до полной влагоемкости. В нем может поглотиться количество талой воды, равное объему свободных пор (разницы между полной влагоемкостью и фактическими запасами воды), который в свою очередь зависит от запасов влаги в нем. Объем стока зависит от снеготаяния и объема свободных пор.

Общая схема взаимодействия талой воды с мерзлой почвой иллюстрируется на рисунке. В исходном состоянии перед снеготаянием часть пор в мерзлой почве занята влагой, а остальные свободны. Когда начинается процесс снеготаяния, талая вода, имея положительную температуру, поступает на поверхность почвы. Она за счет запаса тепла воды оттаивает, и заполняются свободные поры. Между оттаявшим и мерзлым слоями образуется ледяной экран. По мере дополнительного поступления воды и тепла, протаивания почвы и опускания ледяного экрана свободные поры над ним заполняются до уровня полной влагоемкости, то есть этот процесс продолжается в виде термоинфильтрации.

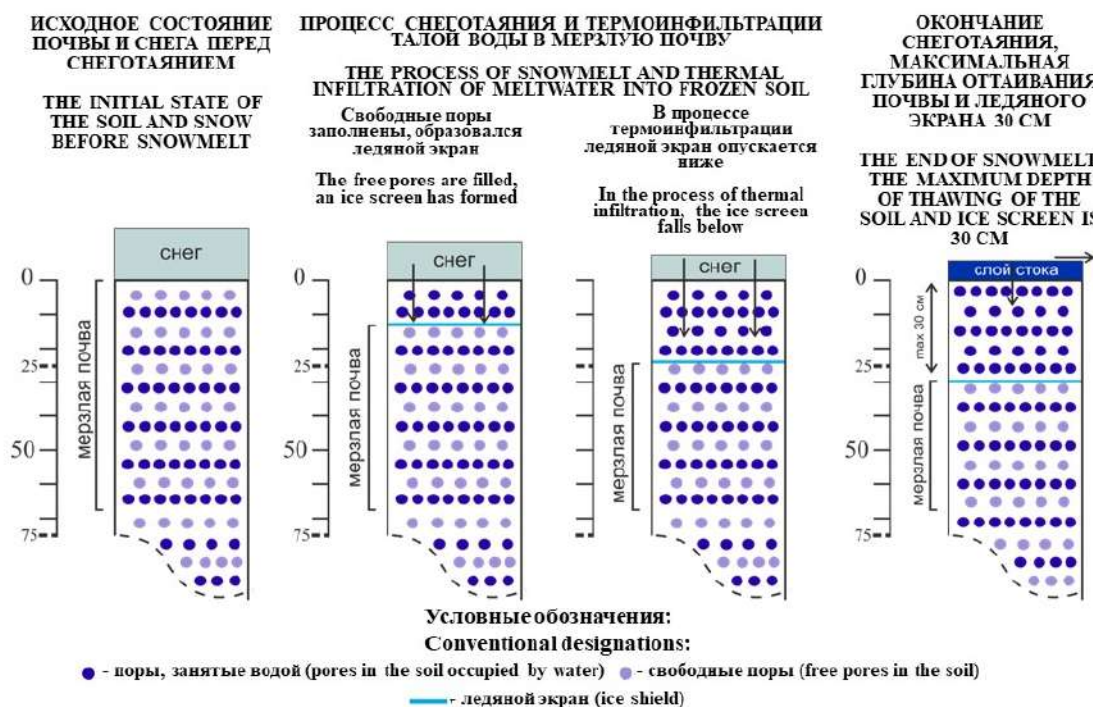


Рисунок – Схема поглощения (термоинфильтрации) талой воды в мерзлую почву

Figure – Scheme of absorption (thermal filtration) of melt water into frozen soil

На каждом этапе количество впитавшейся воды в оттаявшем слое выше ледяного экрана равно объему свободных пор или дефициту влажности – разности между полной влагоемкостью и фактическими влагозапасами. Как указывалось выше [1], к

концу снеготаяния максимальная глубина оттаивания почвы бывает не более 30 см. Общий объем водопоглощения за период снеготаяния равен объему свободных пор этого слоя. Если запасы снеговой воды больше этого объема, то излишки ее стекают, то есть из них формируется поверхностный сток талых вод. На основе изложенного автором предложен новый способ расчета стока (Y , мм) для условий, когда природные факторы стока выше лимитирующего уровня: глубина промерзания больше 50 см, запасы влаги в почве больше 70–120 см (по природным зонам). Величина его определяется снегозапасами (W_c , мм) и объемом свободных пор ($V_{сп}$, мм) в слое почвы 0–30 см и, и может быть рассчитана по уравнению:

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

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

Выводы. На основе анализа и обобщения результатов многолетних собственных исследований и литературных данных, выявлено сложное взаимодействие талой воды с мерзлой почвой под влиянием природных факторов стока глубины промерзания, влажности почвы и запасов воды в снеге. Установлено, что при некоторых лимитирующих уровнях природных факторов (промерзание почвы на глубину меньше 50 см, запасы влаги в слое почвы 0–50 см меньше 70–120 мм по природным зонам) сток не формируется независимо от запасов воды в снеге. Для этих условий выявлен генезис процесса и разработана теория водопоглощения.

При уровнях факторов выше лимитирующих всегда образуется сток. Для таких условий нами на основе статистического подхода разработаны регрессионные модели расчета стока, однако они не полностью удовлетворяют решению поставленной задачи. Поэтому мы применили генетический подход и разработали теорию процесса взаимодействия талой воды с мерзлой почвой. Нами установлено, что к концу весеннего снеготаяния почва успевает оттаять в результате термоинфильтрации в разные годы на глубину не более 30 см, то есть впитывание талой воды происходит только в этом слое. Он обычно увлажняется до полной влагоемкости. Оттаивающая почва способна поглотить количество воды, обусловленное объемом свободных пор, а остальная вода стекает. То есть величина стока зависит от снегозапасов и объема свободных пор (разницы между полной влагоемкостью и фактическими запасами воды) в верхнем (0–30 см) слое почвы, который в свою очередь зависит от ее влажности. Таким образом, главным фактором формирования склонового весеннего стока при таких условиях является влажность почвы. Величина стока зависит от того, насколько заполнено поровое пространство верхнего слоя почвы водой, а также от снегозапасов, сформировавшихся на водосборе в течение зимы и осадков, выпавших в период снеготаяния. Снегозапасы играют пассивную роль в его формировании. Стекает та часть снеговой воды, которая превышает объем свободных пор в верхнем слое почвы.

Библиографический список

1. Барабанов А. Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 188 с.
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.

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. Калюжный И. Л., Лавров С. А. Гидрофизические процессы на водосборе: Экспериментальные исследования и моделирование. СПб.: Нестор-История, 2012. 616 с.
5. Комиссаров М. А., Габбасова И. М. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в Южном Предуралье // Почвоведение. 2014. № 6. С. 734-743.
6. Коронкевич Н. И., Георгиади А. Г., Ясинский С. В. О гидрологических изменениях // Вопросы географии. 2018. № 145. С. 739-744.
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. Петелько А. И., Панов В. И. Влияние основных природных факторов на формирование поверхностного стока талых вод в лесомелиорированных агроландшафтах в лесостепной и степной зонах европейской части России // Научные ведомости. Серия: Естественные науки. 2019. Том 43. № 1. С. 16-29.
10. Петелько А. И., Панов В. И. Характеристика поверхностного стока талых вод с разных угодий за 50 лет // Вестник АПК Ставрополя. 2014. № 4 (16). С. 155-162.
11. Сухановский Ю. П. Вероятностный подход к расчету эрозионных потерь почвы // Почвоведение. 2013. № 4. С. 474.
12. Шабаев А. И. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие // Избранные труды. Саратов: ФГБНУ «НИИСХЮБ», 2017. 648 с.
13. Guidelines for land-use planning // FAO Developm. Series. Rome. 1993. № 1. P. 96.
14. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // Agriculture. 2013. № 3 (3). P. 443-463.
15. 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.

Conclusions. Based on of the analysis and generalization of the results of many years of own research and literature data, a complex interaction of melt–water with frozen soil under the influence of natural factors of runoff, freezing depth, soil moisture and water reserves in snow was revealed. It is established that at some limiting levels of natural factors (soil freezing to a depth of less than 50 cm, moisture reserves in the soil layer of 0-50 cm less than 70-120 mm in natural zones), runoff was not formed independently of water reserves in the snow. For these conditions, the genesis of the process was revealed and the theory of water absorption is developed.

At the levels of factors above the limiting ones, a runoff is always formed. For such conditions, we have developed regression models for calculating runoff based on a statistical approach, but they do not fully satisfy the solution of the task. Therefore, we applied a genetic approach and developed a theory of the process of interaction of meltwater with frozen soil. We found that by the end of the spring snowmelt, the soil has time to thaw as a result of thermal filtration in different years to a depth of no more than 30 cm, that is, the absorption of melt–water occurs only in this layer. It is usually moistened to full moisture capacity. Thawing soil is able to absorb the amount of water due to the volume of free pores, and the rest of the water drains. That is, the amount of runoff depends on the snow reserves and the volume of free pores (the difference between the total moisture capacity and the actual water reserves) in the upper (0-30 cm) layer of the soil, which in turn depends on its

humidity. Thus, the main factor in the formation of sloping spring runoff under such conditions is soil moisture. The amount of runoff depends on how much the pore space of the upper soil layer is filled with water, as well as on snow reserves formed in the catchment during the winter and precipitation that fell during the snowmelt. Snow reserves play a passive role in its formation. The part of snow water that exceeds the volume of free pores in the upper layer of the soil drains.

References

1. Barabanov A. T. Erosive-hydrological assessment of the interaction of natural and anthropogenic factors of the formation of surface runoff of meltwater and adaptive landscape agriculture. Volgograd: Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2017. 188 p.
2. Barabanov A. T., Petelko A. I. Forecasting of the surface runoff of tawny waters from agricultural lands in the forest-steppe part of the Volga basin // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education*. 2018. № 4 (52). P. 1-7.
3. Dolgov S. V., Koronkevich N. I., Barabanova E. A. Modern changes in surface runoff and infiltration of meltwater on agricultural lands in the forest-steppe and steppe zones of the Russian plain and their consequences // *Water sector of Russia: problems, technologies, management*. 2018. No. 4. P. 78-91.
4. Kalyuzhny I. L., Lavrov S. A. Hydrophysical processes in the catchment area: Experimental studies and modeling. Saint Petersburg: Nestor-Istoriya, 2012. 616 p.
5. Komissarov M. A., Fedorov I. M. Soil Erosion during snowmelt on the gentle slopes in the southern Urals // *Soil Science*. 2014. No. 6. Pp. 734-743.
6. Koronkevich N. I., Georgiadi A. G., Jasinski, S. V. On hydrological changes // *Questions of Geography*. 2018. No. 145. P. 739-744.
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 river flow of the Volga basin / N. I. Alekseevsky [et al.] // *Water: chemistry and ecology*. 2013. No. 4. P. 3-12.
9. Petelko A. I., Panov V. I. The influence of the main natural factors on the formation of the surface runoff of meltwater in forest-reclaimed agrolandshafts in the forest-steppe and steppe zones of the European part of Russia // *Scientific Knowledge Series: Natural Sciences*. 2019. Volume 43. No. 1. P. 16-29.
10. Petelko A. I., Panov V. I. Characteristics of the surface runoff of meltwater from different lands for 50 years // *Bulletin of the agro-industrial complex of Stavropol*. 2014. № 4 (16). Pp. 155-162.
11. Sukhanovsky Yu. P. Probabilistic approach to the calculation of soil erosion losses // *Soil Science*. 2013. No. 4. P. 474.
12. Shabaev A. I. Selected works. Soil erosion and adaptive landscape farming. Saratov: FGBNU "NIISKHUV", 2017. 648 p.
13. Guidelines for land-use planning // *FAO Developm. Series*. Rome. 1993. № 1. P. 96.
14. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // *Agriculture*. 2013. № 3 (3). P. 443-463.
15. 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.

Author's Information

Anatoly Timofeyevich Barabanov, chief researcher officer-head of the laboratory of soil protection from erosion of **FSC of Agroecology of RAS** (Russia, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave. 97), doctor of agricultural Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9945-654X> E-mail: barabanov-a@vfanc.ru tel. 8-961-694-08-44

Информация об авторе

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-05

PROSPECTS OF OILSEED CAMELINA IN BIOLOGICAL AGRICULTURE

S.A. Bekuzarova¹, V.I. Buyankin², M.V. Nazarova², I.A. Datieva³

¹*Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Russia*

²*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia*

³*Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, Russia*

Received 17.03.2021

Submitted 21.07.2021

Summary

The results of a study of the economically valuable properties of the oilseed camelina are presented in the article. As a result of the research, the overwhelming effect of camelina on pests of grain crops (wheat), as well as on especially malicious perennial root weeds, was established. Revealed the health-improving effect of the culture of winter camelina on the soil of high toxicity contaminated with heavy metals.

Abstract

Introduction. The list of crops cultivated in practice in the Lower Volga region and the North Caucasus is extremely poor and presupposes a strong pasture load on the soil. This creates barriers to obtaining products that meet the requirements of organic farming. The introduction of the oilseed camelina into the sowing structure of a new culture, to a significant extent, reduces this problem, which determines the relevance of the topic. **Object.** The object of research was the sowing of agricultural crops on the chernozems of the mountainous zone of North Ossetia and light chestnut soils of the Lower Volga region, produced taking into account the regional characteristics of these natural zones.

Materials and methods. Experimental observation sites in combined crops of camelina and clover, winter and spring wheat of zoned varieties were located in the formed agricultural landscapes of the regions. The surveys and observations were carried out according to the methodology of field and agrotechnical experiments with oilseeds crops (2007) and according to the methodology of the Research Institute of Agriculture of the South-East (1973). The influence of camelina on the reduction of soil contamination with lead, as well as on the number of wheat pests and weediness of crops of wheat, corn, and potatoes was studied. **Results and conclusion.** The health-improving effect of the oilseed camelina on the pest infestation of agricultural crops, pollution and toxicity of chernozem soil with lead was established. The overwhelming effect of essential oils of vegetative camelina on pests of grain crops (wheat), as well as on particularly malicious root weeds of the aster family: molokan (lettuce), pink bitterness, and others was revealed. The research results can be used as the basis for the formation of regional technologies of biological farming in the cultivation of agricultural products.

Key words: *oilseed camelina, wheat, soil toxicity, weediness, pests of grain crops, biological farming.*

Citation. Bekuzarova S.A., Buyankin V.I., Nazarova M.V., Datieva I.A. Prospects of oilseed camelina in biological agriculture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 61-68 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-05.

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 633.85:631.454

**ПЕРСПЕКТИВЫ РЫЖИКА МАСЛИЧНОГО
В БИОЛОГИЧЕСКОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ****С. А. Бекузарова¹**, доктор сельскохозяйственных наук**В. И. Буянкин²**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник**М. В. Назарова²**, младший научный сотрудник**И. А. Датиева¹**, младший научный сотрудник¹ Горский государственный аграрный университет, г. Владикавказ² Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград³ Владикавказский научный центр Российской академии наук, г. Владикавказ

Дата поступления в редакцию 17.03.2021

Дата принятия к печати 21.07.2021

Актуальность. Сложившийся на практике перечень возделываемых культур в Нижнем Поволжье и на Северном Кавказе крайне беден и предполагает сильную пастбищную нагрузку на почву. Это создает препятствия для получения продукции, отвечающей требованиям биологического земледелия. Введение в структуру посева новой культуры масличный рыжик в значительной мере снижает эту проблему, что и определяет актуальность темы. **Объект.** Объектом исследований являлись посевы сельскохозяйственных культур на черноземах горной зоны Северной Осетии и светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья, произведенные с учетом региональных особенностей этих природных зон. **Материалы и методы.** Опытные площадки наблюдений в совмещенных посевах рыжика и клевера, озимой и яровой пшеницы районированных сортов размещались в сформированных агроландшафтах регионов. Учеты и наблюдения проводились по методике проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами (2007) и по методике НИИСХ Юго-Востока (1973). Исследовалось влияние рыжика на снижение загрязненности почвы свинцом, а также на численность вредителей пшеницы и засоренность посевов пшеницы, кукурузы, картофеля. **Результаты и выводы.** Установлено оздоравливающее воздействие рыжика масличного на зараженность вредителями посевов с.-х. культур, загрязнение и токсичность черноземной почвы свинцом. Выявлено подавляющее воздействие эфирных масел вегетирующего рыжика на вредителей зерновых культур (пшеницы), а также на особо злостные корнеотпрысковые сорняки семейства астровых: молокан (латук), горчак розовый и другие. Результаты исследований могут быть положены в основу формирования региональных технологий биологического земледелия при возделывании сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: масличный рыжик, токсичность почвы, засоренность посевов, вредители зерновых, биологическое земледелие.

Цитирование. Бекузарова С. А., Буянкин В. И., Назарова М. В., Датиева И. А. Перспективы рыжика масличного в биологическом земледелии. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 61-68. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-05.

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 народном хозяйстве нашей страны важнейшее значение имеют масличные культуры, по выращиванию которых накоплен большой теоретический и практический опыт. В России из масличных культур традиционно выращивали коноплю, горчицу, подсолнечник, лен, сурепицу, рапс, из семян которых вырабатывали масла [1, 4]. Такая культура, как рыжик, не получила широкого распространения. Это было свя-

зано, в первую очередь, с отставанием научных исследований по селекции и семеноводству, с несовершенством технологии возделывания и обработки семян, со специфическим составом его масла, что не позволяло получать высокие урожаи и наиболее полно использовать потенциальные возможности данной культуры (Беляк В. Б., Семёнова Е. Ф., 1995, Леонард Ч. Е., 1998, Коновалов Н. Г., 2002).

Уникальность жирнокислотного состава масла рыжика как источника незаменимых жирных кислот (омега-3 и омега-6) и их соотношение между собой (2,5:1,0) определяют перспективность и необходимость повышенного внимания к этой культуре (Рензиева Т. В. и др., 2003) [11, 12]. Такое соотношение жирных кислот рекомендовано для диетического питания людей с высоким содержанием холестерина в крови (Леонард Ч. Е., 1998). Рыжиковое масло используется как пищевое и диетическое, как техническое – для изготовления высококачественного лака и олифы, биотоплива, в медицине и парфюмерии [4]. Содержание эруковой кислоты относительно низкое (2,8-3,0 %), что соответствует ГОСТу при использовании растительных масел в пищу (ГОСТ 10113-62. Масло рыжиковое (техническое). Технические условия. М.: Стандартинформ, 2011. С. 3.). В состав масла входят природные антиоксиданты токоферолы (60-109 мг %), представленные в основном фракциями β и γ. Рыжик перспективен для переработки на биокеросин благодаря относительно высокому содержанию длинноцепочных жирных кислот (эйкозеновой и эруковой, суммарно 17-24 %), характеризующихся высокой теплотой сгорания [10]. Рыжиковый жмых после тепловой обработки можно использовать в корм скоту и птице.

Агрономическая ценность рыжика состоит в том, что он нетребователен к почвам, хорошо переносит почвенную и воздушную засуху, способен давать урожай семян и сборы масла в широком спектре условий [3, 5]. Технология выращивания рыжика проста, не требует больших затрат и специализированной техники (Прахова Т. Я., Зеленина О. Н., 2009) [6]. Биологические особенности культуры и устойчивость ее к стрессовым факторам внешней среды позволяют возделывать ее почти повсеместно, где возможно земледелие (Коновалов Н. Г., 2002) [9]. Причем рыжик может выращиваться и в смеси с другими культурами, в том числе с зерновыми и зернобобовыми [7].

Работа посвящена изучению вопросов применения биопрепаратов-стимуляторов роста, а также смешанного посева рыжика с бобовым компонентом однолетним клевером шавбар [1, 2]. Интересным направлением в перспективе является и снижение токсической нагрузки на агроэкосистемы, благодаря уникальному содержанию химических веществ и эфирных масел рыжика, блокирующих в период прорастания семени сорных растений (Способ сидерации токсических почв в севообороте: пат. Рос. Федерация. № 2619982 С1; заявка № 2016121820 от 01.06.2016; опубл. 22.05.2017, Бюл. № 15, 5 с.).

Обладая высокой аллелопатической особенностью, рыжик озимый подавляет ряд сорных растений пшеницы, обеспечивая снижение пестицидной нагрузки на почву и растения (Способ снижения засоренности посевов в биологическом земледелии: пат. Рос. Федерация. № 2631330 С1; заявка № 2016135837 от 05.09.2016; опубл. 21.09.2017, Бюл. № 27, 6 с.) [8], что подтверждается исследованиями, проведенными в Волгоградской области.

Материалы и методы. В исследованиях использовались сорта рыжика озимого Пензяк и ярового Юбилар, сорта озимой пшеницы Камышанка-5. Исследования в Северной Осетии проводились на выщелоченных черноземах горной зоны в полевом севообороте.

Для изучения рыжика озимого в горной зоне (в Северной Осетии) в севообороте осуществляли посев после уборки озимых культур (озимая пшеница). Перед посевом мелких семян рыжика жнивьё орошали 0,1 % водным раствором гумата калия с последующей

заделкой в почву и посевом однолетнего клевера шабдар в августе. Спустя 30-40 дней высевали культуру рыжика. На следующий год весной зеленую массу обеих культур запаховали в почву как зеленое удобрение с последующим посевом кукурузы. Такой агроприем позволяет создать благоприятные условия для зерновой культуры кукурузы за счет снижения химической обработки почвы против сорной растительности. Посев промежуточной культуры рыжика и запахка его в смеси с однолетним клевером шабдаром обеспечивает увеличение плодородия почв, сохранение влаги, снижение ее токсичности [1, 2].

Изучалась эффективность стимуляторов роста биопрепаратов «Никфан», «Мелафен», а также исследовалось влияние смешанных посевов рыжика с однолетним клевером шабдар на зимостойкость и продуктивность озимой пшеницы. Исследовалось также биологическое воздействие бинарных посевов этих культур на содержание тяжелых металлов: свинца и снижение токсичности загрязненной почвы (Способ сидерации токсических почв в севообороте: пат. Рос. Федерация. № 2619982 С1; заявка № 2016121820 от 01.06.2016; опубл. 22.05.2017, Бюл. № 15, 5 с.).

На светло-каштановых почвах полупустынной зоны Волгоградской области изучалась технология возделывания масличного рыжика в трехпольном зернопаровом севообороте. Сравнивались однокомпонентные посевы изучаемых культур и совмещенные (бинарные) посевы с озимой и яровой пшеницей (Способ биологической защиты посевов озимой пшеницы: пат. Рос. Федерация. № 2695556 С1; заявка № 2018131869 от 04.09.2018; опубл. 24.07.2019, Бюл. № 21, 6 с.). Учеты и наблюдения проводились по методике проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами (2007). Способы обработки почвы, сроки сева осуществлялись в соответствии с зональными особенностями. Качественные параметры выращенного урожая (масличность, жирнокислотный состав масла в семенах) определялись в лаборатории входного контроля на волгоградском маслобойном заводе ОАО «Сарепта».

Учет и наблюдения за сорной растительностью и численностью вредителей сельскохозяйственных культур осуществлялся по методике НИИСХ Юго-Востока (1973).

Результаты и обсуждение. Исследования показали возможность использования рыжика озимого в качестве отпугивающего растения в борьбе с колорадским жуком. Высевая осенью озимую культуру рыжика, а весной в его междурядья картофель, можно значительно снизить повреждения растений колорадским жуком без применения инсектицидов.

Подавление сорняков в посевах озимой пшеницы рыжиком способствовало очищению полей и повышенной продуктивности агроценозов в полупустынной зоне светло-каштановых почв Волгоградской области.

Исследованиями на черноземах Северной Осетии установлено, что запахка зеленой массы рыжика, посеянного в смеси с однолетним клевером, способствует лучшему развитию, перезимовке озимой пшеницы и росту ее урожайности. Результат обеспечивался улучшением питания культуры и снижением засоренности посевов. Совмещенный посев озимого рыжика с однолетним клевером шабдар и запахка зеленой массы этих совмещенных посевов обеспечивали повышенную продуктивность последующей зерновой культуры – кукурузы – за счет улучшения содержания элементов питания и снижения токсичности черноземной почвы, загрязненной свинцом.

Проведенные опыты свидетельствуют, что на участке поля, загрязненном тяжелыми металлами, предлагаемый прием совместного выращивания озимого рыжика с однолетним клевером с последующей запахкой сидеральной массы бинарного посева снижает содержание свинца в пахотном слое с 61,2 мг/кг до 18,4 мг/кг почвы.

На совмещенных посевах озимого рыжика и озимой пшеницы, а также ярового рыжика и яровой пшеницы проявилось подавляющее и отпугивающее воздействие вегетирующей массы рыжика на ряд вредителей пшеницы. Заселенность стеблестоя озимой и яровой пшеницы снижалась до параметров ниже уровня порога экономической вредоносности (ЭПВ) без применения инсектицидов (Рензьева Т. В. и др., 2003).

При совместном возделывании озимой пшеницы с озимым рыжиком в полупустынной зоне Нижнего Поволжья установлено подавляющее воздействие эфирных масел этой культуры на заселенность и вредоносность насекомых: клопа, вредной черепашки, пшеничного трипса (Способ биологической защиты посевов озимой пшеницы: пат. Рос. Федерация. № 2695556 С1; заявка № 2018131869 от 04.09.2018; опубл. 24.07.2019, Бюл. № 21, 6 с.). Этот прием обеспечивает большую продуктивность пашни в агроландшафте, высокое качество продовольственного зерна и семян пшеницы без применения пестицидов (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты учета заселенности вредителями посевов озимой и яровой пшеницы в Волгоградской области

Table 1 – The results of the registration of the pest infestation of winter and spring wheat in the Volgograd region

Хозяйственный район, год исследований / Economic district, year of research	Способ посева / Sowing method	Численность вредителей с.-х. культур / The number of pests of agricultural crops			
		клоп вредная черепашка, экз./м ² / bug harmful turtle, specimen/m ²	жук кузья, экз./м ² / beetle kuzka, specimen/m ²	трипс, экз./20 взмахов / thrips, specimen /20 strokes	крестоцветный клоп, экз./м ² / cruciferous bug, specimen/m ²
ОАО «Светлый путь», Октябрьский район, 2006 г. / OJSC "Svetlyi Put", Oktyabrsky District, 2006	Бинарный озимая пшеница+ озимый рыжик / Binary winter wheat+ winter camelina	1,3	0,0	8,0	0,0
	Обычный посев озимой пшеницы / Conventional sowing of winter wheat	3,2	0,0	100,0	0,0
Опытное поле ФГБНУ «Ниже-волжский НИИСХ», 2015 г. / Experimental field of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Nizhnevolzhsky Research Institute of Agriculture", 2015	Бинарный: яровая пшеница+яровой рыжик / Binary: spring wheat + spring camelina	2,0	0,5	14,3	0,8
	Обычный яровой посев пшеницы / Conventional sowing of winter wheat	3,3	0,7	85,0	0,0

Примечание: 1) НСР_{0,5} составила по клопу вредная черепашка 0,5 шт, по трипсам – 8,3 шт / НСР_{0,5} was for bug harmful turtle 0,5 pc., for thrips – 8,3 pc.; 2) учет по методике – 20 взмахов энтомологическим сачком. / note: accounting to the method - 20 strokes of the entomological net.

В других опытах НВ НИИСХ (2014 год) в бинарных посевах урожайность озимой пшеницы составила 10,7 ц/га, плюс 6,2 ц/га маслосемян рыжика. Чистые посевы рыжика обеспечили 12,1 ц/га семян. Контрольные участки посева пшеницы, изреженные зимой, заросли сорняками.

На светло-каштановых почвах полупустынной зоны Нижнего Поволжья на посевах озимой пшеницы выявлено угнетающее воздействие озимого рыжика на такие особенно тягостные многолетние корнеотпрысковые сорняки, как молокан (латук) татарский и карантинный горчак розовый. Еще отчетливее угнетающее воздействие рыжика на рост и развитие отмеченных сорняков проявляется на совмещенных посевах этих культур. Вредоносность этих сорняков снижалась на 80-85 % (Способ биологической защиты посевов озимой пшеницы: пат. Рос. Федерация. № 2695556 С1; заявка № 2018131869 от 04.09.2018; опубл. 24.07.2019, Бюл. № 21, 6 с.).

Выводы. Культура масличного рыжика имеет большое значение как одна из составляющих биологического земледелия в разных природно-экономических зонах России. Культура эта многопланового использования и дает продукцию широкого спектра.

Важнейшее ее биологическое свойство заключается в наличии собственного механизма защиты в виде эфирных масел, которые выделяются на протяжении всей ее вегетации.

В проведенных исследованиях выявлено подавляющее воздействие эфирных масел рыжика на вредителей зерновых культур (пшеницы), а также на особо злостные многолетние корнеотпрысковые сорняки семейства Астровых (молокан латук татарский, карантинный объект – горчак розовый). Результаты исследований защищены двумя патентами Российской Федерации.

Введение рыжика в полевые севообороты обеспечивает снижение пестицидной нагрузки на почву, что является важнейшим условием биологического земледелия.

Маслосемена рыжика являются уникальным сырьем для получения функциональных и лечебных масел, содержащих незаменимые жирные кислоты омега-3 и омега-6, что также открывает широкие перспективы культуры.

На выщелоченных черноземах Северной Осетии проявилось оздоравливающее воздействие культуры озимого рыжика на загрязненную тяжелыми металлами почву высокой токсичности. Это имеет исключительную важность в биологическом земледелии. Таким образом, рыжик может использоваться не только для пищевых целей, но и как культура-фитомелиоратор.

При совмещенном посеве масличного рыжика с бобовыми культурами проявляется положительное действие на урожайность последующих культур, что, возможно, связано с оздоровлением почвы и накоплением биологического азотного питания, и также имеет важное значение для организации биологического земледелия, предполагающего отказ от использования минеральных удобрений.

В результате исследований, проведенных в течение 3 лет (2016-2018 гг.), по изучению влияния рациональной технологии возделывания рыжика озимого на производительность и соответственно, на экономическую эффективность данной культуры выявлено, что высокий уровень рентабельности наблюдался при выращивании рыжика на семена и составил 169,8 %, что объясняется увеличением уровня урожайности семян при относительно низких затратах ресурсов.

Библиографический список

1. Бекузарова С. А., Буянкин В. И., Дулаев Т. А. Стимуляторы роста и развития рыжика озимого // Известия Горского государственного аграрного университета. 2016. Т. 53. № 3. С. 16-20.
2. Бекузарова С. А., Дулаев Т. А., Датиева И. А. Повышение семенной продуктивности рыжика озимого в бинарных смесях с клевером однолетним // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 42-2. С. 31-33.

3. Бекузарова С. А., Дулаев Т. А., Датиева И. А. Продуктивность рыжика озимого // Известия Горского государственного аграрного университета. 2019. Т. 56. № 3. С. 7-11.
4. Использование масла рыжика для производства биодизельного топлива / С. А. Нагорнов [и др.] // Наука в центральной России. 2014. № 4 (10). С. 34-40.
5. Кшникаткина А. Н., Прахова Т. Я., Сафронкин А. Е. Влияние регуляторов роста на посевные качества и урожайные свойства семян рыжика озимого // Нива Поволжья. 2015. № 1/34. С. 25-34.
6. Прахова Т. Я., Смирнов А. А., Прахов В. А. Озимый рыжик – биологические особенности, технология // Аграрный вестник Юго-Востока. 2014. № 1-2 (10-11). С. 58-59.
7. Тимошкин О. А., Прахова Т. Я. Перспективный способ повышения урожайности чечевицы тарелочной // Земледелие. 2017. № 5. С. 21-24.
8. Трифонова М. Ф., Бекузарова С. А. Рыжик озимый – ремедиатор токсичности почв // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 39. С. 209-211.
9. Faure J.-D., Tepfer M. Camelina, a Swiss knife for plant lipid biotechnology // Oilseeds and fats, Crops and Lipids. 2015. No. 23 (5).
10. Jewett F. G. Camelina sativa: for biofuels and bioproducts // Industrial Crops: Breeding for Bioenergy and Bioproducts. 2015. Pp. 157-170.
11. Ratusz K., Popis E., Ciemniowska-Żytkiewicz H. Oxidative stability of camelina (Camelina sativa L.) oil using pressure differential scanning calorimetry and Rancimat method // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2016. V. 126. Pp. 343-351.
12. Righini D., Zanetti F., Monti A. The bio-based economy can serve as the springboard for Camelina and Crambe to quit the limbo // Oilseeds and fats, Crops and Lipids. 2016. № 23 (5). Pp. 13-16.

Conclusions. The culture of oilseed camelina is of great importance as one of the components of biological farming in various natural and economic zones of Russia. This culture has many uses and produces a wide range of products.

Its most important biological property is the presence of its own defense mechanism in the form of essential oils, which are released throughout its growing season.

In the studies carried out, the overwhelming effect of camelina essential oils on pests of grain crops (wheat), as well as on especially malicious perennial root weeds of the aster family (molokan tatar lettuce, quarantine object - pink bitterness) was revealed. The research results are protected by two patents of the Russian Federation.

The introduction of camelina into field crop rotations provides a decrease in pesticide load on the soil, which is the most important condition for biological farming.

Camelina oilseeds are a unique raw material for the production of functional and medicinal oils containing essential fatty acids omega-3 and omega-6, which also opens up broad prospects for culture.

On the leached chernozems of North Ossetia, the healing effect of the winter camelina culture on the highly toxic soil contaminated with heavy metals was manifested. This is of paramount importance in organic farming.

Thus, camelina can be used not only for food purposes, but also as a phytomelioration crop.

With the combined sowing of oilseed camelina with legumes, a positive effect on the yield of subsequent crops is manifested, which is possibly associated with the improvement of the soil and the accumulation of biological nitrogen nutrition, and is also important for the organization of biological agriculture, which involves the rejection of the use of mineral fertilizers.

As a result of studies carried out over 3 years (2016-2018) to study the influence of rational technology of cultivation of winter camelina on productivity, and, accordingly, on the economic efficiency of this crop, it was revealed that a high level of profitability was observed when growing camelina for seeds and amounted to 169.8%, which is explained by an increase in the level of seed yield at a relatively low cost of resources.

References

1. Bekuzarova S. A., Buyankin V. I., Dulaev T. A. Stimulyatory rosta i razvitiya ryzhika ozimogo // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. T. 53. № 3. P. 16-20.
2. Bekuzarova S. A., Dulaev T. A., Datieva I. A. Povyshenie semennoj produk-tivnosti ryzhika ozimogo v binarnykh smesyah s klevrom odnoletnim // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2018. № 42-2. P. 31-33.
3. Bekuzarova S. A., Dulaev T. A., Datieva I. A. Produktivnost' ryzhika ozimogo // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. T. 56. № 3. P. 7-11.
4. Ispol'zovanie masla ryzhika dlya proizvodstva biodizel'nogo topliva / S. A. Nagornov [i dr.] // Nauka v central'noj Rossii. 2014. № 4 (10). P. 34-40.
5. Kshnikatkina A. N., Prahova T. Ya., Safronkin A. E. Vliyanie regulyatorov rosta na posevnye kachestva i urozhajnye svoystva semyan ryzhika ozimogo // Niva Povolzh'ya. 2015. № 1/34. P. 25-34.
6. Prahova T. Ya., Smirnov A. A., Prahov V. A. Ozimyj ryzhik - biologicheskie osobennosti, tehnologiya // Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka. 2014. № 1-2 (10-11). P. 58-59.
7. Timoshkin O. A., Prahova T. Ya. Perspektivnyj sposob povysheniya urozhajnosti chechevicy tarelочноj // Zemledelie. 2017. № 5. S. 21-24.
8. Trifonova M. F., Bekuzarova S. A. Ryzhik ozimyj - remediator toksichnosti pochv // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2018. № 39. S. 209-211.
9. Faure J.-D., Tepfer M. Camelina, a Swiss knife for plant lipid biotechnology // Oilseeds and fats, Crops and Lipids. 2015. No. 23 (5).
10. Jewett F. G. Camelina sativa: for biofuels and bioproducts // Industrial Crops: Breeding for Bioenergy and Bioproducts. 2015. Pp. 157-170.
11. Ratusz K., Popis E., Ciemniowska-Żytikiewicz H. Oxidative stability of camelina (Camelina sativa L.) oil using pressure differential scanning calorimetry and Rancimat method // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2016. V. 126. Pp. 343-351.
12. Righini D., Zanetti F., Monti A. The bio-based economy can serve as the springboard for Camelina and Crambe to quit the limbo // Oilseeds and fats, Crops and Lipids. 2016. № 23 (5). Pp. 13-16.

Author's Information

Bekuzarova Sarra Abramovna, Professor of the Department of Plant Industry, Gorsky State Agrarian University (Russian Federation, 362040, Vladikavkaz, Kirova str., 37), doctor of agricultural sciences.

Buyankin Viktor Ivanovich, Leading Researcher, Laboratory of selection, seed production and nursery production of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), Candidate of Agricultural Sciences, e-mail: buyankina.nastya@yandex.ru, 89177297406

Nazarova Marina Vladimirovna, Junior Researcher, Laboratory of agricultural technologies and farming systems in agroforests of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), e-mail: mn1967@list.ru

Datieva Inna Arturovna, Junior Researcher, Laboratory of Molecular Genetic Research of Agricultural Plants, Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences", (Russian Federation, 362027, Vladikavkaz, Markusa str., 22), e-mail: inna.osennyaya@yandex.ru, 89188316804

Информация об авторах

Бекузарова Сарра Абрамовна, профессор кафедры растениеводства Горского ГАУ, (РФ, 362027, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37), доктор сельскохозяйственных наук

Буянкин Виктор Иванович, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФНЦ агроэкологии РАН, (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: buyankina.nastya@yandex.ru, 89177297406

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

Датиева Инна Артуровна, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений Владикавказского научного центра РАН, (РФ, 362027, Владикавказ, ул. Маркуса, 22), e-mail: inna.osennyaya@yandex.ru, 89188316804

ECONOMIC EFFICIENCY OF CULTIVATING OF VARIETIES AND HYBRID OF TABLE BEET IN THE CONDITIONS OF ASTRAKHAN REGION

N. Bondarenko, O. V. Kostyrenko

*Federal State Budget Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center
of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region*

Received 21.05.2021

Submitted 26.08.2021

*The research was carried out in the framework of research in 2018-2021. "Improve zonal
agricultural technologies for crop cultivation in order to effectively use the natural resource
potential of agricultural landscapes of the Northern Caspian region" Topic № 0722-2019-0016*

Summary

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

Abstract

Introduction. In recent years, there has been an increase in yield and gross production of root crops in all categories of farms. Nevertheless, the growth of gross collection is still fluctuating. There is a solution to the problem on the basis of which there is an expansion of the areas of their cultivation in peasant farms and personal subsidiary plots, aimed primarily at providing the population with domestic marketable root crops, in particular, table beets. **Object.** Beetroot dining room: Mulatka, Khutoryanka, Bona F1, Ethiopian. **Materials and methods.** For the first time in the Astrakhan region on light chestnut land use soils of Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy» of Sciences during 2019-2020 the study of modern preparations of growth-stimulating effect was carried out, a characteristic of their influence on table beets is given. Definitely their action is aimed at increasing the yield in the drip method of watering. During the research, a two-factor field experience on the culture of table beet was laid by the method of split divides with systematic placement. Under light chestnut soil conditions, a study was conducted on the influence of growth-stimulating drugs: complex mineral fertilizer Aminovite, anti-stress agrochemicals Aminofol Plus and natural growth stimulator Novosil on crop structure elements and economic efficiency. **Results and conclusions.** As a result of the studies carried out on the cultivation of the table beet, it was revealed that extracurricular feeding throughout the vegetation period had a positive effect on the number of plants before harvesting, the diameter of the root crops of the table beet and its yield. According to economic indicators, the Ethiopian variety turned out to be highly profitable (89.1%) with a cash yield of 61.3 tons/ha, on the variant with leaf treatment with the complex mineral preparation Aminovit, which positively affected yield and economic efficiency and showed maximum results in this variety.

Key words: table beet, hybrid, variety, elements of crop structure, growth stimulating drugs, economic efficiency.

Citation. Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. Economic efficiency of cultivating of varieties and hybrid of table beet in the conditions of Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 69-76 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-06.

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

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

УДК 633.412:631.8

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОРТОВ
И ГИБРИДА СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ****А. Н. Бондаренко, доктор сельскохозяйственных наук****О. В. Костыренко, младший научный сотрудник***ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, Астраханская область,
Черноярский район, село Соленое Займище*

Received 21.05.2021

Submitted 26.08.2021

*Исследования проведены в рамках тематики НИР 2018-2021 гг. «Усовершенствовать
зональные агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур
с целью эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов
Северного Прикаспия» Тема № 0722-2019-0016*

Актуальность. В последнее время наблюдается рост урожайности и валового производства корнеплодов во всех категориях хозяйств. Тем не менее рост валового сбора еще колеблется. Существует решение данной проблемы посредством расширения площадей их возделывания в КФХ и ЛПХ, направленных, прежде всего, на обеспечение населения отечественными товарными корнеплодами, в частности столовой свеклой. **Объект.** Свекла столовая: Мулатка, Хуторянка, Бона F1, Эфиопка. **Материалы и методы.** Впервые в Астраханской области на светло-каштановых почвах землепользования ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в течение 2019-2020 гг. проводилось изучение современных препаратов ростостимулирующего действия. Дана характеристика их влияния на столовую свеклу. Определено их действие, направленное на повышение урожайности при капельном способе полива. В ходе НИР методом расщепленных делянок с систематическим размещением был заложен двухфакторный полевой опыт на культуре столовая свекла. В условиях светло-каштановых почв было проведено исследование по влиянию ростостимулирующих препаратов: комплексного минерального удобрения Аминовит, антистрессового агрохимиката Аминофол Плюс и натурального природного стимулятора роста Новосил на элементы структуры урожая и экономическую эффективность. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований по возделыванию столовой свеклы было выявлено, что внекорневые подкормки в течение всего периода вегетации положительно повлияли на количество растений перед уборкой, диаметр корнеплодов столовой свеклы и ее урожайность. По экономическим показателям высокорентабельным оказался сорт Эфиопка (89,1 %) при товарной урожайности 61,3 т/га, на варианте с листовой обработкой комплексным минеральным препаратом Аминовит, который положительным образом повлиял на урожайность и экономическую эффективность и показал максимальные результаты у данного сорта.

Ключевые слова: *столовая свекла, гибриды столовой свеклы, сорта столовой свеклы, ростостимулирующие препараты, экономическая эффективность возделывания свеклы.*

Цитирование. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Экономическая эффективность возделывания сортов и гибрида столовой свеклы в условиях Астраханской области. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 69-76. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-06.

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. Столовая свекла – одна из ценных овощных культур [5, 10, 11]. Ее главной особенностью по сравнению с другими овощами является хорошая сохранность, что способствует круглогодичному обеспечению продукцией в свежем виде [7, 8, 9, 12].

Удобрения занимают одно из важнейших мест в увеличении урожайности, сохранении и повышении плодородия почв овощных культур, в том числе и свеклы столовой. За счет этого могут формироваться максимальные и устойчивые урожаи по годам с хорошими и качественными показателями. Оптимизация питания овощных культур предполагает рациональное сочетание применения макро- и микроудобрений [6].

Регуляторы роста растений на природной основе, полученные с использованием последних достижений науки, высокоэффективны, экологически безопасны и совершенно безвредны. Так, в исследованиях, проведенных В. Н. Петриченко, О. С. Туркиной [8, 9], было доказано, что применение кремнийорганического препарата Энергия-М способствовало повышению урожайности корнеплодов столовой свеклы на 7,1-8,1 % по сравнению с фоном, где вносилось полное минеральное удобрение в виде азофоски [1-3].

Перспективным направлением в настоящее время является регулирование минерального питания овощных культур с использованием биопрепаратов – стимуляторов роста растений. Данный прием усиливает процесс образования листьев, увеличивает продолжительность их жизни, повышает иммунный статус растений, а также оказывает разносторонние ростовые эффекты, увеличивая продуктивность возделываемых культур [4].

Целью проводимого исследования являлось изучение влияния ростостимулирующих препаратов, направленных на повышение урожайности и экономической эффективности свеклы столовой в условиях светло-каштановых почв Астраханской области.

Материалы и методы. В ходе НИР был заложен двухфакторный полевой опыт методом расщепленных делянок по культуре «столовая свекла». Повторность опыта – трехкратная. Размещение делянок – систематическое по методике Доспехова Б. А. (2011 г.).

Фактором А в полевом опыте являлись сорта столовой свеклы Мулатка, Хуторянка, Эфиопка и гибрид БонаF₁. **Фактором В** – минеральное удобрение для листовой подкормки Аминовит, антистрессовый агрохимикат Аминофол Плюс, высокоэффективный природный ростостимулятор Новосил.

Общая площадь под изучением **столовой свеклы** составила 240,0 м². Площадь делянки под сорт – 60,0 м²; площадь делянки под вариантами – 20,0 м². Площадь учетной делянки – 5,0 м².

Норма высева семян – 600,0-700,0 тыс. шт./га. Расстояние между семенами – 6-7 см. Схема посева (многорядная) – 0,10 м x 0,08 м (отступ от капельной ленты 0,10 м с расстоянием в рядке 0,08 м). Технологическая колея – 0,7 м. Способ посева – овощная сеялка точного высева EarthWay 1001-B; способ полива – система капельного орошения.

Варианты опыта: контроль (опрыскивание водой); Аминовит (расход препарата – 0,5 л/га, расход рабочего раствора – 200,0 л/га); Аминовол Плюс (норма расхода препарата – 1,0 л/га, расход рабочего раствора – 200,0 л/га); Новосил (норма расхода препарата – 100 мл/га, расход рабочего раствора – 300 л/га) согласно нормам от товаропроизводителя.

Для выполнения поставленных задач проводились полевые учеты, наблюдения и измерения с использованием методики полевого опыта Доспехова Б. А. (2011 г.), а также методики опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве под редакцией Белика В. Ф. (1982 г.), Литвинова С. С. (2011 г.).

Влияние исследуемого препарата на рост и развитие растений оценивалось по следующим параметрам: размер корнеплода, масса корнеплода, урожайность.

Учет урожайности столовой свеклы проводился поделочно.

Экономическая эффективность возделывания изучаемых сортов и гибрида столовой свеклы рассчитана согласно технологической карте и методическим рекомендациям Челобанова Н. В. (1988 г.) и Шпилько А. В. (1988 г.).

Результаты и обсуждение. При анализе таблицы 1 по элементам структуры урожая свеклы столовой можно выделить сорт Эфиопка на варианте с обработкой по листу комплексным минеральным удобрением Аминовит, который оказался с максимальным количеством растений перед уборкой – 67 шт./м². На данном варианте диаметр корнеплода в среднем был равен 9,8 см. Число мелкой фракции составило 26 шт./м², при общей массе корнеплода 1,9 кг, в процентном соотношении это было равным 28 %. Средней фракции было 31 шт./м², масса корнеплодов 5,7 кг, что составило 45% от общего числа корнеплодов. Число крупной фракции было равным 10 шт./м², масса корнеплодов – 5,2 кг, от общего числа корнеплодов это составило 27 %.

По результатам проведенных исследований возделывания различных сортов и гибрида столовой свеклы, с использованием различных листовых обработок в среднем по годам изучения 2019-2020 гг., был выделен сорт Эфиопка, который показал максимальный уровень товарной урожайности – 61,3 т/га – и оказался самым рентабельным для производства из всех сортов и гибридов (таблица 2).

Рентабельность производства по данному сорту на вариантах с использованием листовых обработок препаратами Аминофол Плюс и Новосил составила от 63,1 до 66,4 %, при общих затратах на производство от 323,1 до 323,3 тыс. р. Чистый доход варьировал от 203,9 до 214,7 тыс. р. на 1 га.

Необходимо также отметить, что максимальный уровень рентабельности – 89,1 % – был получен у сорта Эфиопка на варианте с внекорневой обработкой комплексным минеральным удобрением Аминовит. При общих затратах 324,1 тыс.р., чистый доход на 1 га составил 288,9 тыс. р. Экономическая эффективность вложенных затрат была равна 1,9 р./р. (таблица 2). Районированный гибрид Бона F1 оказался на уровне среднего показателя среди изучаемых сортов за годы исследования и немного уступил по урожайности сорту Эфиопка. Так, рентабельность производства на контрольном варианте у данного гибрида составила 39,1 %, при общих затратах 322,7 тыс. р. Чистый доход был равен 126,3 тыс. р. на 1 га, себестоимость 1 т продукции составила 7,2 тыс. р. Рентабельность производства по вариантам обработки столовой свеклы у гибрида Бона F1 варьировала от 44,4 до 61,7 %. Чистый доход на 1 га изменялся от 143,7 до 199,9 тыс.р. при общих затратах на производство от 323,1 до 324,1 тыс.р. При таких значениях товарная урожайность варьировала от 46,7 до 52,4 т/га. Сорта столовой свеклы Мулатка и Хуторянка не выделились за годы исследования по показателям урожайности и оказались с наименьшим значением рентабельности. Таким образом, у сорта Мулатка на контрольном варианте при общих затратах 322,7 тыс.р. рентабельность производства была отрицательная -6,7 %, так как товарная урожайность у данного сорта оказалась низкой. У сорта Хуторянка отрицательная рентабельность -5,6 % была получена на варианте с листовой обработкой препаратом Новосил при общих затратах 323,1 тыс. р. Себестоимость 1 т продукции у сорта Мулатка варьировала по вариантам обработки от 6,9 до 8,9 тыс. р. при товарной урожайности от 36,5 до 47,3 т/га. У сорта Хуторянка от 8,1 до 10,6 тыс. р. при товарной урожайности от 30,5 до 39,9 т/га. Таким образом, анализируя результаты экономической эффективности столовой свеклы, можно сделать вывод, что применение листовых обработок ростостимулирующими препаратами по фазам вегетации, согласно нормам от товаропроизводителя, привело к увеличению урожайности, а также чистого дохода на 1 га и соответственно рентабельности производства (таблица 2).

Таблица 1 – Элементы структуры урожая свеклы столовой, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2019-2020 гг.

Table 1 – Elements of the structure of the canteen beet crop, FGBNU "PAFSC RAS", 2019-2020

Сорт, гибрид / Variety, hybrid	Вариант / Option	Количество растений (перед уборкой), шт./м ² / (Number of plants (before cleaning), pcs/m ²)	Диаметр корня/лоды / Root crop diameter	По фракциям / By fractions								общее с 1 м ² / total with 1 m ²			
				мелкая / shallow		средняя / average		крупная / large							
				шт./м ² / pcs/m ²	масса, кг / weight, kg	%	шт./м ² / pcs/m ²	масса, кг / weight, kg	%	шт./м ² / pcs/m ²	масса, кг / weight, kg	%			
				шт./м ² / pcs/m ²	масса, кг / weight, kg	%	шт./м ² / pcs/m ²	масса, кг / weight, kg	%	шт./м ² / pcs/m ²	масса, кг / weight, kg	%			
Мулатка / Mulatto	Контроль / Control	22	7,1	11	1,0	33	6	1,6	29	5	3,1	38	22	5,7	100
	Аминовит / Aminovit	44	8,4	24	1,8	33	16	5,0	45	4	2,8	22	44	9,6	100
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	30	8,0	17	1,6	43	8	2,4	39	5	2,4	18	30	6,4	100
	Новосил / Novosil	26	7,5	13	1,1	30	9	2,6	39	4	3,1	31	26	6,8	100
Хуторянка / Khutorianka	Контроль / Control	20	6,8	10	1,0	32	6	1,5	40	4	1,6	28	20	4,1	100
	Аминовит / Aminovit	37	7,6	24	1,9	46	9	2,3	32	4	3,0	22	37	7,2	100
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	28	7,2	12	1,0	27	10	2,3	43	6	3,6	30	28	6,9	100
	Новосил / Novosil	26	7,0	12	1,0	29	10	2,3	46	4	2,2	25	26	5,5	100
Бона F ₁ / Bona F ₁	Контроль / Control	31	7,6	12	2,0	21	15	2,9	51	4	1,8	28	31	6,7	100
	Аминовит / Aminovit	52	8,5	28	2,4	37	18	3,6	38	6	3,5	25	52	9,5	100
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	45	7,8	22	1,8	32	16	3,2	39	7	3,4	29	45	8,4	100
	Новосил / Novosil	38	7,9	21	1,5	36	11	2,9	36	6	3,6	28	38	8,0	100
Эфиопка / Ethiopian	Контроль / Control	47	8,3	18	0,9	27	23	4,5	48	6	3,9	25	47	9,3	100
	Аминовит / Aminovit	67	9,8	26	1,9	28	31	5,7	45	10	5,2	27	67	12,8	100
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	55	9,0	20	1,8	25	25	5,1	47	10	4,4	28	55	11,3	100
	Новосил / Novosil	50	8,7	20	1,8	30	22	5,6	43	8	3,8	27	50	11,2	100

Таблица 2 – Экономическая эффективность столовой свеклы, 2019-2020 гг.

Table 2 – Economic efficiency of table beet, 2019-2020

Сорт, гибрид / Variety, hybrid	Вариант / Option	Урожайность, т/га / Yield, t / ha	Общие затраты, тыс. р. / Total costs, thousand rubles.	Себестоимость, тыс. р./т / Cost price, thousand rubles / t	Стоимость реализованной продукции, тыс. р. / Cost of products sold, thousand rubles.	Чистый доход, тыс. р./га / Net income, thousand rubles / ha	Рентабельность, % / Profitability, %	Экономическая эффективность, р./на р. вложенных затрат / Economic efficiency, p. / per p. of invested costs
Мулатка / Mulatto	Контроль / Control	30,1	322,7	10,7	301,0	-21,7	-6,7	0,9
	Аминовит / Aminovit	47,3	324,1	6,9	473,0	148,9	45,9	1,5
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	36,5	323,3	8,9	365,0	41,7	12,9	1,1
	Новосил / Novosil	39,5	323,1	8,2	395,0	71,9	22,3	1,2
Хуторянка / Khutoryanka	Контроль / Control	33,3	322,7	9,7	333,0	10,3	3,2	1,0
	Аминовит / Aminovit	39,9	324,1	8,1	399,0	74,9	23,1	1,2
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	36,9	323,3	8,8	369,0	45,7	14,1	1,1
	Новосил / Novosil	30,5	323,1	10,6	305,0	-18,1	-5,6	0,9
Бона F ₁ / Bona F ₁	Контроль / Control	44,9	322,7	7,2	449,0	126,3	39,1	1,4
	Аминовит / Aminovit	52,4	324,1	6,2	524,0	199,9	61,7	1,6
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	46,7	323,3	6,9	467,0	143,7	44,4	1,4
	Новосил / Novosil	49,2	323,1	6,6	492,0	168,9	52,3	1,5
Эфиопка / Ethiopian	Контроль / Control	51	322,7	6,3	510,0	187,3	58,0	1,6
	Аминовит / Aminovit	61,3	324,1	5,3	613,0	288,9	89,1	1,9
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	53,8	323,3	6,0	538,0	214,7	66,4	1,7
	Новосил / Novosil	52,7	323,1	6,1	527,0	203,9	63,1	1,6

Выводы:

1. В результате проведенных полевых исследований получены результаты по элементам структуры урожая. По итогам был выделен сорт Эфиопка на варианте с листовой обработкой комплексным минеральным удобрением Аминовит, который оказался с максимальным количеством растений перед уборкой 67 шт./м².

2. Был выделен самый рентабельный сорт Эфиопка на варианте с обработкой по листу комплексным минеральным удобрением Аминовит. При общих затратах на производство 324,1 тыс. р. чистый доход на 1 га составил 288,9 тыс. р. при товарной урожайности 61,3 т/га. Уровень рентабельности производства при таких значениях был равен 89,1 %.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д. Капельное орошение овощных культур в условиях Волго-Донского междуречья // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4(52). С. 36-42.
2. Ахмедов А. Д., Джамалетдинова Е. Э., Засимов А. Е. Продуктивность овощных культур при капельном поливе в условиях Волго-Донского междуречья // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 161-167.
3. Логинов С. В., Петриченко В. Н., Туркина О. С. Некорневое применение комплексов металлов и препарата Энергия-М на овощных культурах в севообороте // Агрохимический вестник. 2015. № 2. С. 41-44.
4. Соловьева О. А., Лихоманова М. А. Энергетическая оценка режимов орошения при возделывании овощных культур в условиях Волгоградской области // Известия Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3. С. 172-178.
5. Сорта свёклы столовой селекции ВНИИССОК / М. И. Фёдорова, С. А. Ветрова, В. А. Заячковский, В. А. Степанов // Овощи России. 2016. № 2. С. 56-59.
6. Сюбаева А. О., Титова В. И. Эффективность биологического удобрения Азобактерин-АФ на столовой свекле // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 1. С. 36-38.
7. Чекмарев П. А., Мамедов М. И. Современное состояние производства овощей в Российской Федерации // Овощи России. 2015. № 1. С. 3-7.
8. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Zasimov A. E. Watersaving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volgodon interflaves // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018. Vol. 13. No. 3. P. 185-193.
9. Assessment of different genotypes of table beet for productivity and storability / B. M. Amirov, Z. S. Amirova, U. A. Manabaeva, K. R. Zhasybaeva // Vegetable crops of Russia. 2017. № 4 (37). P. 23-27.
10. Factor Th., Purquerio L. F. Yield and quality of table beet in function of plant establishment method and production system. Acta Horticulturae. 2019. P. 37-42.
11. Gaharwar A., Ughade J. Effect of plant spacing on marketable yield of table beet (*Beta vulgaris* L.) // International research journal of agricultural economics and statistics. 2017. V. 8. P. 51-55.
12. Ovchinnikov A. S., Hodyakov E. A., Milovanov S. G. Local irrigation methods for vegetable production in south of Russia // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018 Vol. 13. No 3. P. 232-240.

Conclusions:

1. As a result of the conducted field studies, the results on the elements of the crop structure were obtained. As a result, the variety Ethiopian was selected, on the variant with leaf treatment with complex mineral fertilizer Aminovit, which turned out to have the maximum number of plants before harvesting 67 pcs./m².

2. The most cost-effective variety Ethiopian was selected on the variant with leaf treatment with complex mineral fertilizer Aminovit. With total production costs of 324.1 thousand rubles. net income per 1 ha was 288.9 thousand rubles. with a commercial yield of 61.3 t / ha. The level of profitability of production at such values was equal to 89.1 %.

References

1. Ahmedov A. D. Kapel'noe oroshenie ovoschnyh kul'tur v usloviyah Volgo-Donskogo mezhdurech'ya // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 4(52). P. 36-42.
2. Ahmedov A. D., Dzhamaletdinova E. Je., Zasimov A. E. Produktivnost' ovoschnyh kul'tur pri kapel'nom polive v usloviyah Volgo-Donskogo mezhdurech'ya // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1 (49). P. 161-167.
3. Loginov S. V., Petrichenko V. N., Turkina O. S. Nekornevoe primeneniye kompleksnatov metallov i preparata Jenergiya-M na ovoschnyh kul'turakh v sevooborote // Agrohimiicheskiy vestnik. 2015. № 2. P. 41-44.
4. Solov'eva O. A., Lihomanova M. A. Jenergeticheskaya ocenka rezhimov orosheniya pri vozde-lyvanii ovoschnyh kul'tur v usloviyah Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3. P. 172-178.
5. Sorta svjokly stolovoj selekcii VNISSOK / M. I. Fjodorova, S. A. Vetrova, V. A. Zayachkovskij, V. A. Stepanov // Ovoschi Rossii. 2016. № 2. P. 56-59.
6. Syubaeva A. O., Titova V. I. Jefferektivnost' biologicheskogo udobreniya Azofobakterin-AF na stolovoj svekle // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2015. T. 29. № 1. P. 36-38.
7. Chekmarev P. A., Mamedov M. I. Sovremennoe sostoyaniye proizvodstva ovoschej v Ros-sijskoj Federacii // Ovoschi Rossii. 2015. № 1. P. 3-7.
8. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Zasimov A. E. Watersaving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volgodon interflaves // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018. Vol. 13. No. 3. P. 185-193.
9. Assessment of different genotypes of table beet for productivity and storability / B. M. Amirov, Z. S. Amirova, U. A. Manabaeva, K. R. Zhasybaeva // Vegetable crops of Russia. 2017. № 4 (37). P. 23-27.
10. Factor Th., Purquerio L. F. Yield and quality of table beet in function of plant establish-ment method and production system. Acta Horticulturae. 2019. P. 37-42.
11. Gaharwar A., Ughade J. Effect of plant spacing on marketable yield of table beet (Beta vulgaris L.) // International research journal of agricultural economics and statistics. 2017. V. 8. P. 51-55.
12. Ovchinnikov A. S., Hodyakov E. A., Milovanov S. G. Local irrigation methods for vege-table production in south of Russia // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018 Vol. 13. No 3. P. 232-240.

Authors Information

Bondarenko Anastasia Nikolaevna, K. N., Head of the Laboratory of Agricultural Technologies of Vege-table Crops. FSBNU PAFNTS RAS 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. North 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru. (ORSID ID № 0000-0003-4816-5667)

Kostyrenko Oksana Vladimirovna, m.n.s. Laboratories of agricultural technologies of vegetable crops. FSBNU PAFNTS RAS 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. North 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORSID ID № 0000-0002-9650-9674)

Информация об авторах

Бондаренко Анастасия Николаевна, к.г.н., зав. лабораторией агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251. Астраханская область, Черныярский район, кв.-л Северный 8). E-mail. pniiiaz@mail.ru. (ORSID ID № 0000-0003-4816-5667)

Костыренко Оксана Владимировна, м.н.с. лаборатории агротехнологий овощных культур. ФГБ-НУ «ПАФНЦ РАН» (416251. Астраханская область, Черныярский район, кв.-л Северный 8). E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORSID ID № 0000-0002-9650-9674)

AGROECONOMIC ASSESSMENT OF THE PRODUCTIVITY OF WINTER WHEAT VARIETIES IN THE SOUTHERN CHERNOZEMS OF THE VOLGOGRAD REGION

A. V. Zelenev¹, E. P. Sukhareva², A. V. Belikina²

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 16.04.2021

Submitted 11.08.2021

Summary

The article presents an agro-economic assessment of the productivity of various zoned varieties of winter wheat in the arid conditions of the steppe zone of chernozem soils of the Volgograd region. The influence of individual elements of the crop structure on the biological yield of winter wheat varieties, their effect on the technological quality of grain, economic productivity and economic indicators of cultivation of this crop is established.

Abstract

Introduction. The most important grain food crop in Russia is winter wheat. In creating a crop of grain of this crop of good quality, a huge role belongs to the varieties that should be distinguished by high drought resistance and plasticity. But with a low level of cultivation technology and arid weather conditions, the productivity of winter wheat varieties decreases. This encourages breeders to create new varieties of winter wheat that are resistant to the critically arid weather conditions of the Volgograd region.

Object. The object of research was winter wheat plants of various varieties. **Materials and methods.** One-factor field experience, in which zoned varieties of winter wheat were studied, was laid in 2018-2020 in Limited Liability Company «Niva» of the Elansky district of the Volgograd region. Southern chernozem was the soil of the experimental site. Humus in the 0-0.3 m layer contained 4.32-4.69%. The content of easily hydrolyzable nitrogen and mobile phosphorus in the same layer is average, 43-47 and 27-29 mg/kg, respectively, and the content of exchangeable potassium is increased – 324-376 mg/kg of absolutely dry soil. The annual precipitation in the 2017-2018 agricultural year is 411.9 mm, in 2018-2019 – 408.5 mm and in 2019-2020-304.6 mm. During the growing season of winter wheat varieties in 2018, the amount of precipitation was 129.7 mm, in 2019 – 155.9 mm and in 2020 – 147.2 mm. Five zoned varieties of winter soft wheat were studied: Gubernator Dona (St), Kamyshanka 4, Kamyshanka 5, Kamyshanka 6 and Elanskaya. The repetition in the experiment is threefold, the systematic order of the arrangement of options. The area of the accounting plot is 147.2 m², the experimental plot is 210 m². For the steppe zone of chernozem soils of the Volgograd region, the generally accepted agricultural techniques for growing winter wheat varieties were used. According to the methodology of B. A. Dospekhov and the state variety testing, all parallel observations and records were carried out, and a field experiment was laid. **Results and Conclusions.** The largest number of productive stems and the highest productive bushiness were provided in the varieties Elanskaya and Kamyshanka 6, respectively, 435, 479 pcs./m² and 1.47; 1.59. The largest number of grains in the ear was formed in the varieties Gubernator Dona (St) and Kamyshanka 4 – 30 pcs. This indicator was slightly lower in the Kamyshanka variety 5 – 29 pcs. and the smallest number of grains in the ear was formed by the varieties Elanskaya and Kamyshanka 6 – 28 pcs. The Elanskaya variety provided the largest mass of 1000 seeds – 41.3 g. The remaining varieties were inferior to the control in this indicator: Kamyshanka 4 by 3.3 %, Kamyshanka 5 – 7.8 % and Kamyshanka 6 – 4.5 %. The highest biological yield was provided in the varieties Elanskaya, Gubernator Dona (St) and Kamyshanka 6, respectively, 5.03, 5.09 and 5.10 t/ha. The highest technological qualities of grain products were observed in winter wheat Elanskaya and Kamyshanka 6: protein content, 13.6 and 14.3 %, respectively; gluten content, 29.6 and 28.7 %, respectively; vitreous content – 85 % and nature – 760 g/l. Moreover, the grain of these varieties corresponded to the second class in terms of technological qualities. Three-year data show that the economic yield of the Elanskaya and Kamyshanka 6 varieties

was on the same level as the standard Gubernator Dona variety, respectively – 4.50 and 4.56 t/ha, where it was 4.54 t/ha. The varieties Kamyshanka 4 and Kamyshanka 5 were significantly inferior to the standard, by 0.62 and 0.65 t/ha, respectively, or 13.7 and 14.3 %. The greatest expenditure of funds per 1 ha was provided in the variants where a large yield of winter wheat varieties was obtained, the harvesting of which required additional material resources. The selling price of 1 ton of winter wheat grain was higher in those variants where higher-class products were obtained. So, 1 ton of grain of the second-class varieties Elanskaya and Kamyshanka 6 cost 15527 rub., and the third-class varieties Gubernator Dona (St), Kamyshanka 4 and Kamyshanka 5 – 14200 rub. The lowest cost of 1 ton of winter wheat grain was at Kamyshanka 6 – 5008 rub. Also, the low cost of 1 ton of grown products was provided by the standard Gubernator Dona – 5028 rub. and Elanskaya – 5068 rub. The highest cost of 1 ton of grain was observed in Kamyshanki 4 and Kamyshanki 5, which received a lower yield, despite the low cost of funds per 1 ha, respectively, 5752 and 5793 rub. The highest level of profitability was obtained in the winter wheat varieties Elanskaya and Kamyshanka 6, respectively, 206 and 210 %. The lowest level of profitability was provided for the varieties Kamyshanka 4 and Kamyshanka 5, respectively, 147 and 145 %.

Key words: *winter wheat, variety, crop structure, technological qualities of grain, economic and biological productivity, economic efficiency.*

Citation. Zelenov A. V., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Agroeconomic assessment of the productivity of winter wheat varieties in the southern chernozems of the Volgograd region. *Proc. Of the Lower Volga Agro University Comp.* 2021. 3(63). 77-88 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-07.

Author's contribution. All the authors were directly involved in planning, conducting and analyzing the research, in addition, they reviewed and approved the final version of the article.

Conflict of interest. The authors do not declare a conflict of interest.

УДК 633.11:631.445.4(470.45)

АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ НА ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. Зеленев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Е. П. Сухарева², кандидат сельскохозяйственных наук, старший
научный сотрудник

А. В. Беликина², 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 16.04.2021

Дата принятия к печати 11.08.2021

Актуальность. Важнейшей зерновой продовольственной культурой в России является озимая пшеница. В создании урожая зерна этой культуры хорошего качества огромная роль принадлежит сортам, которые должны отличаться высокой засухоустойчивостью и пластичностью. Но при низком уровне технологии возделывания и засушливых метеорологических условиях продуктивность сортов озимой пшеницы снижается. Это побуждает селекционеров к созданию новых сортов озимой пшеницы, отличающихся устойчивостью к критически засушливым погодным условиям Волгоградской области. **Объект.** Объектом исследований являлись растения озимой пшеницы различных сортов. **Материалы и методы.** Однофакторный полевой опыт, в котором изучали районированные сорта озимой пшеницы, заложен в 2018-2020 годах в ООО «Нива» Еланского района Волгоградской области. Южный чернозем являлся почвой опытного участка. Гумуса в слое 0-0,3 м содержалось 4,32-4,69 %. Содержание в этом же слое легкогидролизующего азота и подвижного фосфора среднее, соответственно 43-47 и 27-29 мг/кг, обменного калия повышенное – 324-376 мг/кг абсолютно-сухой почвы. Годовая сумма осадков в 2017-2018 сельскохозяйственном году – 411,9 мм, в 2018-2019 году – 408,5 мм и в 2019-2020 году – 304,6 мм. За время вегетации сортов озимой пшеницы в 2018 году сумма выпавших

осадков составила 129,7 мм, в 2019 году – 155,9 мм и в 2020 году – 147,2 мм. Изучали пять районированных сортов озимой мягкой пшеницы: Губернатор Дона (St), Камышанка 4, Камышанка 5, Камышанка 6 и Еланская. Повторение в опыте трехкратное, систематический порядок расположения вариантов. Площадь учетной делянки 147,2 м², опытной – 210 м². Для степной зоны черноземных почв Волгоградской области применялась общепринятая агротехника выращивания сортов пшеницы озимой. Согласно методике Б. А. Доспехова и Государственного сортоиспытания, выполняли все параллельные наблюдения и учеты, закладывали полевой эксперимент. **Результаты и выводы.** Наибольшее количество продуктивных стеблей и самая высокая продуктивная кустистость обеспечивались у сортов Еланская и Камышанка 6, соответственно 435, 479 шт./м² и 1,47; 1,59. Наибольшее количество зерен в колосе формировалось у сортов Губернатор Дона (St) и Камышанка 4 – 30 шт. Несколько ниже этот показатель составлял у сорта Камышанка 5 – 29 шт. и наименьшее число зерен в колосе формировали сорта Еланская и Камышанка 6 – 28 шт. У сорта Еланская обеспечивалась наиболее большая масса 1000 семян – 41,3 г. Остальные сорта по этому показателю уступали контролю: Камышанка 4 на 3,3 %, Камышанка 5 – 7,8 % и Камышанка 6 – 4,5 %. Наибольшая биологическая урожайность обеспечивалась у сортов Еланская, Губернатор Дона (St) и Камышанка 6, соответственно 5,03; 5,09 и 5,10 т/га. Самые высокие технологические качества зерновой продукции отмечались у пшеницы озимой Еланская и Камышанка 6: содержание белка, соответственно 13,6 и 14,3 %; количество клейковины, соответственно 29,6 и 28,7 %; стекловидность – 85 % и натура – 760 г/л, причем зерно у данных сортов по технологическим качествам соответствовало второму классу. Трехлетние данные показывают, что хозяйственная урожайность сортов Еланская и Камышанка 6 находилась на одном уровне с сортом стандартом Губернатор Дона, соответственно – 4,50 и 4,56 т/га, у которого она составляла 4,54 т/га. Существенно уступали стандарту сорта Камышанка 4 и Камышанка 5, соответственно на 0,62 и 0,65 т/га или 13,7 и 14,3 %. Наибольшие затраты средств на 1 га обеспечивались в вариантах, где была получена большая урожайность сортов озимой пшеницы, на уборку которых потребовались дополнительные материальные ресурсы. Цена реализации 1 т зерна озимой пшеницы была выше в тех вариантах, где получали продукцию более высокого класса. Так, 1 т зерна сортов второго класса Еланская и Камышанка 6 стоила 15 527 руб., а сортов третьего класса Губернатор Дона (St), Камышанка 4 и Камышанка 5 – 14 200 руб. Самая низкая себестоимость 1 т зерна озимой пшеницы была у Камышанки 6 – 5008 руб. Также низкая себестоимость 1 т выращенной продукции обеспечивалась у стандарта Губернатор Дона – 5028 руб. и Еланская – 5068 руб. Самая высокая себестоимость 1 т зерна отмечалась у Камышанки 4 и Камышанки 5, у которых получена более низкая урожайность, несмотря на низкие затраты средств на 1 га, соответственно 5752 и 5793 руб. Наибольший уровень рентабельности получен у сортов озимой пшеницы Еланская и Камышанка 6, соответственно 206 и 210 %. Наименьший уровень рентабельности обеспечивался у сортов Камышанка 4 и Камышанка 5, соответственно 147 и 145 %.

Ключевые слова: сорта озимой пшеницы, структура урожая озимой пшеницы, технологические качества зерна пшеницы, биологическая урожайность пшеницы, экономическая эффективность возделывания пшеницы.

Цитирование. Зеленев А. В., Сухарева Е. П., Беликина А. В. Агроэкономическая оценка продуктивности сортов пшеницы озимой на южных черноземах Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 77-88. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-07.

Авторский вклад. В планировании, проведении и анализе исследований все авторы принимали непосредственное участие, кроме этого, они ознакомились и утвердили окончательный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы не заявляют о конфликте интересов.

Введение. Благодаря селекционной работе, проводимой в нашей стране, важнейшей зерновой продовольственной культурой стала озимая пшеница. Около 240 млн га составляет общемировая площадь посевов этой культуры и 560 млн т сово-

купные зерновые сборы. В РФ пшеница озимая занимает около 18 823 тыс. га посевных площадей, что составляет более 27 % от ее общемировой площади. В мире на долю России приходится 10 % получаемого зерна данной культуры. По оценке USDA, в конце 2020 года мировыми лидерами после США являются Россия, с производством зерна озимой пшеницы на уровне 84 млн т, а также Канада – 35,2 млн т и Австралия – 30,0 млн т [8, 13, 16, 17].

Площадь посевов озимой мягкой пшеницы в Волгоградской области за последнее время составляет 1,2-1,5 млн т, что свидетельствует об одном из крупнейших производств зерна этой культуры в РФ. На южных черноземах Волгоградской области, где были проведены исследования, пшеница озимая в основном размещается в севооборотах по черным парам на площади 0,5-0,6 млн га, в результате доля посева данной культуры в целом от посевов зерновых культур составляет более 65 % [2].

Общепризнана информация о том, что в создании урожая зерна озимой пшеницы хорошего качества огромная роль принадлежит сортам, которые должны отличаться высокой засухоустойчивостью и пластичностью. Но урожайность районированных сортов пшеницы озимой может во много раз уменьшаться в связи с засушливыми погодными условиями региона и плохими показателями агротехники выращивания данной культуры. В результате противоположной корреляции между технологическими качествами зерна и величиной урожая оказалось совсем непросто получить высококачественную продукцию пшеницы озимой. Помимо этого, все районированные сорта при одинаковом уровне технологии возделывания имеют приблизительно одну урожайность и не слишком отличаются по качеству зерна. В результате все это побудило селекционеров к созданию совершенно новых сортов озимой пшеницы, отличающихся особой устойчивостью к критически засушливым погодным условиям нашего региона, стабильно создающих высококачественное зерно [7, 9, 14].

Пороговые значения зерна отечественного производства в нашей стране должны составлять 95 %, что прямо указано в Доктрине продовольственной безопасности за 2020 год. Также в ней подчеркнуто, что ради продовольственной безопасности Россия должна быть обеспечена семенами зерновых культур отечественной селекции не ниже 75 %. Семена озимой пшеницы различных центров селекции высеваются на территории Волгоградской области, в том числе и местной селекции, которые получены в ФНИЦ агроэкологии РАН. Самую большую посевную площадь из них в регионе, по аналитическим данным Россельхозцентра, в 2020 году составляли сорта Камышанка 4 – 72 247, Камышанка 5 – 15 034 и Камышанка 6 – 27 010 га, помимо этого, вместе с имеющимися сортами на испытание посеяли новый сорт озимой пшеницы – Еланская. Сорт озимой мягкой пшеницы Ростовской селекции Губернатор Дона в Волгоградской области в 2020 году занимал 68257 га от общей посевной площади [4].

Цель исследований заключалась в агроэкономической оценке продуктивности пяти районированных сортов озимой пшеницы в засушливых условиях черноземно-степной зоны Волгоградской области.

Материалы и методы. Однофакторный полевой эксперимент, в котором изучали районированные сорта пшеницы озимой, был заложен в 2018-2020 годах в ООО «Нива» Еланского района Волгоградской области. Южный чернозем являлся почвой опытного участка. Гумуса в слое 0-0,3 м содержалось 4,32-4,69 %. Содержание в этом же слое легкогидролизуемого азота по Тюрину и Кононовой и подвижного фосфора по Мачигину среднее, соответственно 43-47 и 27-29 мг/кг, обменного калия по Мачигину повышенное – 324-376 мг/кг абсолютно-сухой почвы. В пахотном слое плотность сложения почвы соответствовала значению 1,15-1,23 т/м³,

емкость поглощения была высокой и равнялась 37,85-38,29 мг • экв./100 г почвы. По содержанию натрия в почвенно-поглощающем комплексе почва была не солонцеватой – всего 0,7 % от емкости поглощения. Значение pH=7,3, что говорит о нейтральной реакции почвенного раствора.

Годовая сумма осадков в 2017-2018 сельскохозяйственном году составляла 411,9 мм, в 2018-2019 году – 408,5 мм и в 2019-2020 году – 304,6 мм. В течение весенне-летнего периода вегетации озимой пшеницы в 2018 году осадков выпало 129,7 мм, в 2019 году – 155,9 мм и в 2020 году – 147,2 мм.

Для поиска ответов на предложенные научными исследованиями задачи был заложен опыт с пятью сортами озимой мягкой пшеницы: Губернатор Дона (St), Камышанка 4, Камышанка 5, Камышанка 6 и Еланская. Повторение в опыте было трехкратным, порядок размещения вариантов – систематическим. Площадь учетной деланки 147,2 м², опытной – 210 м².

Для степной зоны черноземных почв Волгоградской области применялась общепринятая агротехника выращивания сортов пшеницы озимой. Черный пар являлся единственным предшественником, по которому в двухпольном севообороте размещали сорта пшеницы озимой. Посев проводили только семенами элитных репродукций, в первой декаде сентября, что являлось оптимальным сроком для данной зоны, сеялкой стерневой СЗС-2,1, нормой высева семян равной 4,0 млн всхожих семян на 1 га и на глубину 6-8 см. Перед посевом семена пшеницы озимой протравливали препаратом Синклер в дозе 1,6 г/л и расходом рабочего раствора 10 л/т. Из удобрений применяли рядковое Аммофос дозой 60 кг/га при посеве пшеницы озимой, подкормку ранней весной по таломерзлой почве селитрой аммиачной в дозе 150 кг/га поверхностно, а также при физической спелости почвы в дозе 100 кг/га прикорневым способом. Некорневую подкормку сортов пшеницы озимой производили в фазу колошения – начала формирования зерна мочевиной в дозе 45 кг/га.

Согласно методике Б. А. Доспехова и Государственного сортоиспытания, выполняли все параллельные наблюдения и учеты, закладывали полевой эксперимент. По Государственным стандартам группы С-19 определяли технологические качества зерна у сортов пшеницы озимой. Методом отбора снопов с каждого варианта по 50 растений устанавливали элементы структуры биологической урожайности. Хозяйственную урожайность определяли методом сплошного скашивания и обмолота поделочно в фазе полной спелости зерна прямым комбайнированием. Экономическая оценка выращиваемых сортов давалась исходя из проводимых расчетов по нормативам и технологическим картам ООО «Нива».

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что с целью научного обоснования изучаемых районированных сортов озимой пшеницы следует подробно изучать элементы структуры урожая [6, 11]. В подзоне южных черноземов в связи с меняющимися метеорологическими условиями компенсационная нагрузка на растения распределяется равномерно по всем элементам продуктивности (таблица 1).

Результаты исследований в таблице 1 показали, что по элементам структуры биологической урожайности выделились сорта озимой пшеницы: Губернатор Дона (St), Еланская и Камышанка 6. У сортов Еланская и Камышанка 6 отмечалось наиболее высокое количество продуктивных стеблей, соответственно 435 и 479 шт./м², что выше, чем у сорта стандарта Губернатор Дона на 9,0 и 53,0 шт./м², или 2,1 и 12,4 %. У сортов Камышанка 4 и Камышанка 5 количество продуктивных стеблей было ниже контроля, соответственно на 34,0 и 37,5 %.

Таблица 1 – Структура биологической урожайности сортов озимой пшеницы селекции
ФНИЦ агроэкологии РАН (среднее за 2018-2020 гг.)

Table 1 – Structure of the biological yield of winter wheat varieties selected by the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (average for 2018-2020)

Сорт / Variety	Элементы структуры урожая / Crop structure elements				Биологическая урожайность, т/га / Biological yield, t/ha
	Количество продуктивных стеблей, шт./м ² / Number of productive stems, pcs./m ²	Продуктивная кустистость / Productive bushiness	Количество зерен в колосе, шт. / Number of grains per ear, pcs.	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	
Губернатор Дона (St) / Gubernator Dona (St)	426	1,43	30	39,8	5,09
Еланская / Elan-skaaya	435	1,47	28	41,3	5,03
Камышанка 4 / Kamyshanka 4	381	1,35	30	38,5	4,40
Камышанка 5 / Kamyshanka 5	410	1,41	29	36,7	4,36
Камышанка 6 / Kamyshanka 6	479	1,59	28	38,0	5,10
НСП ₀₅ , т/га / SSD ₀₅ , t/ha	-	-	-	-	0,12

Самая высокая продуктивная кустистость обеспечивалась у озимой пшеницы Еланская и Камышанка 6, соответственно 1,47 и 1,59. Самая низкая – у Камышанки 4 и Камышанки 5, соответственно 1,35 и 1,41.

Наибольшее количество зерен в колосе обеспечивалось у сортов Губернатор Дона (St) и Камышанка 4 – 30 шт. Несколько ниже этот показатель составлял у сорта Камышанка 5 – 29 шт. и наименьшее число зерен в колосе формировали сорта Еланская и Камышанка 6 – 28 шт.

Масса 1000 семян наиболее высокая обеспечивалась у сорта Еланская – 41,3 г, что выше, чем у стандарта Губернатор Дона, на 1,5 г, или 3,8 %. Остальные сорта по этому показателю уступали контролю: Камышанка 4 на 3,3 %, Камышанка 5 – 7,8 % и Камышанка 6 – 4,5 %.

Величина биологической урожайности сортов пшеницы озимой доказывается значениями элементов структуры урожая, где она самая высокая у сортов Еланская, Губернатор Дона (St) и Камышанка 6, соответственно 5,03; 5,09 и 5,10 т/га. Самая низкая биологическая урожайность озимой пшеницы обеспечивалась у сортов Камышанка 4 и Камышанка 5, соответственно 4,40 и 4,36 т/га, что ниже, чем у сорта стандарта Губернатор Дона, на 13,5 и 14,3 %.

Ранее проведенными опытами было установлено, что в РФ недостаток выращиваемых сортов пшеницы озимой с высокими технологическими качествами зерна составляет около 70 %. В связи с этим задача улучшения качества зерна этой культуры имеет общегосударственное значение и должна решаться с помощью селекционной, агротехнической и организационно-хозяйственной работы [3, 5]. Для того чтобы реализовать сортам свои потенциальные возможности по качеству зерна, с разными генетически детерминированными показателями, нужно своевременно и на хорошем уровне выполнять все агротехнические приемы возделывания озимой пшеницы (таблица 2).

Таблица 2 – Технологические качества зерна озимой пшеницы в зависимости от различных сортов (среднее за 2018-2020 гг.)

Table 2 – Technological qualities of winter wheat grain depending on different varieties (average for 2018-2020)

Сорт / Variety	Белок, % / Protein, %	Клейковина, % / Gluten free, %	Стекловидность, % / Vitreous, %	Натура, г/л / Nature, g/l	Класс / Class
Губернатор Дона (St) / Gubernator Dona (St)	12,3	23,4	77	750	3
Еланская / Elanskaya	13,6	29,6	85	760	2
Камышанка 4 / Kamyshanka 4	12,4	23,1	79	745	3
Камышанка 5 / Kamyshanka 5	13,0	24,8	82	753	3
Камышанка 6 / Kamyshanka 6	14,3	28,7	85	760	2

Результаты проведенных исследований, представленные в таблице 2, показывают, что содержание белка в зерне пшеницы озимой в среднем формировалось наиболее высокое у сортов Еланская и Камышанка 6, соответственно 13,6 и 14,3 %, что выше, чем у сорта стандарта, соответственно на 1,3 и 2,0 %. Зерно у данных сортов по этому показателю соответствовало второму классу. Третьему классу соответствовало зерно у сортов Камышанка 4, Камышанка 5 и стандарта Губернатор Дона.

Количество клейковины в зерне пшеницы озимой является одним из важных показателей, характеризующих качество ее продукции. Самое высокое среднее значение клейковины обеспечивалось в зерне сорта Еланская – 29,6 %. Также Камышанка 6 по этому показателю имела значение, соответствующее второму классу, – 28,7 %. Превышал стандарт по количеству клейковины в зерне сорт Камышанка 5 на 1,4 %, но оно соответствовало уже третьему классу. На 0,3 % уступал контролю сорт Камышанка 4.

Наиболее высокая стекловидность зерна, соответствующая второму классу, обеспечивалась у сортов Еланская и Камышанка 6 – 85 %, что было больше, чем у стандарта Губернатор Дона, на 8 %. Также по этому показателю превышали стандарт сорта пшеницы озимой Камышанка 4 и Камышанка 5, соответственно на 2 и 5 %, но их зерно по стекловидности соответствовало третьему классу.

Самым выполненным было зерно у сортов Еланская и Камышанка 6 – 760 г/л, что выше стандарта Губернатор Дона, у которого этот показатель равнялся 750 г/л, на 10 г/л или 1,3 %. Натура зерна у этих сортов соответствовала второму классу. Сорт Камышанка 5 незначительно превышал контроль, всего на 3 г/л, и только Камышанка 4 уступала по этому показателю стандарту на 5 г/л. Следует отметить, что натура зерна у Камышанки 4, Камышанки 5 и стандарта Губернатор Дона соответствовала третьему классу.

Урожайность районированных сортов пшеницы озимой в связи с различными погодными условиями существенно колебалась по годам [1, 10, 12]. В наиболее подходящие для возделывания пшеницы озимой годы сорта формировали большую урожайность, в засушливые – более низкую (таблица 3).

Результаты данных таблицы 3 показывают, что возделываемые районированные сорта и погодные условия в годы проведения исследований оказывали существенное воздействие на урожайность пшеницы озимой. Так, в 2018 году урожайность пшеницы озимой всех сортов была наиболее низкой и варьировала от 2,97 т/га у сорта Камышанка 5 до 3,34 т/га у Камышанки 6.

Таблица 3 – Хозяйственная урожайность сортов озимой пшеницы, т/га

Table 3 – Economic productivity of winter wheat varieties, t/ha

Сорт / Variety	Урожайность / Yield			
	2018 г. / 2018	2019 г. / 2019	2020 г. / 2020	Средняя / Average
Губернатор Дона (St) / Gubernator Dona (St)	3,26	4,34	6,02	4,54
Еланская / Elanskaya	3,30	4,29	5,91	4,50
Камышанка 4 / Kamyshanka 4	3,14	3,91	4,71	3,92
Камышанка 5 / Kamyshanka 5	2,97	3,63	5,07	3,89
Камышанка 6 / Kamyshanka 6	3,34	4,38	5,97	4,56
НСР ₀₅ / SSD ₀₅	0,11	0,08	0,10	0,09

Наиболее высокая урожайность пшеницы озимой наблюдалась в 2020 году. Сорта Еланская и Камышанка 6 обеспечивали урожайность на уровне с сортом стандартом Губернатор Дона, соответственно 5,91 и 5,97 т/га. Значительно уступали по урожайности контролю сорта Камышанка 4 и Камышанка 5, соответственно на 1,31 и 0,95 т/га. В 2019 году озимая пшеница формировала среднюю урожайность по сравнению с 2018 и 2020 годами. Самая высокая урожайность обеспечивалась у Еланской – 4,29 т/га, стандарта Губернатор Дона – 4,34 т/га и Камышанки 6 – 4,38 т/га. За три года в среднем на одном уровне с сортом стандартом Губернатор Дона, у которого урожайность составляла 4,54 т/га, формировали урожайность Еланская и Камышанка 6, соответственно 4,50 и 4,56 т/га. Существенно уступали стандарту сорта Камышанка 4 и Камышанка 5, соответственно на 0,62 и 0,65 т/га или 13,7 и 14,3 %.

Многогранный агроэкономический анализ возделываемых районированных сортов озимой пшеницы, обеспечивающих нужную рентабельность и спрос на производимую продукцию в нынешних условиях, отличающихся скромными ресурсами, у многих сельхозтоваропроизводителей вызывает интерес [15]. Результаты экономической оценки изучаемых сортов озимой пшеницы представлены в таблице 4.

Рассматривая результаты расчетов, приведенных в таблице 4, можно заключить, что наибольшие затраты средств на 1 га обеспечивались в вариантах, где была получена большая урожайность сортов озимой пшеницы, на уборку которых потребовались дополнительные материальные ресурсы.

Цена реализации 1 т зерна озимой пшеницы была выше в тех вариантах, где получали продукцию более высокого класса. Так, 1 т зерна сортов второго класса Еланская и Камышанка 6 стоила 15 527 руб., а сортов третьего класса Губернатор Дона (St), Камышанка 4 и Камышанка 5 – 14 200 руб. Отсюда следует, что сорт с более высокой урожайностью выращен в одних и тех же природно-климатических условиях при одинаковой агротехнике, более качественное зерно озимой пшеницы позволяет получать лучшие экономические показатели.

Самая низкая себестоимость 1 т зерна озимой пшеницы была у Камышанки 6 – 5008 руб. Также низкая себестоимость 1 т выращенной продукции обеспечивалась у стандарта Губернатор Дона – 5028 руб. и Еланская – 5068 руб. Самая высокая себестоимость 1 т зерна отмечалась у Камышанки 4 и Камышанки 5, у которых получена более низкая урожайность, несмотря на низкие затраты средств на 1 га, соответственно 5752 и 5793 руб., что выше, чем у стандарта на 14,4 и 15,2 %.

Наиболее высокий уровень рентабельности обеспечивался у пшеницы озимой Еланская и Камышанка 6, соответственно 206 и 210 %, что выше, чем у сорта стандарта Губернатор Дона, у которого этот показатель составлял 182 %, на 24 и 28 %. Наименьший уровень рентабельности обеспечивался у сортов Камышанка 4 и Камышанка 5, соответственно 147 и 145 %, что ниже, чем у стандарта на 35 и 37 %.

Таблица 4 – Экономическая эффективность производства зерна сортов озимой пшеницы в ООО «Нива» Еланского района Волгоградской области, 2020 год

Table 4 – Economic efficiency of winter wheat grain production in LLC «Niva» of the Elansky district of the Volgograd region, 2020

Показатель / Indicator	Сорт / Variety				
	Губернатор Дона (St) / Gubernator Dona (St)	Еланская / Elanskaya	Камышанка 4 / Kamyshanka 4	Камышанка 5 / Kamyshanka 5	Камышанка 6 / Kamyshanka 6
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	4,54	4,50	3,92	3,89	4,56
Затраты средств на 1 га, руб. / The cost of funds per 1 ha, rub.	22826	22808	22548	22535	22835
Цена реализации 1 т, руб. / Sale price of 1 ton, rub.	14200	15527	14200	14200	15527
Стоимость валовой продукции с 1 га, руб. / The cost of gross output from 1 ha, rub.	64468	69871	55664	55238	70803
Себестоимость 1 т, руб. / Cost of 1 ton, rub.	5028	5068	5752	5793	5008
Расчетная прибыль, руб. на: / Estimated profit, rub. on: 1 т / 1 ton 1 га / 1 ha	9172	10459	8448	8407	10519
	4164	47065	33116	32703	47967
Уровень рентабельности, % / Profitability level, %	182	206	147	145	210

Примечание: рассчитано авторами по аналитическим данным ФНЦ агроэкологии РАН, 2020 г. / Note: calculated by the authors based on analytical data of the Federal Tax Service of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2020.

Выводы. В условиях степной зоны черноземных почв подзоны южных черноземов Волгоградской области агроэкономическая оценка продуктивности сортов озимой мягкой пшеницы показала, что наиболее финансово-выгодными районированными сортами озимой пшеницы селекции ФНЦ агроэкологии РАН, обеспечивающими самую высокую урожайность отличного качества на уровне 4,50-4,56 т/га с уровнем рентабельности 206-210 %, являются Еланская и Камышанка 6.

Библиографический список

1. Баршадская С. И., Нещадим Н. Н., Квашин А. А. Урожайность и качество зерна различных сортов озимой пшеницы в зависимости от предшественника, удобрений и других приемов выращивания // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 120. С. 1305-1321.
2. Беляков А. М., Назарова М. В. Анализ погоды в Волгоградской области за длительный период времени и урожай зерновых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 71-79.

3. Зависимость урожайности и качества зерна озимой пшеницы от технологий возделывания на черноземе выщелоченном в условиях Западного Предкавказья / А. С. Скоробогатова [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 132. С. 1424-1441.

4. Зеленев А. В., Сухарева Е. П. Оценка эффективности сортов озимой мягкой пшеницы в условиях сухостепной зоны каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1(61). С. 53-62.

5. Ковтун В. И., Ковтун Л. Н. Технология выращивания высококачественного зерна озимой пшеницы на Юге России // Земледелие. 2013. № 3. С. 1-3.

6. Корреляционный анализ урожайности и элементов продуктивности сортов озимой мягкой пшеницы в засушливых условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья / Г. Я. Маслова [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. № 2-4. С. 680-683.

7. Петров Л. К., Селехов В. В. Результаты изучения сортов озимой пшеницы в условиях Нижегородской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 2 (51). С. 24-28.

8. Рулева О. В., Семинченко Е. В. Роль почвенного плодородия в управлении биопродуктивностью сельскохозяйственных культур // Аграрная наука. 2020. № 2. С. 56-60.

9. Сандухадзе Б. И. Развитие и результаты селекции озимой пшеницы в центре Нечерноземья // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 9. С. 15-18.

10. Тихонов Н. И., Сапунков В. Л. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от микроудобрений и сортов в степной зоне черноземных почв Волгоградской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2015. № 6. С. 28-31.

11. Урожайность и основные элементы продуктивности у сортов озимой пшеницы интенсивного типа селекции ВНИИЗК / О. В. Скрипка [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 9. С. 30-32.

12. Урожайность и качество зерна современных сортов озимой пшеницы на юго-западе Центрального региона России / В. Е. Ториков [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 15-19.

13. Хакимов Р. А., Никифорова С. А., Хакимова Н. В. Формирование урожайности озимой пшеницы по занятому пару в зависимости от уровня минерального питания // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 2. С. 33-40.

14. Чурзин В. Н., Дубовченко Д. О. Фотосинтетическая продуктивность в посевах сортов озимой пшеницы в зависимости от применения агрохимикатов на черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 123-130.

15. Эффективность выращивания различных сортов озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения Краснодарского края / С. И. Баршадская [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 120. С. 1322-1336.

16. Kutilkin V. G., Zudilin S. N. Weediness and yield of winter wheat depending on the basic elements of farming system // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 17.

17. Variability of winter wheat yield in France under average and unfavourable weather conditions / N. Urruty [et al.] // Field Crops Research. 2017. V. 213. P. 29-37.

Conclusions. In the conditions of the steppe zone of chernozem soils of the southern chernozem subzone of the Volgograd region, the agroecologic assessment of the productivity of winter soft wheat varieties showed that the most financially profitable zoned winter wheat varieties selected by the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, providing the highest yield of excellent quality at the level of 4.50-4.56 t/ha with a profitability level of 206-210 %, are Elanskaya and Kamyshanka 6.

References

1. Barshadskaya S. I., Neschadim N. N., Kvashin A. A. Urozhajnost' i kachestvo zerna razlichnyh sortov ozimoy pshenicy v zavisimosti ot predshestvennika, udobrenij i drugih priemov vyraschivaniya // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 120. P. 1305-1321.
2. Belyakov A. M., Nazarova M. V. Analiz pogody v Volgogradskoj oblasti za dlitel'nyj period vremeni i urozhaj zernovyh kul'tur // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 3 (59). P. 71-79.
3. Zavisimost' urozhajnosti i kachestva zerna ozimoy pshenicy ot tehnologij vozdeleyvaniya na chernozeme vyschelochennom v usloviyah Zapadnogo Predkavkaz'ya / A. S. Skorobogatova [i dr.] // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 132. P. 1424-1441.
4. Zelenev A. V., Suhareva E. P. Ocenka jeffektivnosti sortov ozimoy myagkoj pshenicy v usloviyah suhostepnoj zony kashtanovyh pochv Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2021. № 1(61). P. 53-62.
5. Kovtun V. I., Kovtun L. N. Tehnologiya vyraschivaniya vysokokachestvennogo zerna ozimoy pshenicy na Yuge Rossii // Zemledelie. 2013. № 3. P. 1-3.
6. Korrelyacionnyj analiz urozhajnosti i jlementov produktivnosti sortov ozimoy myagkoj pshenicy v zasushlivykh usloviyah lesostepnoj zony Srednego Povolzh'ya / G. Ya. Maslova [i dr.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2018. № 2-4. P. 680-683.
7. Petrov L. K., Selehov V. V. Rezul'taty izucheniya sortov ozimoy pshenicy v usloviyah Nizhegorodskoj oblasti // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2016. № 2 (51). P. 24-28.
8. Ruleva O. V., Semichenko E. V. Rol' pochvennogo plodorodiya v upravlenii bioproduktivnost'yu sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Agrarnaya nauka. 2020. № 2. P. 56-60.
9. Sanduhadze B. I. Razvitie i rezul'taty selekcii ozimoy pshenicy v centre Nechernozem'ya // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2016. № 9. P. 15-18.
10. Tihonov N. I., Sapunkov V. L. Urozhajnost' ozimoy pshenicy v zavisimosti ot mikroudobrenij i sortov v stepnoj zone chernozemnyh pochv Volgogradskoj oblasti // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2015. № 6. P. 28-31.
11. Urozhajnost' i osnovnye jlementy produktivnosti u sortov ozimoy pshenicy intensivnogo tipa selekcii VNIIZK / O. V. Skripka [i dr.] // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2016. № 9. P. 30-32.
12. Urozhajnost' i kachestvo zerna sovremennyh sortov ozimoy pshenicy na yugo-zapade Central'nogo regiona Rossii / V. E. Torikov [i dr.] // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 4. P. 15-19.
13. Hakimov R. A., Nikiforova S. A., Hakimova N. V. Formirovanie urozhajnosti ozimoy pshenicy po zanyatomu paru v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2021. V. 35. № 2. P. 33-40.
14. Churzin V. N., Dubovchenko D. O. Fotosinteticheskaya produktivnost' v posevah sortov ozimoy pshenicy v zavisimosti ot primeneniya agrohimiakatov na chernozemah Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 2 (58). P. 123-130.
15. }ffektivnost' vyraschivaniya razlichnyh sortov ozimoy pshenicy v usloviyah nedostatochnogo uvlazhneniya Krasnodarskogo kraja / S. I. Barshadskaya [i dr.] // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 120. P. 1322-1336.
16. Kutilkin V. G., Zudilin S. N. Weediness and yield of winter wheat depending on the basic elements of farming system // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 17.
17. Variability of winter wheat yield in France under average and unfavourable weather conditions / N. Urruty [et al.] // Field Crops Research. 2017. V. 213. P. 29-37.

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

Sukhareva Elena Petrovna, Senior researcher of the 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. 8-902-380-96-87, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1083-3650> suhareva-e@vfanc.ru

Belikina Anna Vasilyevna, Researcher of the 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. 8-904-406-64-58, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6576-3226>, belikina-a@vfanc.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

Сухарева Елена Петровна, старший научный сотрудник 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. 8-902-380-96-87, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1083-3650> suhareva-e@vfanc.ru

Беликина Анна Васильевна, научный сотрудник 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. 8-904-406-64-58, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6576-3226>, belikina-a@vfanc.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-08

THE STATE OF *LIMANS* AS AN EXAMPLE OF ANTHROPOGENIC REGRESSION OF LOCAL MEADOW ECOSYSTEMS

V.F. Mamin, L.V. Vronskaya

¹Federal State Budget Scientific Institution

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

Received 18.06.2021

Submitted 23.08.2021

Abstract

Introduction. The material presented in the article reflects the course of changes in the vegetation cover of meadow estuaries of the Caspian Lowland during technogenic changes in the water regime. The transformation of communities and the spatial migration of populations of the most valuable forage grass species have been traced for decades. **Object.** Meadow estuaries. **Materials and methods.** In a brief summary, it can only be noted that with regard to the development and establishment of meadow science on estuaries, structured research on these lands as ecosystems has not been conducted. The mechanism of transformation of the vegetation cover within the framework of individual cenoses, populations, and formations of economically valuable grass species has not been clarified. The occurring, clearly observed negative changes in the vegetation of estuaries in the 60s - 70s of the last century determined the need for comprehensive studies of the ecological direction. The processes of destruction of phytocenoses, factors of digression of grass species from the bluegrass family as dominants in the communities prevailing on estuaries were revealed. The time stages of deformation of the vegetation cover with a sequence of changes in the post-reclamation period are described.

Results and conclusions. According to the analysis of situations on the basis of research data in the system of ecological-reclamation monitoring, facts of destruction of estuary ecosystems with a reduction in the distribution area of populations of native grass species, a decrease in the thickness of for-

mations of these species were established. The damage caused to the biological diversity of the vegetation cover, the danger of the disappearance of many valuable and interesting species of herbs from the world of estuary plants is noted.

Key words: meadow estuaries, vegetation cover, anthropogenic transformation.

Citation. Mamin V. F., Vronskaya L. V. The state of limans as an example of anthropogenic regression of local meadow ecosystems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 88-95 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-08.

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

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

УДК 633.2.03

СОСТОЯНИЕ ЛИМАНОВ КАК ПРИМЕР АНТРОПОГЕННОЙ РЕГРЕССИИ ЛОКАЛЬНЫХ ЛУГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ

В. Ф. Мамин, доктор сельскохозяйственных наук

Л. В. Вронская, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 18.06.2021

Дата принятия к печати 23.08.2021

Актуальность. Представленный в статье материал отражает ход изменений растительного покрова луговых лиманов Прикаспийской низменности при техногенном изменении водного режима. В течение десятилетий прослежена трансформация сообществ, пространственная миграция популяций наиболее ценных кормовых видов трав. Актуальность проводимых исследований предопределена нарастающими темпами деградации мелиорированных природных кормовых угодий, снижением объёма кормопроизводства в аридном Прикаспии. **Объектом исследований** являются природные мелиорированные луговые лиманы различных типов по водному режиму почвогрунтов, типичные для Джанибекской комплексной равнины Прикаспийской Низменности. **Цель исследований** – изучение и классификация трендов трансформации фитоценотической составляющей лиманных экосистем для разработки природоохранных режимов орошения и ренатурализации растительного покрова. **Материалы и методы.** В кратком изложении можно лишь отметить, что касательно вопроса развития и становления луговедения на лиманах, структурированные исследования на этих угодьях как экосистемах не велись. Механизм трансформации растительного покрова в рамках отдельных ценозов, популяций и формаций хозяйственно ценных видов трав не выяснялся. Происходящие, отчетливо наблюдаемые негативные изменения в растительности лиманов в 60-70-е годы прошлого века определяли необходимость проведения комплексных исследований экологического направления. Выявлены процессы деструкции фитоценозов, факторы дигрессии видов трав из семейства мятликовых как доминантов в преобладающих на лиманах сообществах. Описаны временные этапы деформации растительного покрова с последовательностью смен в постмелиоративный период. **Результаты и выводы.** По анализу ситуаций на основе данных исследований в системе эколого-мелиоративного мониторинга установлены факты разрушения лиманных экосистем с сокращением ареала распространения популяций аборигенных видов трав, снижением мощности формаций этих видов. Отмечен ущерб, наносимый биологическому разнообразию растительного покрова, опасность исчезновения из мира лиманных растений многих ценных и интересных видов трав.

Ключевые слова: луговые лиманы, растительный покров лиманов, антропогенная трансформация лиманов.

Цитирование. Мамин В. Ф., Вронская Л. В. Состояние лиманов как пример антропогенной регрессии локальных луговых экосистем. *Известия НВ АУК.* 2021. 3 (63). 88-95. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-08.

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. Природные луговые лиманы водораздельных плато Северо-запада и Запада Прикаспийской низменности выделяются своеобразием флоры и растительности среди заливных лугов юга России. Это объясняется особенностями климата, почвогрунтов, гидрологических условий этой географической провинции.

К началу ирригационного освоения лиманов знания об экологии этих объектов как оригинальных природных систем не были накоплены. При проектировании оросительных систем и режимов полива лугов способом затопления в учёт не принимались даже основные типичные особенности растительности этих лиманов, среди которых: поясное распределение растительного покрова по гипсометрическим ярусам; двухфазность развития ценозов с преобладанием в первую половину лета гликофильных мезофитов, а во вторую – галофитных мезоксерофитов; высокая степень вариабельности видового состава сообществ при сменах условий местообитаний (в первую очередь водного режима почвогрунтов).

При природных разнгодоичных сменах условий «водности» лиманов изменение в ценозах на уровне флуктуаций не приводит к ощутимому снижению мощности доминантов мезофитных мятликовых среднепоёмных ярусов. Чередующиеся режимы затопления создают условия для временного превосходства видов из семейств и мятликовых и осоковых. Так, переменное ограничение мощности популяций при использовании ими некоторой доли ресурсов экотопа обеспечивает динамическое равновесие в синузиях. Ярким примером такого «сосуществования» видов с различными экологическими свойствами являются пырейно-ситняговые сообщества (мезофит *Elytrigia repens* (L.) Nevski + гидрофит *Eleocharis palustris* (L.) Poet et Schuet). При этих обстоятельствах луговая экосистема работает в режиме циклических автоколебательных процессов с сохранением экологической устойчивости.

При избыточном ежегодном переувлажнении почвогрунтов с застойностью слоя воды на поверхности луга, особенно в период прохождения фаз колошения и цветения мятликовых видов, депривация их наблюдается на 3-й – 4-й год.

В публикациях учёных, проводимых в доперестроечные годы исследования на лиманах Саратовского Заволжья (Б. И. Туктаров, В. В. Маевский), сведений об отношении эдификаторных видов трав к влиянию конкретных экзогенных или эндогенных факторов на преобразование фитоценозов нет. Отсутствие материалов по динамике процессов «дигрессия – демутация» доминирующих видов в ценозах исключали возможность выполнения системного синтеза движения эколого-мелиоративного состояния лиманов.

При отсутствии знаний о логике жизни лиманных экосистем луга при переводе на орошение из постоянных водоисточников сразу начали использоваться по интенсивному типу с ежегодными поливами нормами, соответствующими максимальным нормам затопления водами местного стока, что привело к гидрофитизации травостоев и снижению качества корма. Прекращение поливов в середине 90-х годов вызвало обратный процесс – ксерофитизацию и остепнение лугов с потерей их хозяйственной значимости.

Материалы и методы. За основу исследований с биоэкологической ориентацией изучения процессов в преобразовании растительности авторами были приняты закономерности перестроек в равновесно-сменных фитоценозах. В базу признаков равновесного или

дисбалансированного фитоценоза принималась степень доминирования эдификаторного вида и замкнутости покрова. За эколого-флористические признаки ассоциаций и сообществ принимался состав видов трав с различной экологической принадлежностью.

При ирригационном освоении луговые угодья сразу переводились на интенсивный тип использования с ежегодными поливами затоплением максимальными нормами, при которых границы создаваемого слоя воды заходили за пределы зоны контакта степной и луговой растительности. При такой водной нагрузке на единицу площади трансформация растительного покрова начала выявляться уже в первые 5–7 лет орошения. В первые годы изучения растительного покрова мелиорируемых лиманов Кисловской, Среднеахтубинской и Тажинской оросительных систем, проводимого учёными и специалистами Тажинского опорного пункта ВНИИОЗ, факториальным анализом с определением покрытия и массы видов растений в ценозах было отмечено развитие процесса гигрофитизации сообществ в составе популяций мятликовых (злаковых). В первую очередь, наиболее ярко это проявилось на долгопоёмных лиманах непромывного типа [3, 11]. Уже в этот интервал времени наблюдалась инвазия видов из семейства осоковых (Cyperaceae) в ассоциациях среднепоёмных лугов, в которых в природных условиях доминировали виды из семейства мятликовых (Poaceae).

В дальнейшем исследования показали, что процессы деструкции растительного покрова проходят в различных формах по трём временным этапам в прямой зависимости от системы водопользования на лиманах от режимов их орошения в многолетнем цикле. Эти этапы являются трендами трансформации растительного покрова во времени.

Первый этап характеризовался ярко выраженным процессом гигрофитизации лугов с заболачиванием, образованием травяных болот в центральных ярусах длительного затопления. Этот процесс конкретно характеризовал лиманы Пришиб, Могута, Медвежий, Крячкова, Большой на Джанибекской бессточной суглинистой равнине; лиманы Камышеватый, Ахтубинский, Лебяжий на Приволжской опесчаненной гряде Волго-Уральского междуречья (геоморфологическая классификация регионов А. Г. Доскач) [9].

Второй этап (1970 – 1980 гг.) характеризовался относительной стабилизацией состава фитоценозов на среднепоёмных лугах в нарушенном строе растительного покрова. Это объяснялось внедрением в систему эксплуатации лугов, разработанных учёными ВНИИОЗа, экологически обоснованных технологий орошения и агромелиораций. Сформированные в первый «многоводный» период ассоциации в составе многих сообществ с различным содержанием мятликовых видов на обширных площадях с изменённой поёмностью сохранились на долгие годы. Но при этом происходит дегрессированных видов, таких важных средообразующих и ценных, как кормовой пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), бекмания обыкновенная (*Beckmannia erucaeformis* L.), наблюдалась, в основном, на среднепоёмных ярусах и протекала медленно. Ускорение процесса обеспечивалось только при внесении азотно-фосфорных удобрений [1, 7]. В деформированные ценозы активно внедрялись сорные, плохо поедаемые и ядовитые виды, среди которых преобладали: дербенник иволистный (*Lythrum salicaria* L.), д. иссополистный (*Lythrum hyssopifolia* L.), мята мелкоцветковая (*Mentha micrantha* Fisch. ex Benth), молочай уральский (*Euphorbia uralensis* Fisch. ex Link), жерушник короткоплодный (*Rorippa brachycarpa* (C.A. Meg) Hayek), девясил британский (*Jnula britannica* L.), авран лекарственный (*Gratiola officinalis* L.).

Внедрение этих видов в ценозы мятликовых фиксировалось на лиманах повсеместно, на некоторых, где не проводились мероприятия по ходу за лугом, они становились эдификаторами на отдельных растительных поясах. Внедрение ситняга болотного (*Eleocharis palustris* (L.) Poet et Schuet) в ассоциации мятликовых носило характер инвазии.

Вплоть до середины 80-х годов на лисохвостовых (*Alopecurus arundinaceae* Poir.), болотномятликовых (*Poa palustris* L.), пырейных (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), бекманиевых (*Beckmannia eruciformis* (L.) Host) лугах формировавшиеся урожаи обеспечивали сборы сена от 2,8 (без удобрений) до 6,1 т/га (с азотно-фосфорными удобрениями).

Начало третьего этапа – это начало 90-х годов. В силу социально-экономических преобразований, что обусловило повышение стоимости орошения лугов, весенние поливы лиманов стали нерегулярными, эпизодическими или вообще были на некоторых лиманах прекращены. Одновременно с этими прекратилось и проведение агромелиоративных мероприятий. Из технологий лугового кормопроизводства были исключены подкормки минеральными удобрениями, уничтожение сорных видов трав гербицидами, скарификация дернины для создания условий генеративного восполнения популяций мятликовых. Это вызвало развитие процесса ксерофитизации растительного покрова, что привело к остепнению лугов.

На большинстве лиманов с выраженной гипсометрической ярусностью произошло смещение растительных поясов с сообществами видов с различными экологическими признаками. Восстановление природного формата растительного покрова не наблюдается [4, 8]. Преобразование растительного покрова в мелиоративный – постмелиоративный периоды произошло по сценарию – заболачивание – разболачивание – остепнение.

Заключительной фазой смен ассоциации луговых трав является развитие климаксовых сообществ в составе мезоксерофитов и эвриксерофитов мятлика луковичного (*Poa bulbosa* L.), мятлика узколистного (*Poa angustifolia* L.), тонконога (*Koeleria cristata* (L.) Pers), овсяницы валисской (*Festuca valesiaca* Gandin). Формируется катаценоз с растительностью сухих степей с чистой продуктивностью на уровне 300 г/м² сухой надземной массы.

Результаты и обсуждение. Ход смен растительного покрова орошаемых лиманов в полной мере согласуется с мнением Б. М. Миркина, что «антропогенная эволюция растительности – быстрый процесс, который в отличие от природной эволюции имеет масштаб десятилетний» [2, 12].

Полувековые пертурбации с режимами орошения и культурой лугов в целом не могли не отразиться на составе флоры лиманов. Многие виды оказываются в губительной ситуации в меняющихся условиях переувлажнения, иссушения и истощения почв. Растения истощаются либо в силу низкого содержания в почвах питательных веществ, или по причине конкуренции с агрессивными олиготрофными видами в новых, формируемых в жестких условиях среды сообществах.

При обследовании в период 2000-2020 гг. отмечено, что из растительного покрова многих лиманов исчезли микропупуляции видов из семейства бобовых (Fabaceae), лилейных (Liliaceae), губоцветных (Lamiaceae). В их числе астрагал ложнотатарский (*Astragalus pseudotataricum* Boriss.), дрок красильный (*Genista tinctoria* L.), лядвенец узколистный (*Lotus angustissimus* L.), клевер ползучий (*Trifolium repens* L.), рябчик шахматовидный (*Fritillaria meleagroides* Patrin ex Schult. et Schult. fil.), мята полевая (*Mentha arvensis* L.).

Заметно снижается мощность формаций мятликовых. Сокращаются площади обитания прибрежницы береговой (*Aeluropus littoralis* (Gonon) Parl.), лисохвоста тростникового (*Alopecurus arundinaceae* Poir.), костреца безостого (*Bromopsis inermis* (Leys) Holub), мятлика узколистного (*Poa angustifolia* L.). Исчезает популяция цингерии Биберштейна (*Zingiberia biebersteiniana* (Claus) P. Smirn.).

В растительном покрове лиманов в 50-70-е годы насчитывалось от 240 до 329 видов трав [5, 6, 10]. Наиболее полное описание растительного мира лиманов выполнены Ф.Я. Левиной и Л.Ф. Савельевой. В Красную книгу Нижнего Поволжья включено 14 видов трав. Л. Ф. Савельевой (2008) выделено 30 редких и исчезающих видов, наличие которых необходимо контролировать в системе Государственного мониторинга.

Выводы. Лиманы веками адаптировались к природным циклическим изменениям водного режима, сохраняя экологическую устойчивость, но, не обладая высокой буферностью, не смогли адаптироваться к случайным, неожиданным факторам возмущения естественного режима жизни. Происходит биологическая конверсия сообществ и ассоциаций трав, нарушается экогенез лугов.

Деструкция растительного покрова лиманов как исторических экосистем в мире луговых сообществ материковой части Прикаспийской Низменности трактуется как предпосылка развития процесса преобразования всего растительного мира этой крупной географической провинции с потерей уникального биоразнообразия травянистых видов растений. Со снижением биоразнообразия видов теряются экосистемные функции лиманов.

Видится необходимость разработки природоохранной стратегии мелиорации лиманов и их эксплуатации с внедрением в луговое производство энергосберегающих, эффективных технологий восстановления растительного покрова лугов природного формата.

Библиографический список

1. Биоэкологические основы окультуривания и реформации хозяйственного использования мелиорированных лиманных лугов Волгоградской области / В. Ф. Мамин, В. В. Мелихов, А. А. Новиков [и др.]. Волгоград, 2018. 99 с.
2. Гусев А. П., Шпилевская Н. С. Фитоиндикаторы техногенного химического воздействия на луговые экосистемы // Экосистемы. 2020. № 22 (52). С. 53-59.
3. Кожагалиева Р. Ж. Продуктивность многолетних злаковых трав на лиманах Прикаспийской Низменности // Вавиловские чтения-2016: сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 129-й годовщине со дня рождения академика Н. И. Вавилова. 2016. С. 33-34.
4. Кузьмина Ж. В., Трешкин С. Е. Методика оценки нарушений в наземных экосистемах и ландшафтах в результате климатических и гидрологических изменений // Экосистемы: экология и динамика. 2017. Т. 1. № 3. С. 146-188.
5. Онаев М. К. Многолетнее орошение и современное состояние лиманов // Итоги науки: избранные труды Международного симпозиума по фундаментальным и прикладным наукам. М.: РАН, 2013. Т. 3. С. 54-74.
6. Судницын И. И. Мониторинг почв и устойчивое развитие России // Почвоведение. 2010. № 8. С. 1018-1020.
7. Фитоценотические признаки лиманных лугов - основа разработки рационального регламента их использования / А. А. Новиков, В. Ф. Мамин, Т. С. Кошкарлова, Л. В. Вронская // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 4 (36). С. 121-134.
8. Эколого-мелиоративные принципы типизации луговых лиманов Прикаспия. термины и понятия / В. В. Мелихов, В. Ф. Мамин, Т. С. Кошкарлова, Л. В. Вронская // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 111-117.
9. Komissarov A., Safin K., Ishbulatov M. Long-term irrigation effect on soil and vegetation cover of floodplain estuaries in the southern urals // Asian Journal of Water, Environment and Pollution. 2020. V. 17. № 1. P. 83-90.
10. Koshkarova T. S., Medvedeva L. N., Novikov A. A. Organization of water accounting and water saving of irrigation water based on world experience in the conditions of changing climate // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mathematical modeling of technical and economic systems in agriculture II. 2020. P. 012013.
11. Kurashko I. A. The investigation of fodder acreages classification for rational organization of land use // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. 2019. V. 10. №1. P. 421-425.
12. Meliorative institutional environment: the area of state interests / S. M. Vasilev [et al.] // Espacios. 2018. V. 39. №12. P. 28.

Conclusions. Estuaries have been adapting to natural cyclical changes in the water regime for centuries, preserving ecological stability, but, not having a high buffering capacity, they could not adapt to random, unexpected factors of disturbance of the natural mode of life. There is a biological conversion of communities and associations of grasses, the ecogenesis of meadows is disturbed.

The destruction of the vegetation cover of estuaries as historical ecosystems in the world of meadow communities of the continental part of the Caspian Lowland is interpreted as a prerequisite for the development of the process of transformation of the entire flora of this large geographical province with the loss of the unique biodiversity of herbaceous plant species. With a decrease in the biodiversity of species, the ecosystem functions of estuaries are lost.

There is a need to develop an environmental strategy for the reclamation of estuaries and their operation with the introduction of energy-saving, effective technologies for restoring the vegetation cover of meadows in a natural format into meadow production.

Reference

1. Bioecological foundations of domestication and reformation of the economic use of reclaimed estuary meadows of the Volgograd region / V. F. Mamin, V. V. Melikhov, A. A. Novikov [et al.]. Volgograd, 2018. 99 p.
2. Gusev A. P., Shpilevskaya N. S. Phytoindicators of technogenic chemical impact on meadow ecosystems // *Ecosystems*. 2020. No. 22 (52). P. 53-59.
3. Kozhagalieva R. Zh. Productivity of perennial cereal grasses on estuaries of the Pre-Caspian Nizhnosti // *VAVILOV'S READINGS-2016: collection of articles of the international scientific-practical conference dedicated to the 129th anniversary of the birth of academician N. I. Vavilov*. 2016. P. 33-34.
4. Kuzmina Zh. V., Treshkin S. Ye. Methodology for assessing disturbances in terrestrial ecosystems and landscapes as a result of climatic and hydrological changes // *Ecosystems: ecology and dynamics*. 2017. Vol. 1. No. 3. P. 146-188.
5. Onaev M. K. Long-term irrigation and the current state of estuaries // *Results of Science. Selected Proceedings of the International Symposium on Basic and Applied Sciences*. M.: RAS, 2013. V. 3. P. 54-74.
6. Sudnitsyn I. I. Monitoring of soils and sustainable development of Russia // *Soil Science*. 2010. No. 8. P. 1018-1020.
7. Phytocenotic signs of estuary meadows - the basis for the development of rational regulations for their use / A. A. Novikov, V. F. Mamin, T. S. Koshkarova, L. V. Vronskaya // *Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems*. 2019. No. 4 (36). P. 121-134.
8. Ecological and reclamation principles of typification of meadow estuaries of the Caspian region. terms and concepts / V. V. Melikhov, V. F. Mamin, T. S. Koshkarova, L. V. Vronskaya // *Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education*. 2018. No. 3 (51). P. 111-117.
9. Komissarov A., Safin K., Ishbulatov M. Long-term irrigation effect on soil and vegetation cover of floodplain estuaries in the southern urals // *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*. 2020. V. 17. № 1. P. 83-90.
10. Koshkarova T. S., Medvedeva L. N., Novikov A. A. Organization of water accounting and water saving of irrigation water based on world experience in the conditions of changing climate // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Mathematical modeling of technical and economic systems in agriculture II. 2020. P. 012013.
11. Kurashko I. A. The investigation of fodder acreages classification for rational organization of land use // *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 2019. V. 10. №1. P. 421-425.
12. Meliorative institutional environment: the area of state interests / S. M. Vasilev [et al.] // *Espacios*. 2018. V. 39. №12. P. 28.

Authors Information

Mamin Vitaly Fedorovich, Chief Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIIOZ (400002, Volgograd, Timiryazeva St., 9), Doctor of Agricultural Sciences. ORCID: 0000-0001-6235-0098, vnioz@yandex.ru;

Vronskaya Lyubov Vasilievna, Junior Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIIOZ (400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), post-graduate student, ORCID: 0000-0002-7753-9229, vronskaya-l@mail.ru.

Информация об авторах

Мамин Виталий Федорович, главный научный сотрудник ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук; ORCID: 0000-0001-6235-0098, vniiioz@yandex.ru;

Вронская Любовь Васильевна, младший научный сотрудник ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), аспирант, ORCID: 0000-0002-7753-9229, vronskaya-l@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-09

THE INFLUENCE OF IRRIGATION, FERTILIZER AND VARIETY FACTOR ON THE YIELD OF SOYBEAN IN THE LOWER VOLGA REGION

V.V. Tolokonnikov, S.S. Mukhametkhanova, G.P. Kantser, L.V. Vronskaya

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

Received 21.05.2021

Submitted 26.07.2021

Abstract

Introduction. An increase in the profitable level of productivity of Russian bioecologically safe (non-GMO) soybeans in a climate less favorable for this crop is achievable with the expansion of crops on irrigated lands. Research aimed at studying the reaction of soybean varieties of regional selection (Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture») to irrigation and the use of fertilizers are relevant. **Object.** The studies were carried out at the Federal State Unitary Enterprise «Oroschaemoe» of the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture» in the years with the summer hydrothermal coefficient GTK_{05} in 2019 and in 2020 with the GTK_{02} using varieties of regional selection. **Materials and methods.** We investigated the responsiveness of varieties of different ripening: VNIIOZ 86 (very early maturing), Volgogradka 2 (early maturing), VNIIOZ 31, Volgogradka 3 (mid-season) to irrigation water and fertilizer rates calculated for yield levels of 2.5 t / ha, 3.5 t / ha, 4.5 t / ha when controlled without the use of fertilizer. Plots with an area of 35 m². Repetition is 4 times. **Results and conclusions.** The differentiation of water consumption from the conditions of the year and the characteristics of the variety has been revealed. The share of irrigation water increased in years with a low GTC - 0.2. In early varieties, the share of irrigation water reached 74.2%, in mid-season varieties - up to 76.6%, and in more favorable years - GTK_{05} - up to 54.7% and 55.2%, respectively. The most responsive to irrigation reclamation are characterized by 2 varieties: Volgogradka 3 - 3.74 t / ha and Volgogradka 2 - 3.57 t / ha. The use of fertilizers leads to a significant increase in yield - 2.83 - 4.15 t / ha and grain increments - 27.5 - 78.1% compared to the control in all varieties (2.22 - 2.33 t / ha). High yield - 3.7 - 4.15 t / ha and an increase in yield per 1 kg of ae. applied fertilizer (nitroammofoska) (15.2 - 18.4 kg) was obtained from the promising variety Volgogradka 3.

Key words: soybeans, irrigation, varieties, fertilizer doses, productivity, duration of the growing season, meteorological conditions.

Citation. Tolokonnikov V.V., Mukhametkhanova S.S., Kantser G.P., Vronskaya L.V. The influence of irrigation, fertilization and variety factor on the yield of soybeans in the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 95-104 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-09.

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

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

УДК 631.67:633.853.52

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ, УДОБРЕНИЯ И ФАКТОРА СОРТА НА УРОЖАЙНОСТЬ СОИ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

В. В. Толоконников, доктор сельскохозяйственных наук

С. С. Мухаметханова, магистрант

Г. П. Канцер, старший лаборант

Л. В. Вронская, аспирант

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»,
г. Волгоград, Российская Федерация*

Received 21.05.2021

Submitted 26.07.2021

Актуальность. Рост рентабельного уровня урожайности российской биоэкологически безопасной (не ГМО) сои в условиях менее благоприятного для этой культуры климата достижим за счет расширения посевов на орошаемых землях. Исследования, направленные на изучение реакции сортов сои региональной селекции (ФГБНУ ВНИИОЗ) на орошение и применение удобрений, являются актуальными. **Объект.** Исследования осуществляли в ФГУП «Орошаемое» ФГБНУ ВНИИОЗ в годы с летним гидротермическим коэффициентом $ГТК_{05}$ в 2019 и в 2020 с $ГТК_{02}$ с использованием сортов региональной селекции. **Материалы и методы.** Исследовали отзывчивость разноспелых сортов: ВНИИОЗ 86 (очень скороспелый), Волгоградка 2 (скороспелый), ВНИИОЗ 31, Волгоградка 3 (среднеспелый) на поливную воду и нормы удобрений, рассчитанные на уровни урожайности 2,5 т/га, 3,5 т/га, 4,5 т/га при контроле без применения удобрения. Делянки – площадью 35 м². Повторность – 4-х кратная. **Результаты и выводы.** Выявлена дифференциация водопотребления в зависимости от условий года и особенностей сорта. Доля оросительной воды возрастала в годы с низким $ГТК$ – 0,2. У ранних сортов доля поливной воды достигала 74,2 %, у среднеспелых – до 76,6 %, а в более благоприятные годы – $ГТК_{05}$ – соответственно до 54,7 % и 55,2 %. Самыми отзывчивыми на оросительную мелиорацию были 2 сорта: Волгоградка 3 – 3,74 т/га и Волгоградка 2 – 3,57 т/га. Применение удобрений привело к существенному росту урожайности – 2,83-4,15 т/га и прибавке зерна – 27,5-78,1 % по сравнению с контролем у всех сортов (2,22-2,33 т/га). Высокая урожайность – 3,7-4,15 т/га – и прибавка урожая на 1 кг д.в. вносимого удобрения (нитроаммофоска) (15,2-18,4 кг) получена у перспективного сорта Волгоградка 3.

Ключевые слова: соя, орошение сои, сорта сои, урожайность сои, продолжительность вегетационного периода сои.

Цитирование. Толоконников В. В., Мухаметханова С. С., Канцер Г. П., Вронская Л. В. Влияние орошения, удобрения и фактора сорта на урожайность сои в условиях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК* 2021. 3(63). 95-104. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-09.

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. Интенсивное распространение посевов сои, достигающее 120 млн га в мировом земледелии и уровня урожайности – 2,8 т/га зерна, тесно связано с фактором сорта и применяемыми агрономическими приёмами. Российское производство этой культуры пока не достигает такой урожайности (1,6 т/га) в среднем со всей площади посева (около 3 млн га), что в определённой степени связано с менее благоприятными для этой культуры метеорологическими условиями основных зон отечественного соевого производства [7, 8].

Тем не менее российская соя считается биологически и экологически безопасной среди аналогичной продукции, основанной на ГМО сортах, в странах-лидерах, таких как США, Бразилия, Аргентина [10, 12]. Важным резервом увеличения урожайности зерна отечественной сои является распространение её посевов в условиях орошения, где она обеспечивает рост урожайности до 3-5 т/га зерна [2, 4].

Высокорентабельное производство сои в определяющей степени связано с сортами, созданными в зонах товарного производства этой культуры. Орошаемое земледелие является достаточно затратной отраслью сельскохозяйственного производства [4, 8]. В связи с этим целью исследований являлось изучение отзывчивости сортов сои региональной селекции, выведенных в ФГБНУ ВНИИОЗ, на оросительную воду и минеральное питание с выделением сортов, способных при таких благоприятных условиях обеспечивать формирование высокой урожайности.

Материалы и методы. Исследования выполняли в ФГУП «Орошаемое» ФГБНУ ВНИИОЗ в период 2019, 2020 годов в соответствии с «Методическими указаниями по проведению полевых агротехнологических опытов с соей и наблюдений в них». Изучались различные сорта сои и дозы удобрений с применением орошения. Программируемая урожайность: 2,5 т/га; 3,5 т/га и 4,5 т/га зерна с контролем без удобрений. Площадь делянок – 35 м², повторность – 4-х кратная. Посев – широкорядным способом с междурядьями 0,7 м. Режим орошения (80 % НВ) обеспечивался увлажнением слоя почвы 0,4 м от всходов до фазы ветвления и от начала созревания до полной спелости семян; в период бутонизации и до полного налива семян в бобах повышали поступление влаги в почву с расчётом её промачивания на глубину 0,6 м. Использовались данные метеоотчётов Волгоградского ГАУ.

Результаты и обсуждение. Метеорологические условия вегетационного периода 2019 года существенно отличались от климатических показателей прошлых лет, что значительно отразилось на росте и развитии растений сои в период вегетации.

По климатической характеристике май значительно отличался от аналогичного периода прошлых лет высокой температурой воздуха в среднем за месяц (+19 °С) что выше нормы (на +2 °С). Осадков выпало несколько меньше (28,2 мм) нормы (33 мм). Посев сортов был произведен в оптимально ранний (8 мая) срок, и всходы появились в сравнительно короткий срок – на 8-й день после посева.

В июне сложились достаточно засушливые метеоусловия. Температура воздуха превысила среднемноголетнее значение на 4,8 °С, при дефиците осадков на 20,7 мм и прогрессировании воздушной засухи в течение 18 суток. Интенсивное орошение способствовало росту стеблестоя сои и повышению урожайности биомассы сухого вещества – стандартных сортов ВНИИОЗ 86 (до 2,5 т/га) и ВНИИОЗ 76 (3,81 т/га) на начало июля.

Июль характеризовался значительным избытком атмосферных осадков (на 38,5 мм), но близкой (22,9 °С) к среднемноголетнему показателю (23,4 °С) средней температурой воздуха. При таких благоприятных метеоусловиях в период интенсивного нарастания вегетативной массы урожайность биомассы у стандартных сортов составила к концу месяца 12-15 т/га.

Практически такая же температура воздуха была и в августе, но при остром дефиците осадков (1,7 мм), что потребовало усиления интенсивности орошения.

Уровень формирования сухой биомассы у сортов ВНИИОЗ 86 и ВНИИОЗ 76 превысил 16 т/га.

В сентябре наблюдались благоприятные климатические условия, близкие к норме как по температуре воздуха, так и количеству выпавших осадков. Это дало возможность растениям более длительное время (8-12 дней) не сбрасывать листья и сформировать значительный уровень урожайности зерна – 2,52-3,08 т/га.

Метеоусловия 2020 года в период вегетации сои существенно отличались от климатических показателей среднемноголетнего периода. В мае наблюдалась более холодная (на 1,7 °С) погода по сравнению с нормой (17°С) при небольшом уменьшении выпадения атмосферных осадков (на 3,2 мм). Поэтому посев сои был проведен в конце 3-й декады при наступлении более высокой температуры на глубине заделки семян (0,05 м) сои (18-20 °С).

В июне средняя температура воздуха повысилась на 3,4 °С при значительном дефиците осадков (на 18,6 мм), что способствовало удлинению периода всходов – ветвления – бутонизации у сортов сои.

Июль характеризовался проявлением очень сильных засушливых явлений при температуре воздуха на 2,7 °С выше среднесуточного показателя (23,4 °С) и дефиците осадков на 19,4 мм при норме 33 мм. Это вызвало продолжительную атмосферную засуху с относительной влажностью воздуха менее 30 % в течение практически всего месяца. Это усилило опадение бутонов цветков и завязей у растений всех сортов, особенно из группы скороспелых.

В августе жаркая погода была ослаблена, однако осадков практически не выпало за это время. Тем не менее относительная влажность воздуха повысилась (до 50,5 %) по сравнению с июлем (37,8 %), что в посевах с орошением оказало положительное влияние на рост и налив бобов у растений.

Сентябрь характеризовался повышенной температурой воздуха (на 2,4 °С) при полном отсутствии осадков. Такие условия оказались благоприятными для продолжительного налива бобов и формирования крупных семян, особенно у сортов из средне-спелой группы созревания. Однако это отразилось и на удлинении общего вегетационного периода сортов сои.

Таким образом, анализ погодных условий в различные годы позволяет сделать вывод о том, что в период вегетации сои проявились очень разнообразные и контрастные метеосостояния. Это дало возможность более полно и объективно провести агротехническое тестирование сортов для совершенствования технологии возделывания этой культуры.

Таблица 1 – Баланс водопотребления сортовых посевов сои в различные
по влагообеспеченности годы

Table 1 – Balance of water consumption of varietal soybean crops in years
of different moisture supply

Сорт / Varietie	Скороспелые сорта / Early ripening varieties				Среднеспелые сорта / Mid-season varieties				
	ВНИИОЗ 86 / VNIOZ 86		Волгоградка 2 / Volgogradka 2		ВНИИОЗ 31 / VNIOZ 31		Волгоградка 3 / Volgogradka 3		
Год / Year	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	
ГТК / SCC	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2	
Показатели водного ба- ланса / Water balance indicators	Поливы / Watering								
	м³/га m³ / ha	1550	2950	2000	3250	2250	3550	2500	3850
	%	49,4	73,5	54,7	74,2	55,2	75,2	54	76,6
	Осадки / Precipitation								
	м³/га m³ / ha	1170	636	1271	687	1451	700	1733	700
	%	37,3	15,8	34,8	15,7	35,6	14,8	37,4	13,9
	Влага в почве / Moisture in the soil								
	м³/га m³ / ha	418	428	383	444	377	468	398	477
	%	13,3	10,7	10,5	10,1	9,2	10	8,6	9,5
Суммарное водопо- требление, м³/га / Total water consumption, m³ / ha		3138	4014	3653	4381	4078	4718	4631	5027

Вопросы оросительной мелиорации сои в регионе Нижнего Поволжья освещались рядом исследователей [5, 6, 9]. Было установлено, что суммарное водопотребление сои в течение вегетационного периода колебалось от 1,5 до 5 тыс. м³/га, при дифференциации водопотребления в зависимости от влияния почвенно-климатических условий региона и биологических особенностей сортов.

В Волгоградской области сильно засушливые и отвечающие метеоусловиям среднесезонных показателей данные водного баланса имеют значительные различия (таблица 1). Расход поливной воды существенно возрастал в аридные годы (2020) с ГТК_{0,2} до 76,6 % по сравнению с более благоприятными годами (2019) при ГТК_{0,5} – 55,2 % [6].

Количество потребляемой растениями воды тесно связано с продолжительностью периода вегетации. Ранние сорта отличаются меньшим водопотреблением, например, очень ранний сорт ВНИИОЗ 86 – 1550-2950 м³/га, чем более поздние – 2250-3850 м³/га.

Формирование урожайности в условиях орошения также зависит от группы спелости сортов. Самыми продуктивными были среднеспелые сорта, особенно Волгоградка 3 – 3,74 т/га, – и менее продуктивными – ранние генотипы, такие как ВНИИОЗ 86 – 2,81 т/га (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность сортов в зависимости от фактора сорта и года возделывания сои в условиях орошения

Table 2 – Productivity of varieties depending on the variety factor and the year of soybean cultivation under irrigation conditions

Сорт / Variete	Коэффициент водопотребления, м ³ /т / Water consumption coefficient, m ³ / t			Урожайность, т/га / Productivity, t / ha		
	2019	2020	среднее / average	2019	2020	среднее / average
Среднеспелые сорта / Mid-season varieties						
Волгоградка 3 / Volgogradka 3	1181	1412	1297	3,92	3,56	3,74
ВНИИОЗ 31 / VNIIOZ 31	1048	1421	1235	3,89	3,32	3,61
Скороспелые сорта / Early ripening varieties						
ВНИИОЗ 86 / VNIIOZ 86	1074	1492	1283	2,92	2,69	2,81
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	977	1292	1135	3,74	3,39	3,57

При изучении эффективности водопотребления различных сортов выявлено, что наиболее рационально для формирования урожая потребляется вода у отдельных скороспелых (Волгоградка 2) и среднеспелых (ВНИИОЗ 31) сортов. Самым экономным потреблением воды отличается новый сорт сои Волгоградка 2 (внесён в Госсортеестр с 2020 года). Он характеризуется низким коэффициентом водопотребления, достигшим в среднем 1135 т/га за годы проведения исследований.

Посевы орошаемой сои очень отзывчивы на применение минеральных удобрений, что тесно связано с расчётными дозами и биологическими особенностями тестируемых сортов [1, 3, 11].

Соя как высокобелковая и масличная культура очень отзывчива на применение удобрений. Многочисленные полевые опыты, проведённые научными учреждениями нашей страны в различных сосеющих регионах, показали, что практически повсемест-

но необходимо использовать полное азотно-фосфорно-калийное удобрение. Чем ниже естественное плодородие почв, тем выше должна быть доза удобрения. В условиях орошения, где возрастают затраты на поливную воду, гербициды, семена и т.п., высококорентабельные урожаи сои можно получить только с применением достаточного количества удобрений. Однако при этом важно учитывать отзывчивость применяемых сортов на улучшение питательного режима почвы.

Таблица 3 – Зависимость урожайности от доз удобрений и группы спелости сорта в условиях орошения

Table 3 – Dependence of the yield on the doses of fertilizers and the group of ripeness of the variety under irrigation conditions

Сорт / Variete	Схема опыта / Experience scheme		Отклонение от кон- троля / Deviation from control		Прибавка уро- жая на 1 кг д.в. удобрений, кг / Increase in yield per 1 kg of d.v. fertilizers, kg	Урожайность, т/га / Productivity, t / ha
	планируемый уро- жай, т/га / Planned harvest, t / ha	НПК, кг д.в./га / NPK, kg a.i. / ha	абсолютный показа- тель, т/га / absolute indicator, t / ha	%		
Волгоградка 2 / Volgogradka 2	-	контроль, б/у / control, used	-	-	-	2,27
	2,5	56	0,62	27,3	11,1	2,73
	3,5	90	1,08	47,6	12	3,35
	4,5	112	1,54	67,8	13,8	3,81
Волгоградка 3 / Volgogradka 3	-	контроль, б/у / control, used	-	-	-	2,33
	2,5	56	1,03	44,2	18,4	3,36
	3,5	90	1,37	58,8	15,2	3,70
	4,5	112	1,82	78,1	16,3	4,15
ВНИИОЗ 86 / VNIOZ 86	-	контроль, б/у / control, used	-	-	-	2,22
	2,5	56	0,61	27,5	10	2,83
	3,5	90	0,93	41,9	10,3	3,15
	4,5	112	1,25	56,3	11,1	3,47
Фактор А / Factor A	0,20					
Фактор В / Factor B	0,23					

Наши исследования показали, что с применением различных доз удобрения процесс фотосинтеза осуществляется неоднозначно как по сортам, так и по вариантам удобрения. В посевах сорта ВНИИОЗ 86 максимальная площадь листовой поверхности и фотосинтетический потенциал слабо изменялись на вариантах исследования (52,6-59,7 тыс. м²/га и 1,66-1,84 млн м² × дней/га). Чистая продуктивность фотосинтеза была самой высокой на контроле без удобрений (4,7-11,4 г × м² сутки). Урожайность сухой биомассы (15,04 т/га) была значительной на варианте внесения максимальной дозы

комплексного удобрения – 112 кг д. в./га. А вот доля зерна в общей биомассе увеличилась существенно и пропорционально (22,5-32,4 %) возрастанию дозы удобрения относительно контроля (11,7-22,1 %). Такой же процесс формирования хозяйственно-ценной части урожая наблюдался и у других исследуемых сортов, причём по перспективному сорту ВНИИОЗ 31 происходило даже удвоение доли зерна в биомассе (25,2-32,4 %) по сравнению с контролем (11,7 %).

Значительный рост зерновой части урожая в вегетативной массе вариантов внесения удобрения отмечается и при анализе формирования структуры продуктивности. У всех сортов происходит возрастание массы зерна на одном растении (6,2-9,7 г/р.) относительно контроля (5,2-5,4 г/р.) за счёт одновременного увеличения размеров семян и их количества, и в то же время – пропорционально повышению дозы внесения удобрения. Увеличение объёма биомассы сопровождалось увеличением высоты прикрепления нижних бобов у растений от поверхности почвы на удобренных вариантах опыта.

Положительное влияние удобрения на агроценоз сортов сои способствовало значительному росту урожайности зерна (таблица 3), отмеченному по всем сортам. Наибольшая урожайность – 3,7-4,15 т/га – получена у сорта ВНИИОЗ 3 на вариантах внесения 90-112 кг. д.в. /га NPK, высокая – у Волгоградки 2 – 3,81 т/га – при максимальной дозе применения удобрения в этом опыте. За счёт внесения высоких доз удобрения 112 кг. д. в./га можно существенно поднять урожайность таких скороспелых сортов, как ВНИИОЗ 86 – до 3,47 т/га, что достаточно трудно осуществить другими агротехническими приёмами.

Важным показателем эффективности минерального питания сои является прибавка урожая на 1 кг д.в. внесённых удобрений [3]. Она у таких ранних сортов, как ВНИИОЗ 86 и Волгоградка 2, увеличивается пропорционально дозе, у более поздних (Волгоградка 3) – наоборот, уменьшается. Поэтому в посевах скороспелых сортов рационально использовать высокие дозы удобрений, у среднеспелых – целесообразно применять такие дозы удобрений, которые окупается значительными прибавками урожая на 1 кг д.в. удобрений – 15,2-18,4 кг.

Выводы. Рентабельное возделывание сои напрямую связано с использованием селекционных достижений, выведенных в регионах с высокой концентрацией товарного производства. Орошаемое земледелие, характеризующееся высокими затратами на поливную воду и минеральные удобрения, нуждается в применении отзывчивых на приёмы мелиорации и агротехники сортов и, кроме того, характеризующихся адаптированностью к метеострессам. В этой связи исследования, связанные с изучением зерновой продуктивности сортов региональной волгоградской селекции с различными сроками созревания в условиях орошения, применения разноспелых сортов сои и назначения разных доз удобрения, являются актуальными.

Результаты исследований, связанные с отзывчивостью сортов сои: ВНИИОЗ 86 (очень скороспелый), Волгоградка 2 (скороспелый), ВНИИОЗ 31 (среднескороспелый), Волгоградка 3 (среднеспелый) на орошение и дозы удобрения, рассчитанные на урожайность 2,5 т/га, 3,5 т/га, 4,5 т/га, показали значительную реакцию сортов на интенсификацию производства орошаемой сои в различные по метеоусловиям годы. Потребление растениями поливной воды существенно возросло в годы с гидротермическим коэффициентом ($ГТК_{0,2}$), достигающее доли 76,6 % (3850 м³/га), в сравнении с менее засушливым ($ГТК_{0,5}$) годом – 55,2 % (2250 м³/га). Ранние сорта характеризовались умеренным потреблением оросительной воды 1550-3250 м³/га, чем среднеспелые, – 2250-3850 м³/га.

Высокие уровни урожайности в среднем за годы изучения формировали средне-спелые сорта – 3,61-3,74 т/га, в отличие от ранних генотипов – 2,81-3,57 т/га. Самым экономным водопотреблением отличается новый сорт (в Госсортреестре с 2020 года) Волгоградка 2 – 1135 м³/т.

Анализ реакции сортов на улучшение удобренного фона почвы способствовал отбору лучшего удобрительного варианта почвы с программируемым урожаем – 4,5 т/га зерна – и фактически полученным – 4,15 т/га – относительно неудобренного фона – 2,33 т/га у перспективного сорта Волгоградка 3 (план передачи в Госсорткомиссию 2022 год). Этот сорт характеризуется высокими прибавками урожая на 1 кг д.в. внесённых удобрений – 15,2-18,4 кг по сравнению с более скороспелыми сортами (соответственно 2,83-3,81 т/га, 10-13,8 кг). Внедрение новых сортов сои и улучшение их минерального питания существенно повышает рентабельность производства орошаемой сои.

Библиографический список

1. Адаптация сельского хозяйства России к глобальному изменению климата / А. Г. Папцов и др. 2005. <https://oxfam.ru/upload/iblock/f96/f9622b41f48549945438f2292f509d14.pdf>.
2. Адаптивные высокобелковые сорта сои для возделывания в мелиоративных агроландшафтах южной и центральной России / В. В. Толоконников и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 166-170.
3. Защита сои / В. М. Лукомец и др. // Приложение к журналу защита и карантин растений. 2019. № 1. 75 с.
4. Кошкарлова Т. С. Продуктивность адаптированных сортов сои различных групп спелости на каштановых почвах Нижнего Поволжья: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. Саратов, 2019. 24 с.
5. Овчинников А. С., Чамурлиев Г. О. Режим орошения и водопотребления сои при различных способах основной обработки почвы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2015. № 2. С. 13-18.
6. Особенности высокорентабельного возделывания среднеспелых сортов сои в условиях орошения / В. В. Толоконников и др. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 185-191.
7. Продуктивность сортов сои при различных режимах орошения / В. В. Толоконников и др. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 4. С. 343-352.
8. Чамурлиев Г. О., Толоконников В. В., Чамурлиев О. Г. Соя при орошении в Нижнем Поволжье. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2018. 156 с.
9. Agromeliorative methods of cultivation of a new variety of soybeans Volgogradka 2 under irrigation conditions // V. V. Tolokonnikov et al. // Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. 659 012072.
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Vision. 2016. <http://faostat3.fao.org/download/9/g/e>.
11. Green tech noloqieg the basis bor integration and clustering of subjects at the regional level of economy / V. V. Melihov, A. A. Novikov, L. N. Medvedeva, O. P. Komarova // Contributions to Economics. 2017. № 9783319454610. P. 365-382.
12. Soybean oil crops market Outlook//USDA United States Department of Agriculture. 2016. <http://ers.usda.gov/topics/crops/soybeans-oil-crops/market-outlook.aspx>.

Conclusions. Profitable cultivation of soybeans is directly related to the use of selection achievements bred in regions with a high concentration of commercial production. Irrigated agriculture, characterized by high costs for irrigation water and mineral fertilizers, requires the use of varieties that are responsive to land reclamation and agricultural techniques and, in addition, are characterized by adaptability to meteorological stresses. In this regard, studies related to the study of grain productivity of varieties of regional Volgograd selection with different ripening periods under irrigation conditions, the use of different ripening varieties of soybeans and the appointment of different doses of fertilizer are relevant.

Research results related to the responsiveness of soybean varieties: VNIOZ 86 (very early maturing), Volgogradka 2 (early maturing), VNIOZ 31 (medium early maturing), Volgogradka 3 (mid maturing) to irrigation and fertilizer doses calculated for a yield of 2.5 t / ha, 3, 5 t / ha, 4.5 t / ha showed a significant reaction of varieties to the intensification of irrigated soybean production in different weather conditions. The consumption of irrigation water by plants increased significantly in years with a hydrothermal coefficient (GTK0.2) reaching a share of 76.6% (3850 m³ / ha) in comparison with a less arid year (GTK0.5) - 55.2% (2250 m³ / ha) ... The early varieties were characterized by a moderate consumption of irrigation water 1550 - 3250 m³ / ha, than the mid-ripening ones - 2250 - 3850 m³ / ha.

High levels of yield on average over the years of study formed mid-season varieties - 3.61 - 3.74 t / ha, in contrast to early genotypes - 2.81 - 3.57 t / ha. The most economical water consumption is a new variety (in the State Sort Register since 2020) Volgogradka 2 - 1135 m³ / t.

The analysis of the reaction of varieties to the improvement of the fertilized soil background contributed to the selection of the best fertilizing variant of the soil with a programmed yield of 4.5 t / ha of grain and an actual yield of 4.15 t / ha relative to the unfertilized background - 2.33 t / ha for the promising variety Volgogradka 3 (plan transfer to the State Sort Commission in 2022). This variety is characterized by high yield increases per 1 kg of ai. fertilizers applied - 15.2 - 18.4 kg compared to more early ripening varieties (respectively 2.83 - 3.81 t / ha, 10 - 13.8 kg). The introduction of new varieties of soybeans and the improvement of their mineral nutrition significantly increases the profitability of irrigated soybean production.

References

1. Adaptaciya sel'skogo hozyajstva Rossii k global'nomu izmeneniyu klimata / A. G. Papcov i dr. 2005. <https://oxfam.ru/upload/iblock/f96/f9622b41f48549945438f2292f509d14.pdf>.
2. Adaptivnye vysokobelkovye sorta soi dlya vozdeleyvaniya v meliorativnyh agrolandshaftah yuzhnoj i central'noj Rossii / V. V. Tolokonnikov i dr. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 4 (52). P. 166-170.
3. Zashchita soi / V. M. Lukomec i dr. // Prilozhenie k zhurnalu zashchita i karantin rastenij. 2019. № 1. 75 p.
4. Koshkarova T. S. Produktivnost' adaptirovannyh sortov soi razlichnyh grupp spelosti na kashtanovyh pochvah Nizhnego Povolzh'ya: avtoref. diss... kand. s. -- h. nauk. Saratov, 2019. 24 p.
5. Ovchinnikov A. S., Chamurlijev G. O. Rezhim orosheniya i vodopotrebleniya soi pri razlichnyh sposobah osnovnoj obrabotki pochvy // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2015. № 2. P. 13-18.
6. Osobennosti vysokorentabel'nogo vozdeleyvaniya srednespelyh sortov soi v usloviyah orosheniya / V. V. Tolokonnikov i dr. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3 (51). P. 185-191.
7. Produktivnost' sortov soi pri razlichnyh rezhimah orosheniya / V. V. Tolokonnikov i dr. // Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. 2020. T. 15. № 4. P. 343-352.
8. Chamurlijev G. O., Tolokonnikov V. V., Chamurlijev O. G. Soya pri oroshenii v Nizhnem Povolzh'e. Volgograd: FGBOU VO Volgogradskij GAU, 2018. 156 p.
9. Agromeliorative methods of cultivation of a new variety of soybeans Volgogradka 2 under irrigation conditions // V. V. Tolokonnikov et al. // Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. 659 012072.
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Vision. 2016. <http://faostat3.fao.org/download/9/g/e>.
11. Green tech nologieg the basis for integration and clustering of subjects at the regional level of economy / V. V. Melihov, A. A. Novikov, L. N. Medvedeva, O. P. Komarova // Contributions to Economics. 2017. № 9783319454610. P. 365-382.
12. Soybean oil crops market Outlook//USDA United States Department of Agriculture. 2016. <http://ers.usda.gov/topics/crops/soybeans-oil-crops/market-outlook.aspx>.

Author's Information

Tolokonnikov Vladimir Vasilievich, Leading Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture", Doctor of Agricultural Sciences, Tel.: 8 (8442) 60-24-28; e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru

Mukhametkhanova Suria Sergeevna, master, laboratory assistant-researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture" (RF, 400002, Volgograd, Timiryazeva St., 9) Tel.: 8 (8442) 60-24-28, 8 9627606612; e-mail: muha2014damir@mail.ru

Kantser Galina Pavlovna, senior laboratory assistant of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture", Tel.: 8 (8442) 60-24-28; e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru

Vronskaya Lyubov Vasilievna, postgraduate student, junior researcher, Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture", Tel.: 8 (8442) 60-24-28; e-mail: vronskaya-l@mail.ru

Информация об авторах

Толоконников Владимир Васильевич, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», доктор сельскохозяйственных наук, Тел.: 8(8442)60-24-28; e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5457-0947>

Мухаметханова Сурия Сергеевна, магистрант, лаборант-исследователь Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9) Тел.: 8(8442)60-24-28, 8 9627606612; e-mail: muha2014damir@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9002-1344>

Канцер Галина Павловна, старший лаборант Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9). Тел.: 8(8442)60-24-28; e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5785-5550>

Вронская Любовь Васильевна, аспирант, младший научный сотрудник, Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9). Тел.: 8(8442)60-24-28; e-mail: vronskaya-l@mail.ru **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7753-9229>

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-10

ASSESSMENT OF THE QUALITY AND SANITARY CONDITION OF CROPS OF THE STATE PROTECTIVE FOREST STRIP VORONEZH-ROSTOV-ON-DON IN THE ROSTOV REGION CONDITIONS

T. Y. Turchin^{1,2}, V. V. Tanyukevich³, I. A. Bakanov³

¹*South European Research Forestry Experimental Station,
a branch of the All-Russian Research Institute of Forestry and Forestry Mechanization, Rostov region*

²*The State Museum-Reserve named after M. A. Sholokhov, Rostov region*

³*Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov,
Novocherkassk*

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

Received 10.05.2021

Submitted 17.08.2021

Abstract

Introduction. By the present, a significant part of state protective forest strip (SPFS) stands has reached the third final age stage of the plantings development, accompanied by a steady decrease in increment and, especially, the closeness of the tree canopy. In this regard, it is very important now to assess the crops quality (successfulness) and their sanitary condition in order to justify the optimal age of felling the renewal of plantings and other necessary forestry measures. **Object.** Plantings of the Voronezh-Rostov-

on-Don state forest belt within the Rostov region boundaries. The quality of crops and their sanitary condition. The sanitary condition of forest stands is understood as the characteristic of their weakening and/or drying out according to a set of characteristics. **Materials and methods.** Temporary test areas (runways) were laid out according to the industry standard. The assessment of the forest plantations of state forest belts quality (successfulness) carried out according to the forest crops assessment scale. The plantings status classes were determined according to the departmental Management. **Results and discussion.** In the Voronezh-Rostov state forest belt within the Rostov region boundaries, five main forest-forming species should be distinguished: oak, ash, elm, pine, and false acacia. Artificial plantings of the state forest belt in most of the area (60.5% of the area) have an average completeness of 0.6-0.7, which generally indicates a high-quality selection of the main forest-forming species in relation to soil conditions, on the one hand, and the correct choice of the crops type and the required planting density, taking into account the rooting and survival rate of plants at all stages of forest cultivation – on the other. The assessment of the state forest belt plantings by condition classes indicates that 2/3 of their area is classified as Class II, which is classified as completely healthy stands (50-75% of healthy trees) with a slight weakening of the growth rate of the main species.

Key words: state protective forest strip Voronezh-Rostov-on-Don, forest crops, quality of plantings, sanitary condition.

Citation. Turchin T.Y., Tanyukevich V.V., Bakanov I.A. Assessment of the quality and sanitary condition of crops of the state protective forest strip Voronezh – Rostov-on-Don in the Rostov region conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 104-115 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-10.

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

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

УДК 630*2

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ КУЛЬТУР ГЗЛП ВОРОНЕЖ – РОСТОВ-НА-ДОНУ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Т. Я. Турчин^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук
В. В. Танюкевич³, доктор сельскохозяйственных наук
И. А. Баканов³, аспирант

¹ Южно-европейская научно-исследовательская лесная опытная станция,
филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства
и механизации лесного хозяйства, Ростовская обл., ст. Вешенская

² Государственный музей-заповедник М. А. Шолохова, Ростовская обл. ст. Вешенская

³ Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова
ФГБОУ Донской ГАУ, г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 10.05.2021

Дата принятия к печати 17.08.2021

Актуальность. К настоящему времени значительная часть древостоев ГЗЛП достигла третьего завершающего возрастного этапа развития насаждений, который сопровождается устойчивым снижением прироста и сомкнутости древесного полога. В этой связи очень важно сейчас дать оценку качества (успешности) культур и их санитарного состояния с целью обоснования оптимального возраста рубки обновления насаждений и других, необходимых лесоводственных мероприятий. **Объект исследования.** Насаждения Гослесополосы Воронеж – Ростов-на-Дону в границах Ростовской области. **Предмет исследования.** Качество культур и их санитарное состояние. Под санитарным состоянием лесных насаждений понимается характеристика их ослабления и/или усыхания по комплексу признаков. **Материалы и методы.** Временные пробные площади (ВПП) закладывались согласно отраслевому стандарту. Оценка качества (успешность) лесонасаждений Гос-

лесополос проводилась по шкале оценки состояния лесных культур. Классы состояния насаждений определялись по ведомственному Руководству. **Результаты и обсуждение.** В Гослесополосе Воронеж – Ростов-на-Дону в границах Ростовской области следует выделить пять основных лесообразующих пород: дуб, ясень, вяз, сосна, робиния лжеакация. Искусственные насаждения на большей части площади (60,5 %) имеют среднюю полноту 0,6-0,7, что свидетельствует о качественном подборе основных лесообразующих пород применительно к почвенным условиям, с одной стороны, с другой – о правильном выборе типа культур и требуемой густоте посадки, учитывающей приживаемость и сохранность растений на всех этапах лесовыращивания. Около 70 % площади Гослесополосы отнесены ко II классу состояния, что классифицируется как вполне здоровые древостои (50-75 % здоровых деревьев) с незначительным ослаблением темпов роста главной породы.

Ключевые слова: Государственная защитная лесная полоса Воронеж – Ростов-на-Дону, ГЗЛП, лесные культуры, качество насаждений лесных полос, санитарное состояние лесных полос.

Цитирование. Турчин Т. Я., Танюкевич В. В., Баканов И. А. Оценка качества и санитарного состояния культур ГЗЛП Воронеж – Ростов-на-Дону в условиях Ростовской области. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 104-115. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-10.

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. Государственная защитная лесная полоса (ГЗЛП) Воронеж – Ростов-на-Дону, имея протяженность 920 км, проходит через обширные засушливые районы Воронежской, Волгоградской и Ростовской областей и в комплексе с естественными лесами и системой полезащитных насаждений выполняет важную роль в защите урожаев сельскохозяйственных культур, способствует преобразованию степного ландшафта в агролесоландшафт [1-3, 4]. К настоящему времени значительная часть древостоев ГЗЛП достигла третьего завершающего возрастного этапа развития насаждений, сопровождающегося устойчивым снижением прироста и, особенно, сомкнутости древесного полога, что требует планирования необходимых лесоводственных мелиораций [5, 6]. В этой связи очень важно сейчас дать оценку качества (успешности) культур и их санитарного состояния с целью обоснования оптимального возраста рубки обновления насаждений и других, необходимых лесоводственных мероприятий.

Породный состав, состояние и устойчивость древостоев в широкополосных насаждениях частично изучалась отечественными и зарубежными исследователями [7-14]. Наиболее полно качество лесных культур Гослесополосы изучено в условиях Волгоградской области. Так, известно, что в насаждениях 32-45 лет на черноземах (обыкновенных и южных) преобладают древостои удовлетворительного (более 65 % площади) и хорошего (35 %) качества, а в поясе каштановых почв – удовлетворительного (58 %) и неудовлетворительного (37 %). Данные о качестве более возрастных лесных культур ГЗЛП и их санитарном состоянии в отечественной литературе отсутствуют.

Цель исследований – на основании аналитических материалов дать оценку качества и санитарного состояния 50-70-летних культур ГЗЛП Воронеж-Ростов-на-Дону в условиях Ростовской области.

Материалы и методы. Объектом исследований являются насаждения Гослесополосы Воронеж – Ростов-на-Дону, расположенные на территории Ростовской области. В северной части региона исследований (Верхнедонское, Шолоховское лесничества) насаждения ГЗЛП, расположенные на правом берегу р. Дон, произрастают на

южных черноземах, а на левом берегу находятся в азональных условиях песчаных массивов. В южной части на отрезке от г. Волгодонска до г. Ростова спектр почвенных условий более вариативен: черноземы южные (Усть-Донецкое лесничество), черноземы обыкновенные карбонатные (Семикаракорское, Шахтинское лесничества), темно-каштановые почвы (Романовское лесничество), каштановые почвы (Приморское участковое лесничество). Более детальное исследование о влиянии чистых и смешанных насаждений на качество и санитарное состояние древостоев проводилось в зоне охраняемого природного ландшафта государственного музея-заповедника М.А. Шолохова (ВПП. 1-5). Выбранные пробные площади характеризуются удовлетворительным и хорошим качеством, так как культуры имеют полноту.

Климатические условия в пределах Ростовской области достаточно разнятся: средняя годовая температура воздуха составляет 6,6 °С на севере и 9,5 °С на юге. По теплообеспеченности северная часть относится к зоне средних культур (2200-2600 °С), а южная – к зоне среднепоздних культур (2700-3400 °С). Относительно высокие термические условия определяют значительную величину испаряемости (в среднем 967 мм). Среднегодовое количество осадков уменьшается с севера-запада (500 мм) на юго-восток (до 340 мм), т.е. весь регион находится в засушливой и очень засушливой зонах [5].

Предметом исследований служило качество культур и их санитарное состояние. Оценка качества (успешность) лесонасаждений гослесополос проводилась в соответствии с ГОСТ Р57973 (Санитарная безопасность в лесах) по шкале оценки состояния лесных культур, при этом лесонасаждения, имеющие полноту 0,8 и выше, имели оценку «хорошие», 0,5-0,7 – «удовлетворительные», 0,4-0,5 – «неудовлетворительные», 0,3 и ниже – погибшие.

Под санитарным состоянием лесных насаждений понимается характеристика их ослабления и/или усыхания по комплексу признаков, в том числе, по соотношению числа (запасов) деревьев разных категорий состояния, доли сухостоя, запаса, захламленности и характеру их распространения в насаждении. Выделены следующие классы состояния насаждений:

I – здоровые, где число здоровых деревьев не менее 75 %. Налицо признаки успешного роста и развития главной породы. В насаждениях, сомкнувшихся кронами, складывается или уже сложилась лесная обстановка, образовалась лесная подстилка;

II – вполне здоровые – число здоровых деревьев от 50 до 75 %, с формирующейся под пологом леса подстилкой, но по каким-либо причинам характеризующиеся несколько замедленным ростом главной породы;

III – с признаками слабой жизнеустойчивости и низкой продуктивности, с недостаточным участием главной породы (от 25 до 50 %) и замедленным ее ростом при сильной засоренности почвы;

IV – совершенно расстроенные насаждения с сохранившейся главной породой в количестве менее 25 %;

V – полностью погибшие насаждения, с сохранностью главной породы менее 10 %;

VI – сухостой прошлых лет.

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 трех циклов смещения, 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, возраста, полноты осуществлялось в соответствии с действующей Лесоустроительной инструкцией.

Результаты. По породному составу в насаждения ГЗЛП Воронеж – Ростов-на-Дону в условиях Ростовской области можно выделить пять основных лесообразующих пород (ОЛП). Повсеместно, за явным преимуществом доминируют дубняки, в северной части региона (Верхнедонское, Шолоховское лесничества) они занимают более половины общей площади насаждений гослесополосы (55,1 %), а в южной части (Шахтинское, Романовское, Усть-Донецкое лесничества) их доминирование еще выше (76,0 % покрытой лесом площади).

Второе место занимают насаждения ясеня зеленого, доля которых на севере почти в два раза выше, чем на юге.

Почти 300 га приходится на лесные культуры сосны обыкновенной (III место), и если в северной части они занимают 1/4 от общей площади гослесополосы, то на юге их площадь крайне низка (всего 1,4 %, или 33 га).

Обратная тенденция долевого участия в лесопокрытой площади характерна для вязовников, доля которых в южной части увеличивается в 8,5 раз.

Площадь насаждений робинии псевдоакалии как в северной, так и в южной частях региона исследований достаточно низка (2,8-3,1 %). Для детального исследования качества культур гослесополосы и их санитарного состояния заложено 26 ВПП (таблица 1). Пробные площади закладывались в насаждениях ОЛП, произрастающих в различных почвенных условиях: южные черноземы, черноземы обыкновенные карбонатные, темно-каштановые и каштановые почвы и азональные условия песчаных массивов и почв.

Таблица 1 – Оценка качества и санитарного состояния культур ГЗЛП
Воронеж – Ростов-на-Дону в различных почвенных условиях Ростовской области

Table 1 – Assessment of the quality and sanitary condition of crops of the state protective forest strip Voronezh-Rostov-on-Don in the Rostov region conditions

№ площади / no of area	Участковое лесничество, квартал/выдел / District forestry, quarter/allotment	Возраст, лет / Age, years	Состав / Composition	Полнота / Completeness	Качество культур / Crops quality	Санитарное состояние / Sanitary state	
						здоровые деревья, шт./% / healthy trees, pes./%	класс состояния / condition class
1	2	3	4	5	6	7	8
Черноземы южные / Southern chernozems							
1	Базковское / Bazkovskoye, 39/7	69	10ДНН	0,7	УД/SATISF.	826/70,0	II
2	Базковское / Bazkovskoye, 39/12	69	10ДНН	0,6	УД/SATISF.	755/64,5	II
3	Базковское / Bazkovskoye, 41/1	70	8ДНН 2ЯЗ	0,8	ХОП/GOOD.	944/80,0	I
4	Еланское / YElanskoye, 139/2	70	8ДНН 2ЯО	0,7	УД/SATISF.	908/77,7	I
5	Базковское / Bazkovskoye, 41/2	70	5ДНН 2ЯЗ	0,7	УД/SATISF.	773/65,5	II
Черноземы обыкновенные карбонатные / Ordinary carbonate chernozems							
6	Шахтинское / SHahtinskoye, 45/1	68	6ДН 4ЯЗ	0,8	ХОП/GOOD.	870/92,5	I
7	Шахтинское / SHahtinskoye, 44/1	66	5ДН 4ЯЗ 1КЛО	0,7	УД/SATISF.	522/60,0	II

******* ИЗВЕСТИЯ *******

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

№ 3 (63), 2021

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Шахтинское / SHahtinskoye, 42/6	58	10ДН	0,6	УД/SATISF.	478/55,3	II
9	Багаевское / Baga-yevskoye, 19/1	61	10ДНН	0,5	НЕУД/UNSA TISF.	261/30,3	III
10	Атаманское / Ata-manskoye, 89/3	62	5ДН	0,6	УД/SATISF.	402/75,8	I
			5ЯЗ				
			+КЛО				
Темно-каштановые почвы / Dark chestnut soils							
11	Волгодонское / Volgo-donskoye 3/1	54	10ДНН	0,6	УД/SATISF.	525/70,0	II
12	Волгодонское / Volgo-donskoye 23/1	56	10ДНН	0,5	НЕУД/UNSA TISF.	300/40,5	III
13	Волгодонское / Volgo-donskoye 26/1	50	10А	0,6	УД/SATISF.	495/66,5	II
14	Цимлянское / TSim-lyanskoye, 35/1	64	6ДНН	0,7	УД/SATISF.	325/74,0	II
			3ВМ				
			1ЯЗ				
15	Волгодонское / Volgo-donskoye 200/1	63	7ДНН	0,7	УД/SATISF.	487/65,5	II
			3ЯЗ				
16	Волгодонское / Volgo-donskoye 200/4	63	9ДНН	0,5	НЕУД/UNSA TISF.	337/45,0	III
			1ЯЗ				
Каштановые почвы / Chestnut soils							
17	Приморское / Primor-skoYe, 21/2	55	10ДНН	0,6	УД/SATISF.	364/70,0	II
18	Приморское / Primor-skoYe, 15/6	53	10ДН	0,5	НЕУД/UNSA TISF.	125/24,8	IV
19	Приморское / Primor-skoYe, 2/1	65	6А	0,5	НЕУД/UNSA TISF.	125/24,0	IV
			2ДНН				
			2ВМ				
20	Приморское / Primor-skoYe, 8/4	50	7ДНН	0,6	УД/SATISF.	234/45,0	III
			2ВМ				
			1ЯЗ				
21	Приморское / Primor-skoYe, 21/1	69	10ВМ	0,5	НЕУД/UNSA TISF.	78/15,4	IV
22	Приморское / Primor-skoYe, 3/1	65	10ВМ	0,5	НЕУД/UNSA TISF.	104/20,0	IV
Азональные почвы (пески) / Azonal soils (sands)							
23	Антиповское / An-tipovskoye, 99/4	64	10СО	0,6	УД/SATISF.	650/70,5	II
24	Вешенское / Vesh-enskoye, 98/2	64	10СО	0,8	ХОР/GOOD.	950/80,5	I
25	Антиповское / An-tipovskoye, 99/11	64	10СО	0,7	УД/SATISF.	856/70,5	II
26	Волгодонское / Volgo-donskoye 26/1	48	10СО	0,7	УД/SATISF.	810/74,0	II

Так, в условиях южных черноземов чистые дубовые и дубово-ясеновые культуры имеют полноту 0,6-0,8, следовательно, характеризуются удовлетворительным и хорошим качеством (ПП – 1-5). Наивысший класс санитарного состояния в большей мере присущ сложным двухъярусным дубнякам, где в возрасте 70 лет на 1 га насчитывается более 900 здоровых деревьев. На черноземах обыкновенных карбонатных, так же как и на южных

черноземах, лучшим качеством и санитарным состоянием характеризуются двухъярусные дубово-ясеневые культуры (ПП – 6, 7, 8, 10). Вместе с тем в Багаевском участковом лесничестве чистые дубняки (ПП – 9) имеют неудовлетворительное качество и слабую жизнеспособность (III класс состояния). Вышеизложенное свидетельствует, о том, что здесь должны быть назначены и проведены лесоводственные реконструктивные мероприятия.

На темно-каштановых почвах чистые насаждения дуба (ПП – 11), робинии (ПП – 13) и смешанные дубово-ясеневые культуры (ПП – 15) имеют удовлетворительное качество и II класс санитарного состояния. Неудовлетворительное качество культур оценено в чистых дубовых (ПП – 12) и дубово-ясеневых (ПП – 16) насаждениях. Качество здоровых деревьев в таких насаждениях значительно ниже (всего 300-325 шт.), чем в аналогичных насаждениях, произрастающих на черноземах.

Самое худшее качество имеют насаждения дуба, вяза и робинии на каштановых почвах (ПП – 18, 19, 21, 22), где жизнеспособность культур оценивается IV классом состояния. Такие насаждения не имеют лесоводственной перспективы, поэтому здесь должны быть проведены сплошные санитарные рубки и заново созданы лесные культуры, в том числе, с участием кустарниковых пород.

В азональных условиях песчаных почвах успешно произрастают лесные культуры сосны обыкновенной, реже сосны крымской. Их качественное и санитарное состояние как северной, так и в южной части региона исследований не вызывает тревоги.

Исследователями также устанавливались различия в качестве чистых и смешанных культур. Так, анализируя качество чистых и смешанных культур дуба, ясеня, робинии и вяза на черноземах (южных, карбонатных), можем сделать вывод, что и в смешанных насаждениях число деревьев главных пород, их средняя высота и качество несколько выше. Следовательно, на лицо благотворное влияние сопутствующих пород (Кю, Клт, Гл, Гр, Яб, Абр) на главную. На каштановых почвах данная тенденция не прослеживается. Видимо, в более жестких лесорастительных условиях положительная роль спутников несколько нивелируется.

От локальных предметных исследований перейдем к обобщенной характеристике качества культур по типам почв во всем регионе (таблица 2).

Таблица 2 – Успешность лесных культур ГЗЛП Воронеж-Ростов-на-Дону
в Ростовской области

Table 2 – The successfulness of forest crops of the Voronezh-Rostov-on-Don State SPFS
in the Rostov region

Почвы / Soils	Успешность лесных культур, га/% / Forest soils successfulness, ha/%			Итого / Total
	Хорошие / Good	Удовлетворитель- ные / Satisfactory	Неудовлетворительные / Unsatisfactory	
Юж. Чернозем / Southern chernozems	485,0	811,0	121,0	1417,0
	34,23	57,23	8,54	100,00
Чернозём об. карб. / Ordinary carbonate chernozems	299,0	761,0	99,0	1159,0
	25,81	65,65	8,54	100,00
Тёмно-каштановые / Dark chestnut soils	59,0	158,0	50,0	267,0
	22,11	59,18	18,71	100,00
Каштановые / Chestnut soils	55,8	159,9	26,3	242,0
	23,07	66,07	10,86	100,00
Азональные (пески) / Azonal soils (sands)	114,0	152,0	22,0	288,0
	39,58	52,78	7,64	100,00
Итого / Total	1012,8	2041,9	318,3	3373,0
	30,03	60,53	9,44	100,00

В целом, качество лесных культур ГЗЛП Воронеж-Ростов-на-Дону вполне удовлетворительное, так как на 60,5 % площади сформировались искусственные насаждения со средней полнотой 0,6-0,7. Культуры хорошего качества полнотой 0,8 и выше занимают около 1/3 от общей площади, при этом максимальная доля таких культур произрастает на южных черноземах (34,2 % площади). Доля культур неудовлетворительного качества с низкой полнотой (0,4-0,5) составляет в среднем 9,44%. Наибольшая площадь таких насаждений произрастает на темно-каштановых почвах (18,75 %). Что же касается качества культур ОЛП, в частности, основной и преобладающей породы – дуба черешчатого, то оно максимально в Верхнедонском лесничестве в зоне южных черноземов (37 % площади высокополнотных насаждений). Примерно такое же количество культур хорошего качества (39,7 % площади) характерно для насаждений сосны обыкновенной, произрастающей на песчаных и супесчаных почвах.

Лесные культуры ясеня зеленого, преимущественно созданные на южных черноземах, имеют несколько меньшую полноту. Так, в Шолоховском лесничестве высокополнотные насаждения ясеня занимают 28,5 % площади, среднеполнотные – 48,2 %, низкополнотные – 25,3 %. Среди лесных культур вяза приземистого, доминирующих на темно-каштановых и каштановых почвах, высокополнотных насаждений вовсе не оказалось, искусственные вязовники имеют среднюю (79,5%) и низкую полноту (20,5 % площади).

Вышеизложенное свидетельствует о качественном подборе основных лесообразующих пород применительно к почвенным условиям, с одной стороны, с другой – о правильном выборе типа культур и требуемой густоте посадки, учитывающей приживаемость и сохранность растений на всех этапах лесовыращивания.

Оценивая распределение площади насаждений ГЗЛП по классам состояния в целом, отмечаем, что почти 2/3 их площади отнесены ко II классу состояния (таблица 3).

Таблица 3 – Распределение площади насаждений ГЗЛП Воронеж – Ростов-на-Дону по классам состояния на территории Ростовской области

Table 3 – The plantings area distribution of the SPFS Voronezh – Rostov-on-Don in the Rostov region territory by condition classes

Типы, подтипы почв / Soil types, subtypes	Классы состояния, га/% / Condition classes, ha/%				Итого /Total
	I	II	III	IV	
Юж. Чернозем / Southern chernozems	301,2	855,4	241,7	18,7	1417,0
	21,25	60,37	17,06	1,32	100,00
Чернозём об. карб. / Ordinary carbonate chernozems	21,0	784,0	332,3	21,7	1159,0
	1,81	67,64	28,67	1,88	100,00
Тёмно-каштановые / Dark chestnut soils	16,0	160,0	79,0	12,0	267,0
	5,99	59,93	29,59	4,49	100,00
Каштановые / Chestnut soils	14,0	144,0	73,0	11,0	242,0
	5,78	59,50	30,17	4,55	100,00
Азональные (пески) / Azonal soils (sands)	105,2	173,7	9,1	-	288,0
	36,53	60,31	3,16	-	100,00
Итого / Total	457,4	2117,1	735,1	63,4	3373,0
	13,56	62,77	21,79	1,88	100,00

Это означает, что в древостоях насчитывается 50-75% здоровых деревьев, а насаждения в целом следует характеризовать как вполне здоровое или замедленный рост деревьев главной породы указывает на незначительное ослабление состояния насаждения. Однако, с другой стороны, данное состояние не требует срочного назначения лесоводственных мероприятий. Максимальная площадь абсолютно здоровых насаждений (I класс состояния) сосредоточена в зоне южных черноземов (21,25 % площади). С продвижением на юг

и особенно на юго-восток доля таких насаждений существенно сокращается (в 3,5 раза и более раз). Вместе с тем здесь значительно возрастает доля насаждений III класса состояния (25-50 % здоровых деревьев). Так, в районе черноземов обыкновенных карбонатных она составляет 28,67 % площади, а на темно-каштановых и каштановых почвах возрастает до 30 и более процентов. Такие насаждения нуждаются в срочном принятии всех необходимых мер по оздоровлению их состояния.

В равной степени это относится и к насаждениям IV класса состояния, общая площадь которых в регионе исследований пока незначительна (1,88 % площади).

Данная тенденция в целом сохраняется и при анализе распределения состояния насаждений в разрезе основных лесообразующих пород в лесничествах Донского региона. Так, максимальная площадь дубрав I класса состояния сформировалась на южных черноземах в границах Верхнедонского лесничества (61,4 % площади). Вместе с тем вызывает серьезную тревогу достаточно высокая доля дубняков (68,4 % площади) III класса состояния на карбонатных черноземах (Шахтинское лесничество).

Сосновые насаждения повсеместно характеризуются I-II классом состояния со значительным преобладанием здоровых деревьев в насаждениях.

Состояние лесных культур ясеня зеленого, вяза приземистого и робинии псевдоакалии в зоне южных и карбонатных черноземов оценивается, как правило, II классом, а на темно-каштановых и каштановых почвах преимущественно III классом и требует срочного проведения необходимых лесоводственных мероприятий.

Выводы. В Гослесополосе Воронеж – Ростов-на-Дону в границах Ростовской области следует выделить пять основных лесообразующих пород: дуб черешчатый, ясень зеленый, сосна обыкновенная, вяз мелколистный, робиния псевдоакалия. Долевое участие насаждений этих пород в зависимости от географических и почвенных условий существенно различается. Повсеместно, на всех типах почвенных разностей доминируют лесные культуры дуба, занимающие от 55,1 % лесокультурной площади в северной части области до 76,0 % на юге. Наименьшую площадь занимают насаждения робинии псевдоакалии (2,8-3,1 % площади).

Искусственные насаждения Гослесополосы на большей части площади (60,5% площади) имеют среднюю полноту 0,6-0,7. Культуры хорошего качества с полнотой 0,8 и выше занимают треть лесопокрытой площади. Доля культур неудовлетворительного качества (полнота насаждений 0,4-0,5) в регионе составляет в среднем 9,44%, наибольший объем таких насаждений сосредоточен на темно-каштановых почвах и представлен чистыми и смешанными вязовниками.

Оценка насаждений Гослесополосы по классам состояния показала, что 2/3 их площади отнесены ко II классу, что классифицируется как вполне здоровые древостои с незначительным ослаблением темпов роста главной породы. Доля абсолютно здоровых насаждений (I класс состояния) сосредоточена в зоне южных черноземов (21,25 %). С продвижением на юг и юго-восток доля таких насаждений сокращается в 3,5 и более раз. Вместе с тем, здесь (каштановые и темно-каштановые почвы) значительно возрастает доля насаждений (ясеня зеленого, вяза приземистого, робинии и частично дуба) III класса состояния, требующих срочного проведения лесовосстановительных мероприятий.

Библиографический список

1. Ерусалимский В. И., Рожков В. А. Многофункциональная роль защитных лесных насаждений // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2017. № 88. С. 121-137.
2. Кулик А. К., Власенко М. В. Эколого-гидрологическая оценка воздействия сельского и лесного хозяйства на песчаные земли Верхнего Дона // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 1 (57). С. 89-94.

3. Кулик К. Н. Защитные лесные насаждения – основа экологического каркаса агротерриторий // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 18-21.
4. Кулик К. Н., Манаенков А. С. К вопросу о состоянии защитного лесоразведения в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 23-33.
5. Турчин Т. Я., Баканов И. А. Структура насаждений государственной защитной лесной полосы Воронеж-Ростов-на-Дону на обыкновенных чернозёмах // Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3(59). С. 1-9.
6. Чеплянский И. Я. Перспективный ассортимент древесных пород в насаждениях государственных защитных лесных полос в степной зоне европейской части Российской Федерации // Лесная мелиорация и эколого-гидрологические проблемы Донского водосборного бассейна: матер. нац. науч. конференции. Волгоград, 2020. С. 167-171.
7. 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.
8. Gardner R. Trees as technology: planting shelterbelts on Great Plains // History and Technology. 2020. Vol. 25. Iss. 4. P. 325-341.
9. Juang J. Y., Zhang J. Effect of forest shelterbelt as a regional climate improver along the old course of the Yellow River, China // Agroforestry Systems. 2017. Vol. 91. P. 393-401.
10. Kopy 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.
11. Marots G. A., Sorenson C. J. Deplition of a Great Plains resource: the case of shelterbelts. <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/depletion-of-a-great-plains-resource-the-case-of-shelterbelts>.
12. Ulian T., Ceci P., Ambrose E. Branching out Africa's Great Green Wall. <https://www.researchgate.net/publication/335464913>.
13. Xia J. B., Ren J. Y. Forest and grass composite patterns improve the soil quality in the coastal saline-alkali land of the Yellow River Delta, China // Geoderma. 2019. № 349. Pp. 25-35.
14. Xue J., Su B. Significant remote sensing vegetation indices: a review of developments and applications. Journal of Sensors. 2017. Vol. 1. Pp. 1-17.

Conclusions. In the Voronezh-Rostov State Forest belt within the Rostov region, boundaries five main forest-forming species should be distinguished: petiolated oak, green ash, common pine, small-leaved elm, robinia pseudoacacia. The plantings percentage of these species varies significantly depending on geographical and soil conditions. Everywhere, on all types of soil differences, oak forest crops dominate, occupying from 55.1% of the forest-cultivated area in the northern part of the region to 76.0% in the south. The smallest area is occupied by plants of robinia pseudoacacia (2.8-3.1% of the area).

Artificial plantings of the State Forest belt in most of the area (60.5% of the area) have an average completeness of 0.6-0.7. Good quality crops with a completeness of 0.8 and higher occupy a third of the forested area. The percentage of crops of unsatisfactory quality (the completeness of plantings is 0.4-0.5) in the region is on average 9.44%, the largest volume of such plantings is concentrated on dark chestnut soils and is represented by pure and mixed elm stands.

The assessment of the State Forest Belt plantings by condition classes showed that 2/3 of their area is classified as Class II, which is classified as quite healthy forests with a slight weakening of the growth rate of the main species. The percentage of absolutely healthy plantings (I class of condition) is concentrated in the zone of southern chernozems (21.25%). At movement to the south and southeast, the percentage of such plantings decreases by 3.5 or more times. At the same time, here (chestnut and dark chestnut soils), the proportion of plantings (green ash, squat elm, robinia and partly oak) of the III class of condition that require urgent reforestation measures increases significantly.

Reference

1. Yeruslimsky V. I., Rozhkov V. A. Multifunctional role of protective forest stands // Bulletin of the Dokuchaev Soil Institute. 2017. № 88. Pp. 121-137.
2. Kulik A. K., Vlasenko M. V. Ecological and hydrological assessment of the rural and forestry impact on the sandy lands of the Upper Don // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2015. No. 1 (57). Pp. 89-94.
3. Kulik K. N. Protective forest plantations are the basis of the agricultural areas ecological framework // Bulletin of the Russian agricultural science. 2018. No. 1. Pp. 18-21.
4. Kulik K. N., Manaenkov A. S. On the question of the protective afforestation condition in the Volgograd region // Proceedings of the Lower Volga Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. No. 1 (57). Pp. 23-33.
5. Turchin T. Ya., Bakanov I. A. The structure of plantings of the state protective forest strip Voronezh-Rostov-on-Don on ordinary chernozems // Proceedings of the Lower Volga Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2020. № 3 (59). Pp. 1-7.
6. Cheplyansky I. Ya. Promising assortment of tree species in plantings of state protective forest strips in the steppe zone of the European part of the Russian Federation // Forest melioration and ecological and hydrological problems of the Don catchment basin: mater. national scientific conferences. Volgograd, 2020. P. 167-171.
7. Cheplyansky I. Ya., Zasoba V. V., Popovichev V. V. Forest and non-forest lands in state protective forest strips in Russia // Actual problems of the forest complex. 2018. No. 51. Pp. 91-95.
8. Gardner R. Trees as technology: planting shelterbelts on Great Plains // History and Technology. 2020. Vol. 25. Iss. 4. P. 325-341.
9. Juang J. Y., Zhang J. Effect of forest shelterbelt as a regional climate improver along the old course of the Yellow River, China // Agroforestry Systems. 2017. Vol. 91. P. 393-401.
10. 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.
11. Marots G. A., Sorenson C. J. Deplition of a Great Plains resource: the case of shelterbelts. <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/depletion-of-a-great-plains-resource-the-case-of-shelterbelts>.
12. Ulian T., Ceci P., Ambrose E. Branching out Africa's Great Green Wall. <https://www.researchgate.net/publication/335464913>.
13. Xia J. B., Ren J. Y. Forest and grass composite patterns improve the soil quality in the coastal saline-alkali land of the Yellow River Delta, China // Geoderma. 2019. № 349. Pp. 25-35.
14. Xue J., Su B. Significant remote sensing vegetation indices: a review of developments and applications. Journal of Sensors. 2017. Vol. 1. Pp. 1-17.

Author's 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
Tanyukevich Vadim Viktorovich, Professor of the Department of forestry and forest reclamation of the Novochoerkassk engineering and melioration Institute named after A. K. Kortunov, Novochoerkassk, Russian Federation, vadimlug79@mail.ru

Bakanov Ilya Aleksandrovich, postgraduate student, student of the Novochoerkassk engineering and melioration Institute named after A. K. Kortunov, Novochoerkassk, Russian Federation, 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 (ст. Вёшенская, Шолоховский р-н, Ростовская обл., Российская Федерация, t_turchin64@mail.ru)

Танюкевич Вадим Викторович, профессор кафедры лесоводства и лесных мелиораций Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А.К. Кортунова (РФ, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111). vadimlug79@mail.ru

Баканов Илья Александрович, аспирант, студент Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А.К. Кортунова (РФ, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111). Bakanov61rus@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-11

THE INFLUENCE OF GROWTH STIMULATORS ON THE YIELD AND ECONOMIC EFFICIENCY OF ONIONS IN THE CONDITIONS OF THE ARID ZONE OF THE ASTRAKHAN REGION

N.V. Tyutyuma, A.N. Bondarenko, D.V. Chernik

*Federal State Budget Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center
of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region*

Received 01.06.2021

Submitted 26.07.2021

*The research was carried out in the framework of research in 2018-2021. "Improve zonal
agricultural technologies for crop cultivation in order to effectively use the natural
resource potential of agricultural landscapes of the Northern Caspian region
" Topic № 0722-2019-0016*

Summary

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

Abstract

Introduction. In the zone of the North-Western Caspian Sea, the cultivation of onions is considered very expensive. The main share of investments falls on drip irrigation of this crop. A small supply of nutrients in light chestnut saline soils is replenished by the introduction of mineral fertilizers and the use of preparations that stimulate the development of onions. **Object.** Various varieties of onions of domestic selection. **Materials and methods.** The object of the study was various varieties and hybrids of onion adapted to the soil and climatic conditions of the North-Western Caspian Sea. The tests were carried out on experimental land-use plots of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» during 2019-2020. **Results and discussion.** According to the results obtained in the course of research, it is necessary to highlight the following: the difference in yield and economic efficiency is due to the influence of drugs that affect the varieties and hybrids under study. Such, for example, is the synthetic drug Novosil, which had a significantly positive effect on all varieties and hybrids. The Bayram F1 hybrid had a fairly high biological yield of 127.2 t/ha in this variant. According to the results of the two years of study, the commercial yield was 117.2 t/ha, and the marketability was 92%. The profitability of production was equal to 245%. In the Kristina variety, the biological yield was slightly lower than 122.6 t/ha, while the commercial yield was 110.5 t/ha, the marketability was 90%. The commercial yield of the Gordion variety was 105.3 t/ha, similar to the variant with the use of the drug Novosil, the marketability was 89.5%. According to the results of the conducted studies, it was found that the use of growth-stimulating drugs significantly increased the economic efficiency of the cultivation of the studied varieties and the onion hybrid.

Key words: hybrid, variety, onion, growth-stimulating drugs, yield, profitability.

Citation. Tyutyuma N.V., Bondarenko A. N., Chernik D. V. The influence of growth stimulators on the yield and economic efficiency of onions in the conditions of the arid zone of the Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 115-122 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-11.

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

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

УДК 635.25:631.8

**ВЛИЯНИЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА УРОЖАЙНОСТЬ
И ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛУКА РЕПЧАТОГО
В УСЛОВИЯХ АРИДНОЙ ЗОНЫ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ****Н. В. Тютюма**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН,**А. Н. Бондаренко**, доктор сельскохозяйственных наук**Д. В. Черник**, младший научный сотрудникФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
Астраханская область, Черноярский район, село Солёное Займище

Дата поступления в редакцию 01.06. 2021

Дата принятия к печати 26.07.2021

*Исследования проведены в рамках тематики НИР 2018-2021 гг. «Усовершенствовать
зональные агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур с целью
эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов
Северного Прикаспия» Тема № 0722-2019-0016*

Актуальность. В зоне Северо-Западного Прикаспия возделывание лука репчатого считается очень дорогостоящим. Основная доля вложений приходится на капельное орошение данной культуры. Малый запас питательных веществ в светло-каштановых солонцеватых почвах восполняется за счет внесения минеральных удобрений и использования препаратов, стимулирующих развитие лука репчатого. **Объект.** Различные сорта лука репчатого отечественной селекции. **Материалы и методы.** Объектом исследования являлись различные сорта и гибрид лука репчатого, адаптированные к почвенно-климатическим условиям Северо-Западного Прикаспия. Испытания проводились на опытных участках землепользования ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в течение 2019-2020 гг. **Результаты и обсуждение.** По результатам, полученным в ходе исследований, необходимо отметить следующее: различие в урожайности и экономической эффективности обусловлено влиянием препаратов, оказывающих влияние на сорта и гибрид, находящихся в изучении. Таким, к примеру, является синтетический препарат Новосил, который оказал существенное положительное влияние на все сорта и гибрид. Достаточно высокие показатели по биологической урожайности 127,2 т/га были у гибрида Байрам F1 на данном варианте. Товарная урожайность составляла по итогам двух лет изучения 117,2 т/га, товарность – 92 %. Рентабельность производства была равна 245 %. У сорта Кристина биологическая урожайность была чуть ниже 122,6 т/га, при этом товарная урожайность составляла 110,5 т/га, товарность – 90 %. Товарная урожайность у сорта Гордион составила 105,3 т/га аналогично по варианту с применением препарата Новосил, товарность – 89,5 %. По итогам проведенных исследований было установлено, что применение ростостимулирующих препаратов значительно повысило экономическую эффективность возделывания изучаемых сортов и гибрида лука репчатого.

Ключевые слова: гибриды лука репчатого, сорта лука репчатого, ростостимулирующие препараты, урожайность лука репчатого.

Цитирование. Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н., Черник Д. В. Влияние стимуляторов роста на урожайность и экономическую эффективность лука репчатого в условиях аридной зоны Астраханской области. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 115-122. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-11.

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. Лук репчатый (*Allium séra*) – широко распространенная овощная культура [4-11].

Возделывание культуры лука репчатого в условиях аридной зоны Астраханской области является весьма перспективным направлением в отрасли растениеводства [1]. Однако климатические особенности данного региона, обусловленные малым количеством осадков и высокими температурами, в сочетании с низким процентом гумуса, требуют при выращивании данной культуры особого подхода.

Применение капельного способа полива с добавлением различных препаратов через капельную ленту позволяет полноценно восполнять недостающие микроэлементы для растений лука репчатого в течение всего периода вегетации [3].

В настоящее время весьма актуальным становится использование при возделывании лука репчатого ряда современных ростостимулирующих препаратов по листу в виде подкормок [2].

Целью исследования являлось изучение влияния ростостимулирующих препаратов нового поколения на растения лука репчатого в период вегетации, которые были направлены на повышение урожайности в зоне светло-каштановых солонцеватых почв Астраханской области.

В *задачи* исследований входило:

1. Определить более перспективные сорта и гибриды лука репчатого, обладающие более высоким потенциалом биологической и товарной урожайности на фоне применения минеральных подкормок и листовых обработок ростостимулирующими препаратами.

2. Рассмотреть действие ростостимулирующих препаратов и минеральных подкормок на показатели и элементы структуры урожая лука репчатого.

3. Определить экономическую эффективность при возделывании сортов и гибрида лука репчатого в зависимости от вариантов внекорневых подкормок.

Научная новизна. Впервые в аридной зоне Астраханской области проводится испытание по использованию внекорневых обработок современными ростостимулирующими препаратами и минеральными подкормками при возделывании сортов и гибридов лука репчатого на капельном орошении.

Материалы и методы. В ходе НИР методом расщепленных делянок был заложен двухфакторный полевой опыт по культуре «лук репчатый», повторность опыта – трехкратная. Размещение делянок – систематическое [3].

В двухфакторном полевом опыте **Фактор А** – среднеспелые сорта и гибриды лука репчатого: Кристина, Гордион, Сима, Байрам F1.

Фактор В – антистрессовый агрохимикат с высоким содержанием аминокислот **Аминофол Плюс** (стимулирует метаболизм и усвоение питательных веществ, существенно повышает урожайность), ростостимулятор **Новосил** (способствует увеличению урожайности до 25 %), комплексное минеральное удобрение для листовой подкормки **Здравень турбо универсальный** ускоряет развитие растений.

Общая площадь под изучение лука репчатого – 384,0 м². площадь делянки под сорт – 96,0 м², площадь делянки под вариантами – 32,0 м². Площадь учетной делянки – 8,0 м². Нормы высева семян – 1200 тыс. шт./га с расстоянием между семенами в ряду 3-4 см. Схема посева (многорядная) – 0,10 м x 0,08 м (отступ от капельной ленты 0,10 м с расстоянием между рядками 0,08 м) на гряде шириной 0,7 м. Технологическая колея – 0,7 м. Способ посева – овощная сеялка точного высева Schmotzer с одновременной раскладкой капельных лент, способ полива – система капельного орошения.

На протяжении вегетации вносилось комплексное сложное минеральное удобрение азофоска N₁₆P₁₆K₁₆ из расчета N₆₀P₆₀K₆₀ под основную обработку почв.

Дополнительно в период вегетации вносилась с поливной водой аммиачная селитра дробно 4 раза за вегетацию – N₃₀. Общее содержание внесенных минеральных удобрений составило N₁₈₀P₆₀K₆₀.

Варианты опыта:

1. Контроль – без обработки.

2. Аминофол Плюс – 1-я подкормка в фазе 3-5 листьев, 2-я и 3-я подкормки с интервалом 10-14 сут. после последней подкормки. Норма расхода препарата – 1,0 л/га. Расход рабочего раствора – 200,0 л/га, согласно нормам от товаропроизводителя.

3. Новосил – 1-я в фазе образования 4 листа, 2-я – через 15 сут. после первого опрыскивания. Норма расхода препарата – 100 мл/га. Расход рабочего раствора – 300 л/га, согласно нормам от товаропроизводителя.

4. Здравень турбо – обработка в фазе 3-4 настоящих листьев, 2-я – через 2-3 недели после первой, 3-я – в период формирования урожая. Расход препарата – 10 г/10 л воды. Расход рабочего раствора – 250 л/га, согласно нормам от товаропроизводителя.

Для выполнения поставленных задач проводились полевые учеты, наблюдения и измерения с использованием «Методики полевого опыта» Доспехова Б. А. «Методики опытного дела в растениеводстве» Никитенко Г. Ф. 1982 г., «Методики опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве» под редакцией Белика В. Ф., Литвинова С. С., «Методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» 2015 г., а также согласно «Методическому руководству по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве» 2018 г.

Результаты и обсуждение. Анализируя данные таблицы 1, необходимо констатировать следующее: самыми урожайными в изучении по всем показателям стали гибрид Байрам F1 и сорт Кристина. Средняя масса луковицы с делянки с применением препарата Новосил у гибрида Байрам F1 составила 182,7 г, а у сорта Кристина – 182,0 г. Биологическая урожайность у гибрида Байрам F1 составила 127,2 т/га, у сорта Кристина – 122,6 т/га. Товарная урожайность у гибрида Байрам F1 была равна в среднем за два года изучения 117,2 т/га, у сорта Кристина – 110,5 т/га. При этом товарность у гибрида Байрам F1 – 92,0 %, сорт Кристина – 90,0 %.

Проведенный анализ экономической эффективности лука репчатого (таблица 2) позволяет выделить следующее: гибрид Байрам F1 отличился от сортов, представленных в изучении, высокими показателями как чистого дохода, так и рентабельности производства.

Так, на контрольном варианте у гибрида Байрам F1 урожайность в среднем за два года изучения составила всего 75,1 т/га при общих затратах на производство 337,8 тыс./р. Себестоимость 1 тонны продукции была равна 4,5 р./т, рентабельность составила 122 %. Экономическая эффективность – 2,5 р./р. вложенных затрат.

Самые высокие показатели урожайности – 117,2 т/га – были получены у гибрида Байрам F1 с применением синтетического препарата Новосил. При этом себестоимость товарной продукции составляла 2,9 р./т, рентабельность производства – 246 %. Экономическая эффективность – 3,8 р./р. вложенных затрат.

Необходимо отметить следующее: использование препарата Здравень Турбо на всех изучаемых сортах и гибридах не привело к существенной прибавке урожая относительно других вариантов, находящихся в изучении. При этом рентабельность производства находилась в диапазоне 114...173 % (таблица 2).

Выводы. Результаты, полученные в исследовании, позволяют рекомендовать синтетический препарат Новосил в качестве внекорневой подкормки при возделывании лука репчатого Байрам F1 и Кристина в крестьянско-фермерских хозяйствах на территории аридной зоны Астраханской области. Чистый доход от использования данного препарата составил по итогам двух лет изучения 834,0-767,0 р./га, рентабельность производства – 227-247 %.

Таблица 1 – Урожайность лука репчатого в зависимости от вариантов обработки за 2019-2020 гг.

Table 1 – Yield of bulb onions depending on processing options for 2019-2020

Сорт, гибрид / Variety, hybrid	Вариант / Option	Кол-во луковиц с деланки, шт. / Number of bulbs from the plot, pcs.				Общий сбор с деланки, кг / Total fee from the plot, kg			Средняя масса луковицы, г / Average bulb weight, g	Биологическая урожайность, т/га / Biological yield, t/ha	± к контролю, т/га / ± to control, t/ha	Товарная урожайность, т/га / Commodity yield, t/ha	Товарность, % / Merchandise, %
		Всего / in total	Товарных / commodity	Нетовар- ных / non- commodity	Всего / in total	Товарных / commodity	Нетовар- ных / non- commodity						
Байрам F1 / Bayram F1	Контроль / Control	466	385	81	64,6	60,1	4,5	140,9	80,8	-	75,1	92,9	
	Аминофол Плюс / Aminofol Plus	546	435	113	90,5	83,2	7,3	174,6	113,1	32,3	108,5	91,4	
	Новосил / Novosil	613	481	132	101,8	93,8	8,0	182,7	127,2	46,5	117,2	92,0	
	Здравень Турбо / Zdraven Turbo	460	396	64	73,6	69,3	4,3	162,6	92,0	11,2	86,6	94,5	
Кристина / Christina	Контроль / Control	435	305	130	60,7	52,2	8,5	154,7	75,9	-	65,2	86,0	
	Аминофол Плюс / Aminofol Plus	547	443	104	87,3	80,7	6,6	169,7	109,0	33,2	100,8	91,8	
	Новосил / Novosil	599	449	150	98,0	88,8	9,2	182,0	122,6	46,7	110,5	90,0	
	Здравень Турбо / Zdraven Turbo	589	416	173	84,2	74,0	10,2	157,9	105,2	29,4	92,4	86,5	
Сима / Sima	Контроль / Control	523	333	190	65,2	54,0	11,2	149,2	82,0	-	68,0	82,9	
	Аминофол Плюс / Aminofol Plus	587	400	187	85,0	72,2	12,8	163,4	106,3	24,3	90,2	84,7	
	Новосил / Novosil	604	420	184	92,3	81,1	11,2	181,0	115,4	33,4	101,3	87,8	
	Здравень Турбо / Zdraven Turbo	521	401	120	75,0	67,3	7,7	157,8	93,8	47,2	84,1	89,6	
Гордион / Gordion	Контроль / Control	526	415	111	70,5	61,8	8,7	137,5	88,1	-	77,2	87,5	
	Аминофол Плюс / Aminofol Plus	564	422	142	80,0	70,0	10,0	151,7	99,9	11,8	87,5	87,5	
	Новосил / Novosil	626	483	143	94,1	84,2	9,9	160,0	117,6	29,5	105,3	89,5	
	Здравень Турбо / Zdraven Turbo	508	403	105	74,0	66,2	7,8	156,3	92,6	4,45	82,7	89,2	
НСР 05 (А)									0,9	0,9			
НСР 05 (В)									0,9	0,9			
НСР 05 (АВ)									0,8	0,8			

Таблица 2 – Экономическая эффективность лука репчатого зависимости от вариантов листовой обработки среднее за 2019-2020 гг.

Table 2 – Economic efficiency of bulb onions depending on sheet processing options, average for 2019-2020

Сорт, гибрид / Variety, hybrid	Вариант / Option	Урожайность, т/га/ Yield, t/ha			Общие затраты, тыс. р./ Total costs, thousand rubles.			Себестоимость, тыс. р./т / thousand rubles / t	Стоимость реализованной продукции, тыс. р./ thousand rubles.	Чистый доход, тыс. р./га / Net income, thousand rubles / ha	Рентабельность, % / Profitability, % /
		2019	2020	Среднее / average	2019	2020	Среднее / average				
Байрам F1 / Bayram F1	Контроль/Control	87,2	63,0	75,1	314,2	361,3	337,8	4,5	751	413,2	122
	Аминофол Плюс/Aminofol Plus	84,7	132,2	108,5	314,7	361,9	338,3	3,1	1085	746,7	221
	Новосил/Novosil	105,2	129,2	117,2	314,5	361,9	338,0	2,9	1172	834	247
	Здравень Турбо/Zdraven Turbo	87,7	85,5	86,6	315,0	362,2	338,6	3,9	886	547,4	162
Кристина / Christina	Контроль/Control	61,8	68,6	65,2	314,2	361,3	337,8	5,2	652	314,2	93
	Аминофол Плюс/Aminofol Plus	73,0	128,6	100,8	314,7	361,9	338,3	3,4	1008	669,7	198
	Новосил/Novosil	80,9	140,0	110,5	314,5	361,6	338,0	3,1	1105	767	227
	Здравень Турбо/Zdraven Turbo	65,7	119,1	92,4	315,0	362,2	338,6	3,7	924	585,4	173
Сима / Sima	Контроль/Control	82,1	53,8	68,0	314,2	361,3	337,8	5,0	680	342,2	101
	Аминофол Плюс/Aminofol Plus	78,4	102,0	90,2	314,7	361,9	338,3	3,8	902	563,7	167
	Новосил/Novosil	105,8	96,8	101,3	314,5	361,6	338,0	3,3	1013	675	200
	Здравень Турбо/Zdraven Turbo	92,1	76,1	84,1	315,0	362,2	338,6	4,0	841	502,4	148
Гордон / Gordon	Контроль/Control	71,8	82,6	77,2	314,2	361,3	337,8	4,4	772	434,2	129
	Аминофол Плюс/Aminofol Plus	80,9	94,0	87,5	314,7	361,9	338,3	3,9	875	536,7	159
	Новосил/Novosil	91,8	118,7	105,3	314,5	361,6	338,0	3,2	1053	715	212
	Здравень Турбо/Zdraven Turbo	73,6	91,8	82,7	315,0	362,2	338,6	4,1	827	488,4	144

Библиографический список

1. Водообеспеченность - определяющий фактор эффективного развития лука репчатого / Н. И. Матвеева [и др.] // Аграрный научный журнал. 2019. № 11. С. 18-22.
2. Действие удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество гибридов лука репчатого, выращенных в однолетней культуре при капельном орошении / В. А. Борисов [и др.] // Научно практический журнал. Овощи России. 2018. № 4. С. 89-93.
3. Эффективные элементы возделывания репчатого лука при капельном орошении / Н. Ю. Петров [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 51-58.
4. Abdelsattar Abdelkhalik Regulated Deficit Irrigation as a Water-Saving Strategy for Onion // Cultivation in Mediterranean Conditions. 2019. P. 67.
5. Ansari N. A., Chamran S. C. Onion cultivation and production in Iran. Middle Eastern and Russian // J. of Plant Science and Biotechnology. 2019. Vol. 1. № 2. P. 23-38.
6. Ardell D. H. Nitrogen Effects on Onion Yield Under Drip and Furrow Irrigation // Agronomy Journal. 2008. V. 100. I. 4. P. 1062-1069.
7. Gupta R. C., Gupta R. P. Effect of integrated disease management packages on diseases incidence and bulb yield of onion (*Allium cepa* L.) // SAARC J. Agri. 2013. Vol. 11. P. 49-59.
8. Hanci F. A. Comprehensive overview of onion production: Worldwide and Turkey // IOSR J. of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS). 2018. Vol. 11. P. 17-27.
9. Jiffinvir S. Khosa A Guide for the Cultivation of Onion under Controlled Environment Conditions // HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science. 2018. V. 53(12). P. 1746-1749.
10. Khosa Jiffinvir A Guide for the Cultivation of Onion under Controlled Environment Conditions // Hort Science. 53. Acta agronomica sinica. 2018. P. 1746-1749.
11. Khvan O. V., Podkovyrov I. Y. Definition of the criteria influencing on cultivation conditions of onions // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Science. 2016. P. 15-20.

Conclusions. The results obtained in the study make it possible to recommend the synthetic preparation Novosil as an extracorporeal feed when cultivating onions of Bayram F1 and Kristina onions in peasant farms in the arid zone of the Astrakhan region. According to the results of two years of study, net income from the use of this drug amounted to 834.0-767.0 p/ha, profitability of production - 227-247 %.

References

1. Vodoobespechennost' – opredelyayushij faktor jeffektivnogo razvitiya luka repchatogo / N. I. Matveeva [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2019. № 11. P. 18-22.
2. Dejstvie udobrenij i reguljatorov rosta na urozhajnost' i kachestvo gibridov luka repchatogo, vyraschennyh v odnoletnej kul'ture pri kapel'nom oroshenii / V. A. Borisov [i dr.] // Nauchno prakticheskij zhurnal. Ovoschi Rossii. 2018. № 4. P. 89-93.
3. Jeffektivnye jelementy vozdelevaniya repchatogo luka pri kapel'nom oroshenii / N. Yu. Petrov [i dr.] // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1 (49). P. 51-58.
4. Abdelsattar Abdelkhalik Regulated Deficit Irrigation as a Water-Saving Strategy for Onion // Cultivation in Mediterranean Conditions. 2019. P. 67.
5. Ansari N. A., Chamran S. C. Onion cultivation and production in Iran. Middle Eastern and Russian // J. of Plant Science and Biotechnology. 2019. Vol. 1. № 2. P. 23-38.
6. Ardell D. H. Nitrogen Effects on Onion Yield Under Drip and Furrow Irrigation // Agronomy Journal. 2008. V. 100. I. 4. P. 1062-1069.
7. Gupta R. C., Gupta R. P. Effect of integrated disease management packages on diseases incidence and bulb yield of onion (*Allium cepa* L.) // SAARC J. Agri. 2013. Vol. 11. P. 49-59.
8. Hanci F. A. Comprehensive overview of onion production: Worldwide and Turkey // IOSR J. of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS). 2018. Vol. 11. P. 17-27.
9. Jiffinvir S. Khosa A Guide for the Cultivation of Onion under Controlled Environment Conditions // HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science. 2018. V. 53(12). P. 1746-1749.

10. Khosa Jiffinvir A Guide for the Cultivation of Onion under Controlled Environment Conditions // Hort Science. 53. Acta agronomica sinica. 2018. P. 1746-1749.

11. Khvan O. V., Podkovyrov I. Y. Definition of the criteria influencing on cultivation conditions of onions // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Science. 2016. P. 15-20.

Authors information

Tyutyuma Natalia Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. - I Severny 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORSID ID № 0000-0001-6582-2628)

Bondarenko Anastasia Nikolaevna, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department. laboratory of agricultural technologies of vegetable cultures. Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. - I Severny 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru. (ORSID ID № 0000-0003-4816-5667)

Chernik Dmitry Vladimirovich-M. Sc. of the laboratory of agrotechnologies of vegetable crops. Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. - I Severny 8. (ORCID ID № 0000-0002-0709-1844)

Информация об авторах

Тютюма Наталья Владимировна, д.с.-х.н., профессор РАН, директор ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». 416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8). E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORSID ID № 0000-0001-6582-2628)

Бондаренко Анастасия Николаевна, д.с.-х.н., зав. лабораторией агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8). E-mail. pniiiaz@mail.ru. ORSID ID № 0000-0003-4816-5667

Черник Дмитрий Владимирович, м.н.с. лаборатории агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8). ORCID ID № 0000-0002-0709-1844.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-12

MID-SEASON AND HIGHLY PRODUCTIVE AEROBIC RICE VARIETY STALINGRAD 1 FOR IRRIGATION BY PERIODIC WATERING

M.A. Ganiev¹, I.P. Kruzhilin¹, K.A. Rodin¹, A.B. Nevezhina¹, S.D. Fomin²

¹ All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

² Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received_11.06.2021

Submitted 10.08.2021

Summary

The results of the joint breeding work of the All-Russian Research Institute of Rice in 2002 - 2015 are presented, which boiled down to the creation of an aerobic rice variety tolerant to cultivation in unsaturated water soil with a potential yield with periodic irrigation of 6 - 8 t / ha of grain, a growing season of 115 - 118 days resistant to unfavorable biotic and abiotic factors.

Abstract

Introduction. The breeding of early, mid-season and highly productive varieties of rice is an urgent task in the northern regions of rice cultivation, especially when irrigated with periodic irrigation.

Object. The breeding of the variety began with the selection of the initial material for breeding from the hybrid population of the All-Russian Research Institute of Rice at the «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture» for the signs of tolerance to water shortage in the rice field, the duration of the growing season, as the main limiting factors of grain productivity in the northern zone of rice cultivation. Sample 8315 was obtained at the «All-Russian Research Institute of Rice» by the method of individual selection from a hybrid population of VNIIR 7718 x VNIIR 7643 in 2008 and subsequent

study of the best lines in a hybrid, breeding and control nursery. **Materials and methods.** In 2013–2015 conducted a competitive variety testing for the purpose of comparative assessment with the zoned yield standard. Sample 8315 formed a yield of 1.20 t / ha of grain more than the Volgogradsky variety (standard), had a low hulliness, an increased yield of cereals, including the whole kernel. Taking into account the distinctive features of sample 8315 from the standard and its inherent advantages, it was submitted in 2016 for state variety testing under the name *Stalingrad 1*. **Results and Conclusions.** In 2018, patent No. 9691 was received for a breeding achievement of rice *Oryza sativa* L. *Stalingrad 1*, which was entered in the state register of protected breeding achievements and approved for use in 6 and 8 regions of the Russian Federation for rice cultivation with periodic irrigation. A variety with a growing season from germination to full ripeness of grain is 115 - 118 days.

Key words: variety, aerobic rice, selection, varieties, individual selection, productivity, irrigation.

Citation. Ganiev M. A., Kruzhilin I. P., Rodin K. A., Nevezhina A. B., Fomin S. D. Mid-season and highly productive aerobic rice variety Stalingrad 1 for irrigation by periodic watering. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 122-132 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-12.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

Conflict of interests. The authors declares no conflicts of interest.

УДК 633.18:631.527.52

СРЕДНЕСПЕЛЫЙ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫЙ АЭРОБНЫЙ СОРТ РИСА СТАЛИНГРАД 1 ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИМИ ПОЛИВАМИ

М. А. Ганиев¹, кандидат технических наук

И. П. Кружилин¹, академик РАН, профессор

К. А. Родин¹, кандидат сельскохозяйственных наук

А. Б. Невежина¹, научный сотрудник, аспирант

С. Д. Фомин², доктор технических наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет

Дата поступления в редакцию 11.06.2021

Дата принятия к печати 10.08.2021

Аннотация. Излагаются результаты совместной селекционной работы ВНИИ риса в 2002-2015 гг., которая сводилась к созданию аэробного сорта риса, толерантного к возделыванию в ненасыщенной водой почве с потенциальной урожайностью при периодических поливах 6-8 т/га зерна, периодом вегетации 115-118 суток, устойчивого к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам.

Актуальность. Выведение раннеспелых и среднеспелых высокопродуктивных сортов риса – актуальная задача в северных районах рисосеяния, особенно при орошении периодическими поливами. **Объект.** Выведение сорта началось с отбора из гибридной популяции ВНИИ риса во ВНИИ орошаемого земледелия исходного для селекции материала по признакам толерантности к нехватке воды на рисовом поле, продолжительности периода вегетации как основных лимитирующих факторов зерновой продуктивности в северной зоне рисосеяния. Сортообразец 8315 был получен во ВНИИ риса методом индивидуального отбора из гибридной популяции ВНИИР 7718 х ВНИИР 7643 в 2008 году и последующего изучения лучших линий в гибридном, селекционном и контрольном питомнике. **Материалы и методы.** В 2013-2015 гг. проводили конкурсное сортоиспытание (КСИ) с целью сравнительной оценки с районированным стандартом по урожайности. Сортообразец 8315 сформировал урожайность на 1,20 т/га зерна больше, чем сорт Волгоградский (стандарт), имел низкую пленчатость, повышенный выход крупы, в том числе целого ядра. Принимая во внимание отличительные признаки образца 8315 от стандарта и свойственные ему достоинства, он был передан в 2016 году на государ-

ственное сортоиспытание под названием Сталинград 1. **Результаты и выводы.** В 2018 году был получен патент № 9691 на селекционное достижение риса *Oryza sativa* L. Сталинград 1, который был внесен в государственный реестр охраняемых селекционных достижений и допущен к использованию в 6 и 8 регионах РФ при возделывании риса с периодическими поливами. Сорт с вегетационным периодом от всходов до полной спелости зерна 115-118 дней.

Ключевые слова: сорта риса, аэробный рис, селекция риса, сортообразцы риса, орошение риса.

Цитирование. Ганиев М. А., Кружилин И. П., Родин К. А., Невежина А. Б., Фомин С. Д. Среднеспелый высокопродуктивный аэробный сорт риса Сталинград 1 для орошения периодическими поливами. *Известия НВ АУК*. 2021. 3 (63). 122-132. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-12.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Рис – древнейший окультуренный человеком злак планеты Земля. Культурный рис – *Oryza sativa* L. – однолетнее растение. Рис является основным продуктом питания для большей части населения земного шара, а для остального – крупа риса является диетическим продуктом. Поэтому он относится к числу стратегических продовольственных культур на внутреннем и мировом рынках.

Рис – культура муссонного климата. Однако благодаря экологической пластичности он распространился от экватора до зон умеренного климата.

За десятки тысячелетий развития культуры риса возникло огромное разнообразие форм культурного риса и технологий его возделывания. В современном мире сосуществуют различные уровни технологии рисоводства, от самых архаичных до интенсивных, явившихся результатом «зеленой революции» [3, 11-13]. Традиционные технологии рисоводства создавали продовольственное обеспечение многотысячелетней стабильности социальных структур стран. В нашем столетии большинство этих стран стремится поднять свое рисоводство с традиционного уровня до уровня наиболее передовых промышленно развитых держав. Население мира растет быстро и весьма устойчиво. Продовольственная проблема становится при этом одной из важнейших. Ее решению может во многом способствовать рисоводство. Несмотря на огромное разнообразие уровней технологии возделывания риса, он остается наиболее продуктивным злаком на Земле [2, 4, 6, 7].

С учетом прироста населения земного шара необходимо увеличивать ежегодный валовый сбор зерна риса (International rice research 25 years Partnership. International Rice Research Institute. Las Ranos, Laguna., Philippines, 1985). ФАО подчеркивает обострение проблемы обеспечения водой орошаемых земель, особенно ведущей культуры орошаемого земледелия – риса.

В рисосеющих регионах земельные площади, пригодные под посевы риса, использованы (Ляховкин А. Г. Рис. Мировое производство и генофонд риса, 2005). Поэтому увеличение объемов производства риса возможно только за счет повышения урожайности и освоения инновационных водо- и энергосберегающих технологий возделывания риса [5, 8-10].

В настоящее время весь рис в нашей стране возделывают на специально построенных оросительных системах затоплением чеков слоем воды, на что из расчета на один гектар затрачивается 18–25 тыс. м³ и более оросительной воды, поэтому он является самой водозатратной культурой (Скрипчанская Л. В. Орошение риса, 1962). При этом на эвапотранспирацию расходуется 6–8 тыс. м³. Орошение по такой технологии

ухудшает мелиоративное состояние орошаемых и прилегающих к ним земель, оказывает негативное влияние на окружающую среду. Проблемой является также утилизация сбросных вод, имеющих высокую степень минерализации и загрязненных гербицидами и удобрениями. Кроме того, с дефицитом оросительной воды в реках Кубань, Терек, Дон, Волга возможность расширения площади посевов риса по сложившейся технологии практически отсутствует.

Все это актуализировало необходимость поиска новых водосберегающих технологий орошения риса при различных способах полива, таких как поверхностный полив по полосам и бороздам, дождевание, капельное орошение, для чего необходимо создать новые толерантные к отсутствию слоя воды аэробные сорта.

Ориентация на расширение посевов риса периодическими поливами ни в коей мере не отрицает и не исключает возможности рисоводства в Российской Федерации со слоем воды, а лишь дополняет его инновационной технологией орошения, обеспечивающей существенную экономию водных ресурсов и стабильности зернового баланса. Одновременное и равноправное существование различных технологий орошения риса не только не противоречит интересам страны, но и является наиболее эффективным решением проблемы продовольственной безопасности в условиях дефицита водных ресурсов. На решение этой проблемы и были направлены наши исследования.

Цель исследования – создать среднеспелый с периодом вегетации 110-120 дней высокопродуктивный аэробный сорт риса, устойчивый к экстремальным факторам среды при периодических поливах.

Материалы и методы. Материалом для исследований послужили сорта и сортообразцы из коллекции ФГБНУ ВНИИ риса, ФГБНУ «АНЦ «Донской» и ФГБНУ ВНИИ орошаемого земледелия.

Экспериментальные полевые исследования проводили в 2005–2017 гг. на Волго-Донском стационаре ФГУП «Орошаемое», ФГБНУ ВНИИОЗ в Волгоградской области.

Почва опытного участка светло-каштановая, тяжелосуглинистая, характеризуется небольшой мощностью гумусового слоя 0,00-0,28 м с содержанием гумуса в пахотном горизонте 0,28-1,08 %. Реакция почвенного раствора слабощелочная, pH водной вытяжки – 7,2-7,7. По содержанию элементов питания почва характеризуется низкой обеспеченностью азотом, средней – подвижным фосфором и обменным калием.

Одним из важных агрофизических показателей при оценке почв является плотность естественного сложения. В среднем для расчетного слоя 0,0–0,6 м она составляла 1,29 т/м³, а наименьшая влагоемкость – 23,8 % массы сухой почвы. Показатели порозности по слоям изменяются в пределах от 46,6 до 51,6 %, плотность твердой фазы – от 2,52 до 2,72 т/м³.

Анализ климатических факторов, влияющих на рост и развитие риса при периодических поливах в Волгоградской области, уровня продуктивности, в разные годы показывает, что северная граница для рисосеяния проходит по линии изотермы перехода среднесуточных температур воздуха через 15 °С в третьей декаде апреля, а осенью – 15 сентября. Эти две изотермы перехода среднесуточных температур воздуха через 15°С совпадают с параллелью 48 с.ш. Гидротермический коэффициент с северо-запада на юго-восток уменьшается от 0,8 до 0,4.

Характерным признаком климата является обилие тепла и солнечного сияния, которое составляет 1800-2500 часов в год, период вегетации растений – 160-180 дней. Климат отличается континентальностью, засушливостью и изменчивостью (Кружилин И. П. Агромелиоративная оценка влагообеспеченности территории Нижнего Поволжья, 1976).

Важнейшим фактором в формировании высоких урожаев периодически поливаемого риса является влагообеспеченность, которая не только удовлетворяет физиологические потребности растений, но и в определенной степени оказывает влияние на экологическую среду в агроценозе.

В опытах применяли следующую агротехнику: после уборки предшественника проводили лущение в два следа на глубину 0,06–0,08 м, зяблевую вспашку – плугами ПН-4-35 на глубину 0,20–0,25 м и осеннюю планировку – малопланировщиком МПР-4,2. Весной при созревании почвы поле бороновали в два следа. Перед посевом вносили минеральные удобрения, которые заделывали фрезерным культиватором КФГ-3,6 в слой почвы 0,01–0,10 м.

Посев проводили при прогревании почвы выше 10 °С в третью декаду апреля или первую декаду мая сеялкой ССПН-16 с междурядием 0,30 м с глубиной заделки семян 0,06 – 0,08 м. Норма высева была 5 млн всхожих семян на 1 га. После посева выполнялось прикатывание почвы кольчатыми катками ЗКК-6.

Эколого-географическое испытание сортов и сортообразцов проводили в одинаковых почвенно-климатических условиях и водном режиме почвы, обеспечиваемом проведением периодических поливов при снижении влажности почвы в слое 0,6 м до 90 % НВ. Способ полива – дождевание шланго-барабанной машиной «Rainstar» австрийской фирмы Bauer.

Питомник закладывали в одной повторности на делянках площадью 0,6 м² по одному ряду длиной 2 м с междурядьем 30 см. На каждой делянке высевали 100-200 зерен с одной метелки или растения. Через каждые 10 номеров размещали стандартный сорт.

При созревании риса отбирали метелки с лучших растений для посева на следующий год. Эти семена высевали с помощью сеялки ССПН-16 на делянках площадью 20 м² для предварительного изучения и размножения. Из них отбирали типичные метелки для посева в контрольном питомнике (КП).

Контрольный питомник закладывали для первичной оценки урожайности, размножения и получения нужного количества семян для посева на площади в конкурсном сортоиспытании (КСИ). Площадь делянок в контрольном питомнике составляла 25 м², повторность двукратная. Закладку опыта проводили систематическим методом в один день, в одинаковых условиях.

При фенологических наблюдениях регистрировались всходы, кущение, выметывание, фазы спелости зерна. При созревании проводили сортоvisualный анализ и оценку состояния посева. Особое внимание обращали на выравненность, однородность и типичность растений, окраску и внешний вид цветочный чешуй, их опущенность, размеры и угол прикрепления флага. Определяли также степень поражения пирикулярией, нематодой, устойчивость к полеганию и осыпанию.

Подсчет частоты стояния растений проводили дважды в периоды – по всходам (в кущение) и перед уборкой.

При подсчете густоты стояния перед уборкой растения выдергивали с корнями. Кусты тщательно разбирали с отделением побегов и кустов один от другого.

Для проведения структурного биометрического анализа перед уборкой с каждой делянки брали отдельные снопы. Их отбирали на закрепленных площадках. При отборе растения срезали на уровне почвы. На каждой площадке подсчитывали общее число растений, а также побегов. После этого подбирали типичные растения, которые имели в среднем столько же боковых побегов, сколько было определено при делении (коэффициент кущения). Например, при подсчете было зарегистрировано 250 растений и 750 стеблей, то есть соотношение составило 1 : 3.

Урожай учитывали способом сплошного обмолота, и полученное количество семян позволило проводить следующий этап – конкурсное сортоиспытание (КСИ).

Конкурсное сортоиспытание – конечный этап в создании нового сорта. Его проводили в целях сравнительной с районированным сортом (стандартом) по урожайности их испытывали в течение трех лет в одинаковом фоне минерального питания и водного режима почвы при норме высева 5 млн всхожих зерен на 1 гектар.

В КСИ изучение велось на делянках площадью 50 м² в четырехкратной повторности. Размер делянок – 1,2 x 42 м. Расположение делянок систематическое. Между делянками устраивали дорожки шириной 60 см.

Учеты и фенологические наблюдения проводили в отдельные фазы роста, оценивали устойчивость к полеганию, осыпанию, болезням и вредителям, а также учитывали густоту стояния по всходам и перед уборкой. Перед уборкой с закрепленных площадок отбирали модельные снопы (по 10 растений), как в КП. Урожай учитывали методом сплошного обмолота.

Интегральным показателем фотосинтетической деятельности растений считается биологическая урожайность с единицы площади. Ее определяли методом отбора снопов с метровок.

Полевые опыты сопровождалась наблюдениями, учетами и измерениями согласно методикам Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, ВНИИ риса и ВНИИ зерновых культур (Сметанин А. П. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, 1971. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян, 1971. Костылев П. И. Методы селекции, семеноводства и сортовой агротехники рис, 2011). Результаты учета урожая по делянкам подвергались математической обработке методом дисперсного анализа по Б. А. Доспехову (2014) [1].

Результаты и обсуждение. Гибридная популяция была получена во ВНИИ риса путем скрещивания образцов ВНИИР 7718 x ВНИИР 7643 в 2004 году. Начиная со второго поколения (2006 год) изучение этой комбинации продолжали во ВНИИОЗ.

Для выявления перспективных для почвенно-климатических условий Волгоградской области пластичных и адаптивных высокопродуктивных форм риса по продолжительности периода вегетации и семенной продуктивности, толерантности к аэробному водному режиму в экологическое сортоиспытание было включено 6 сортов и образцов. Результаты, полученные за три года исследований, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты экологического испытания сортов и сортообразцов риса при периодических поливах (2006–2008 гг.)

Table 1 – Results of ecological testing of rice varieties and varieties with periodic watering (2006-2008)

Сорт и сортообразец / Varietal and varietal	Вегетационный период, дни / Vegetation period, days	Урожайность, т/га / Yield, t / ha
Волгоградский, ст-т / Volgograd, standard	105 – 110	5,40
Изумруд / Emerald	110 – 115	3,20
11849	105 – 115	2,90
11415	115 – 118	3,10
8062	115 – 120	3,15
ВНИИР 7718 x ВНИИР 7643 / VNIIR 7718 x VNIIR 7643	115 – 118	6,60
НСР _{0,5} / Smallest average difference _{0,5}		0,32

В результате проведенных экологических исследований в течение трех лет была выделена гибридная популяция риса ВНИИР 7718 x ВНИИР 7643, сформировавшая высокую продуктивность растений 6,60 т/га, что на 1,20 т/га выше стандартного сорта

Волгоградский. В 2008 году она представляла собой полиморфную популяцию четвертого поколения, состоящую из расщепляющихся генотипов, прошедших адаптационный отбор в засушливых условиях Волгоградской области.

Из нее провели индивидуальный отбор элитных растений, потомство которых F_5 в 2009 году всесторонне изучили в гибридном питомнике.

После последующего повторного отбора в 2010 году селекционный питомник ручного посева сформировали из растений шестого поколения. В 2011 году лучшие линии F_7 изучили в сеялочном посеве на делянках 20 м^2 , а в 2012 году – в контрольном питомнике. В конкурсном сортоиспытании изучали лучший образец 8315. Урожайность образца 8315 и стандарта Волгоградский за три года представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность риса образца 8315 и стандарта Волгоградский за три года в КСИ, т/га

Table 2– Productivity of rice sample 8315 and standard Volgogradskiy for three years in KSI, t/ha

Сорт / Variety	Год / Year			
	2013	2014	2015	Среднее / average
Образец 8315 / Sample 8315	5,95	6,50	7,30	6,60
Волгоградский / Volgograd	5,20	5,30	5,30	5,40
НСП ₀₅ / Smallest average difference _{0,5}	0,51	0,53	0,55	

Средняя урожайность образца 8315 за 3 года составила 6,60 т/га, что на 1,20 т/га больше, чем у стандарта Волгоградский.

Сравнительная оценка признаков образца 8315 и сорта Волгоградский и результаты технологического анализа качества зерна риса в конкурсном питомнике, проведенного в лаборатории качества ВНИИ риса, приводятся в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика образца риса 8315 в сравнении с сортом Волгоградский (конкурсное испытание 2013–2015 гг.)

Table 3 – Characteristics of rice sample 8315 in comparison with the variety Volgogradskiy (competitive trial 2013–2015)

Признак / Signs	Образец 8315 / Sample 8315	Волгоградский (стандарт) / Volgograd (standard)	± к стандарту / ± to standard
Урожайность, т/га / Productivity, t / ha	6,60	5,40	1,20
Вегетационный период, сутки / Vegetation period, day	118	110	8,0
Высота растений, см / Plant height, cm	77,0	70,0	7,0
Длина метелки, см / Panicle length, cm	18,0	17,0	1,0
Колосков на метелке, шт. / Spikelets on a panicle, pcs.	150	70	60
Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	25,1	26,1	- 1,0
Длина зерна, мм / Grain length, mm	7,6	9,5	- 1,9
Ширина зерна, мм / Grain width, mm	3,1	2,5	0,6
Толщина зерна, мм / Grain thickness, mm	1,9	2,0	- 0,1
Отношение длины зерна к ширине (l/b) / Grain length to width ratio (l / b)	2,5	3,8	- 1,3
Пленчатость, % / Filminess, %	15,2	17,2	- 2,0
Стекловидность, % / Glassiness, %	63,0	98,0	- 35,0
Трещиноватость, % / Fracturing, %	5,0	4,0	1,0
Общий выход крупы, % / The total yield of cereals, %	71,7	68,0	3,7
в т.ч. целого ядра, % / incl. whole kernel, %	94,2	75,0	19,2

Морфологическая характеристика. Сорт среднеспелый с вегетационным периодом от всходов до полной спелости зерна 115-118 дней. Стебель средней толщины (4-5 мм), прочный, с фиолетовой окраской жилок, листья зеленые. Высота растений – 77 см. Метелка короткая (13-15 см) несет 100-130 колосков. Стерильность метелок – низкая (3-5 %). Зерно – средней крупности, масса 1000 воздушно-сухих зерен 25-26 г. Выметывание у главных и боковых побегов не растянуто, поэтому созревание в кусте происходит дружно. Цветковые чешуи безостые. К фазе полной спелости цветковые чешуи становятся красновато-желтыми. Это позволяет легко отличать растения Сталинград 1 от всех других сортов риса.

Сорт не осыпается даже при перестое и легко вымолачивается. Индивидуальная особенность сорта – высокая толерантность к периодическим поливам на оросительных системах общего назначения в ненасыщенной водой почве (аэробный). Сорт обладает высокой полевой устойчивостью к болезням и полеганию. Важной особенностью сорта является высокая энергия прорастания семян и их полевая всхожесть, а также устойчивость к низким положительным температурам и воздушной засухе.

Экономическая оценка эффективности как завершающий этап научных исследований приводится в таблице 4.

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания риса сорта Волгоградский и образца 8315, средние данные за 2013–2015 гг.

Table 4 – Economic efficiency of rice cultivation of the Volgogradskiy variety and sample 8315, average data for 2013–2015.

Сорт / Variety	Средняя урожайность, т/га / Average yield, t / ha	Производственные затраты, руб./га / Production costs, rubles / ha	Стоимость продукции, руб./га / Cost of production, rubles / ha	Себестоимость 1 т зерна, руб. / Cost price of 1 ton of grain, rubles.	Чистый доход, руб./га / Net income, rubles / ha	Рентабельность, % / Profitability, %
Волгоградский / Volgograd	5,40	50570	81000	9365	30430	60, 2
Образец 8315 / Sample 8315	6,60	52800	99000	8000	46200	87,5

Показатели таблицы 4 свидетельствуют, что прибавка к стандарту условно чистого дохода при возделывании в ненасыщенной водой почве у нового сорта составила 15 770 руб./га. При этом уровень рентабельности нового сорта Сталинград 1 составил 87,5, что на 27,3 % выше, чем у сорта Волгоградский.

Принимая во внимание отличительные признаки образца 8315 от сорта Волгоградский и свойственные ему достоинства, он был передан в 2016 году на Государственное сортоиспытание под названием «Сталинград-1».

В 2018 году получено авторское свидетельство №271688 с датой приоритета 01.12.2016 и патент Российской Федерации №9691 от 06.06.2018 г. на селекционное достижение рис *Oryza sativa* L. Сталинград 1, который зарегистрирован в государственном реестре охраняемых селекционных достижений и допущен к использованию в 6 и 8 регионах РФ при возделывании риса с периодическими поливами на оросительных системах общего назначения.

Выводы.

1. В результате индивидуального отбора из гибридной популяции ВНИИР 7718 х ВНИИР 7643 выведен среднеспелый сорт риса Сталинград 1 с вегетационным периодом 115-118 суток от всходов до полной спелости и урожайностью 6,60 т/га зерна, превышающей таковую у стандарта Волгоградский на 1,20 т/га.

2. Сорт хорошо адаптирован к отсутствию слоя воды при поддержании проведении вегетационных поливов влажности активного слоя почвы не ниже 90 % НВ.

3. Новый аэробный сорт Сталинград 1 пригоден для возделывания на нена-сыщенной водой почве на оросительных системах общего назначения при существенном снижении в 3-5 и более раз затрат оросительной воды и снимает ряд экологических проблем, свойственных возделыванию риса при поливе затоплением.

4. Экономическая эффективность в конкурсном сортоиспытании в среднем за 3 года свидетельствовала, что прибавка к стандарту условного чистого дохода при возде-лывании сорта Сталинград 1 достигала 15 770 руб./га. При этом уровень рентабель-ность составил 87,5 %, что выше, чем у стандартного сорта Волгоградский на 27,3 %.

Библиографический список

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Альянс, 2014. 351 с.
2. Drought tolerance in selected aerobic and upland rice varieties is driven by different meta-bolic and antioxidative responses / G. Melandri [et al.] // *Planta*. 2021. V. 254 (1).
3. Grain Fe and Zn content, heterosis, combining ability and its association with grain yield in irrigated and aerobic rice / G. Anusha [et al.] // *Scientific Reports*. 2021. V. 11(1).
4. Growth, yield and water productivity of dry direct seeded rice and transplanted aromatic rice under different irrigation management regimes / M. Ishfaq [et al.] // *Journal of Integrative Agricul-ture*. 2021. V. 19(11). P. 2656-2673.
5. Growing rice (*Oryza sativa*) aerobically reduces phytotoxicity, uptake, and transformation of CeO₂ Nanoparticles / P. Zhang [et al.] // *Environmental Science and Technology*. 2021. V. 55(13). P. 8654-8664.
6. Impact of different water management regimes on the growth, productivity, and resource use efficiency of dry direct seeded rice in central Punjab-Pakistan / S. Hussain [et al.] // *Agronomy*. 2021. V. 11(6).
7. Monaco S., Bottazzi P., Altobelli F. Performance of different rice varieties under drip irriga-tion // Paper presented at the 2020 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry, MetroAgriFor 2020-Proceedings, 2020. P. 333-337. www.scopus.com
8. More and more of less and less: Is genomics-based breeding of dry direct-seeded rice (DDSR) varieties the need of hour? / D. B. Sagare [et al.] // *Plant Biotechnology Journal*. 2020. V. 18 (11). P. 2173-2186.
9. Roles of canopy architecture and nitrogen distribution in the better performance of an aerobic than a lowland rice cultivar under water deficit / W. Ouyang [et al.] // *Field Crops Research*. 2021. V. 271.
10. Silwal S., Bhattarai S. P., Midmore D. J. Aerobic rice with or without strategic irrigation in the subtropics // *Agronomy*. 2020. V. 10(11).
11. The role of agronomic factors (rice cultivation practices and soil amendments) on arsenic fractionation: A strategy to minimise arsenic uptake by rice, with some observations related to cadmi-um / S. Majumder [et al.] // *Catena*. 2021. V. 206.
12. Use of efficient water saving techniques for production of rice in India under climate change scenario: A critical review / U. Surendran [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. 2021. V. 309.
13. Weed dynamics, weed control efficiency and yield of aerobic rice as influenced by differ-ent weed management practices in eastern U.P. / R. K. Parihar [et al.] // *Journal of Environmental Bi-ology*. 2021. V. 41 (6). P. 1735-1740.

Conclusions. 1. As a result of individual selection from the hybrid population of VNIIR 7718 x VNIIR 7643, a mid-season rice variety Stalingrad 1 with a growing season of 115-118 days from germination to full ripeness and a grain yield of 6.60 t / ha exceeding that of the Volgo-Gradsky standard by 1.20 t / ha.

2. The variety is well adapted to the absence of a water layer, while maintaining the mois-ture content of the active soil layer not lower than 90% HB by means of vegetative irrigation.

3. The new aerobic cultivar Stalingrad 1 is suitable for cultivation on unsaturated soil on general-purpose irrigation systems with a significant reduction of 3–5 or more times in the consumption of irrigation water and eliminates a number of environmental problems inherent in rice cultivation under flooding irrigation.

4. Economic efficiency in competitive variety testing on average for 3 years testified that the increase to the standard of conditional net income for cultivation of the Stalingrad 1 variety reached 15770 rubles / ha. At the same time, the level of profitability was 87.5%, which is 27.3% higher than that of the standard Volgogradskiy variety.

References

1. Dospekhov B. A. Field experiment technique. M.: Alliance, 2014. 351 p.
2. Drought tolerance in selected aerobic and upland rice varieties is driven by different metabolic and antioxidative responses / G. Melandri [et al.] // *Planta*. 2021. V. 254 (1).
3. Grain Fe and Zn content, heterosis, combining ability and its association with grain yield in irrigated and aerobic rice / G. Anusha [et al.] // *Scientific Reports*. 2021. V. 11(1).
4. Growth, yield and water productivity of dry direct seeded rice and transplanted aromatic rice under different irrigation management regimes / M. Ishfaq [et al.] // *Journal of Integrative Agriculture*. 2021. V. 19(11). P. 2656-2673.
5. Growing rice (*Oryza sativa*) aerobically reduces phytotoxicity, uptake, and transformation of CeO₂ nanoparticles / P. Zhang [et al.] // *Environmental Science and Technology*. 2021. V. 55(13). P. 8654-8664.
6. Impact of different water management regimes on the growth, productivity, and resource use efficiency of dry direct seeded rice in central Punjab-Pakistan / S. Hussain [et al.] // *Agronomy*. 2021. V. 11(6).
7. Monaco S., Bottazzi P., Altobelli F. Performance of different rice varieties under drip irrigation // Paper presented at the 2020 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry, MetroAgriFor 2020-Proceedings, 2020. P. 333-337. www.scopus.com
8. More and more of less and less: Is genomics-based breeding of dry direct-seeded rice (DDSR) varieties the need of hour? / D. B. Sagare [et al.] // *Plant Biotechnology Journal*. 2020. V. 18 (11). P. 2173-2186.
9. Roles of canopy architecture and nitrogen distribution in the better performance of an aerobic than a lowland rice cultivar under water deficit / W. Ouyang [et al.] // *Field Crops Research*. 2021. V. 271.
10. Silwal S., Bhattarai S. P., Midmore D. J. Aerobic rice with or without strategic irrigation in the subtropics // *Agronomy*. 2020. V. 10(11).
11. The role of agronomic factors (rice cultivation practices and soil amendments) on arsenic fractionation: A strategy to minimise arsenic uptake by rice, with some observations related to cadmium / S. Majumder [et al.] // *Catena*. 2021. V. 206.
12. Use of efficient water saving techniques for production of rice in India under climate change scenario: A critical review / U. Surendran [et al.] // *Journal of Cleaner Production*. 2021. V. 309.
13. Weed dynamics, weed control efficiency and yield of aerobic rice as influenced by different weed management practices in eastern U.P. / R. K. Parihar [et al.] // *Journal of Environmental Biology*. 2021. V. 41 (6). P. 1735-1740.

Author's Information

Ganiev Muslim Abdulaevich, Senior Researcher, Department of Irrigation Reclamation, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, Timiryazeva St., 9), Candidate of Technical Sciences, e-mail: vnioz.delo@yandex.ru

Kruzhilin Ivan Panteleevich, Chief Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, Timiryazeva St., 9), Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, e-mail: vnioz.delo@yandex.ru

Rodin Konstantin Anatolyevich, Senior Researcher, Department of Irrigation Reclamation, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, Timiryazeva St., 9), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3808-2729>, e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Nevezhina Ainagul Berkbaevna, Researcher, Department of Irrigation Reclamation, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, Timiryazeva St., 9), Candidate of Agricultural Sciences ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3219-348X>, e-mail: aina.kanaeva@mail.ru

Fomin Sergey Denisovich, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, 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

Информация об авторах

Ганиев Муслим Абдулаевич, старший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат технических наук, e-mail: vnioz.delo@yandex.ru

Кружилин Иван Пантелеевич, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), академик РАН, профессор, e-mail: vnioz.delo@yandex.ru

Родин Константин Анатольевич, старший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3808-2729> e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Невежина Айнагуль Беркбаевна, научный сотрудник отдела оросительных мелиораций Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3219-348X> e-mail: aina.kanaeva@mail.ru

Фомин Сергей Денисович, заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, доцент ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> E-mail: fsd_58@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-13

3D VISUALIZATION OF THE LANDSCAPE ON THE EXAMPLE OF THE TERRITORY OF A RESIDENTIAL BUILDING

N.A. Kulikova¹, A. M. Pyatykh², Y.A. Laptina¹, O.G.Gichenkova³

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, Belgorod*

³*All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd*

Received 17.05.2021

Submitted 30.08.2021

Abstract

Introduction. To create a comprehensive landscaping of the site requires a thorough preliminary planning, preparation of drawings and calculations, including 3D visualization of the projected space. This process is no less laborious than building a house. 3D visualization is created on the basis of photographs of the area, measurements, topographic maps, thereby performing many practical functions. Based on the available information about the relief, the location of existing and planned buildings, the road and path network and the presence of existing and future vegetation, a three-dimensional plan of the site is created in a special computer program. **Object.** The site of a residential building in the town of Kalach-on-Don, Volgograd Region, was selected as an object. **Materials and methods.** Design studies were created using computer programs (road surface plan and small architectural forms with a statement, a dendrological plan with an assortment list, a functional zoning scheme, a «draft design»). Such programs as: Realtime Landscaping Architect, Nash Sad Kristall (Rubin), CorelDRAW, Paint were used to achieve this goal. **Results and conclusions.** The primary task was the functional zoning of the territory, taking into account the optimal use of solar energy and ensuring the convenience of communication between the sites through the placement of paths and sites. The next task was to use regular flower arrangements on the site. The assortment of plants for flower beds was selected taking into account the correspond-

ence of their ecological and biological properties to the location of the site. The final stage was the use of small architectural forms and the design of the site (one of the options) with a water structure.

Key words: *landscape analysis, landscape styles, flower beds, small architectural forms, functional zoning, draft design, project documentation.*

Citation. Kulikova N. A., Pyatykh A. M., Laptina Y. A., Gichenkova O.G. 3D visualization of the landscape on the example of the territory of a residential building. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 132-141 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-13.

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

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

УДК 712

3D ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЛАНДШАФТА НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОГО ДОМА

Н. А. Куликова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
А. М. Пятых², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Ю. А. Лаптина¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
О. Г. Гиченкова³, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, Россия

²ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина»,
г. Белгород, Россия

³ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 17.05.2021

Дата принятия к печати 30.08.2021

Актуальность. Для создания комплексного благоустройства участка требуется предварительная тщательная планировка, подготовка чертежей и расчётов в том числе и 3D визуализация проектируемого пространства. Этот процесс не менее трудоемкий, чем строительство дома. 3D визуализация создается на основе фотографий местности, замеров, топографической карты, выполняет тем самым множество практических функций. Исходя из имеющейся информации о рельефе, расположении существующих и планируемых построек, дорожно-тропиночной сети и наличии имеющейся и будущей растительности создаётся трёхмерный план участка в специальной компьютерной программе. **Объект.** В качестве объекта был выбран участок жилого дома в г. Калач-на-Дону Волгоградской области. **Материалы и методы.** Проектные проработки создавались с помощью компьютерных программ (план дорожного покрытия и малые архитектурные формы с ведомостью, дендрологический план с ассортиментной ведомостью, схема функционального зонирования, «эскизный проект»). Такие программы, как Realtime Landscaping Architect, Наш Сад Кристалл (Рубин), CorelDRAW, Paint использовались для реализации поставленной цели. **Результаты и выводы.** Первоочередная задача состояла в функциональном зонировании территории с учетом оптимального использования солнечной энергии и обеспечении удобства связи между участками посредством размещения тропинок и площадок. Следующей задачей было применение на участке регулярных вариантов цветочных композиций. Ассортимент растений для цветников подбирался с учётом соответствия их эколого-биологических свойств местоположению участка. Завершающим этапом было применение малых архитектурных форм и оформление участка (один из вариантов) водным сооружением.

Ключевые слова: ландшафтный анализ, ландшафтные стили, цветники, МАФ, функциональное зонирование территорий, эскизные проекты, проектная документация.

Цитирование. Куликова Н. А., Пярых А. М., Лаптина Ю. А., Гиченкова О. Г. 3D визуализация ландшафта на примере территории жилого дома. *Известия НВ АУК*. 2021. 3 (63). 132-141. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-13.

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. В ландшафтной архитектуре наиболее общая задача композиции – это построение пространства под открытым небом, формируемая преимущественно рельефом, зелёными насаждениями, водоёмами и водотоками, малыми архитектурными формами и элементами благоустройства.

Зелёная инфраструктура городов включает в себя как общественные, так и частные зелёные насаждения, которые, хотя и различаются, могут обеспечить положительные преимущества для жителей [11].

Осваивая территорию, человек оказывает прямые и косвенные воздействия на организацию ландшафта, внося удобрения в почву, проводя вертикальную планировку и прочее.

Жители сельских поселений, по исследованиям [12], отдают предпочтение утилитарному взаимодействию с ландшафтом в сочетании с идеей «потребления сейчас» нынешним сообществом, а также продолжением «потребления» для сообщества «в будущем».

Нередко, преобразая природу, человек имеет в виду цель – образ желаемого будущего, т.е. модель состояния ландшафта. Модель формируется исходя из исторических стилей и современных направлений садово-паркового искусства.

Видоизменять, смешивать исторические стили и современные направления, сопоставлять и исследовать ландшафт, затрагивать все его аспекты как социальные, так и экологические, – всё это возможно и в городской, и в сельской местностях. Развивая сельский ландшафт, мы поддерживаем исторически культурную традицию, когда сады, огороды, пруды, роши, парадные зоны с цветниками были основными ценностями окружающего пространства. Человек издавна пытался приспособить среду для собственных нужд, вначале выполняя утилитарные функции, затем озеленяя свое место пребывания, опираясь на свои личные представления о природной красоте. Ландшафты сельских территорий более естественны и традиционны. У людей, проживающих в сельской местности, есть уникальная возможность проявить себя, преобразовывая прилегающую к дому территорию, в отличие от жителей многоквартирных домов, где их территория заканчивается балконом, лоджией или садом на крыше.

Материалы и методы. Объектом для проектирования был выбран участок площадью 360 м² прямоугольной формы на территории жилого дома в г. Калач-на-Дону Волгоградской области. Анализируя придомовую территорию, было выявлено полное отсутствие растительности, дорожного покрытия и малых архитектурных форм (далее МАФ).

Задача заключалась в размещении ландшафтных объектов на проектируемой территории согласно особенностям природного ландшафта.

Цель работы сводилась к созданию проектных проработок с помощью компьютерных программ (план дорожного покрытия и МАФ с ведомостью, дендрологический план с ассортиментной ведомостью, схема функционального зонирования, «эскизный проект»). Такие программы, как *Realtime Landscaping Architect*, *Наш Сад* Кристалл (Рубин), *CorelDRAW*, *Paint* использовались для реализации поставленной цели.

Результаты. Ландшафтное решение тематических цветочно-декоративных композиций отличается чрезвычайным разнообразием и подчинению их тематике [5]. Природная среда в некоторых случаях не только может удачно дополнить объект архитектуры, но и может в корне изменить восприятие стиля, потому как такие объекты будут восприниматься по-разному в разнообразном современном ландшафте [13].

По мнению ряда авторов [10], в мелких масштабах земные ландшафты быстро меняются, чтобы они ни представляли: сельскохозяйственные, лесные, городские или засушливые. Изменения происходят естественно и антропогенно, влияя глобально на изменяющийся мир и достаточно незаметно, как например, на изучаемом небольшом объекте, где было предложено три варианта ландшафтного дизайна, сочетающие регулярные и нерегулярные приёмы композиции. Первоочередная задача состояла в функциональном зонировании территории с учетом оптимального использования солнечной энергии и обеспечении удобства связи между участками посредством размещения тропинок и площадок (рисунок 1).

Зоны могут перекрываться, плавно перетекать из одной в другую или зрительно разделяться посадками, цветниками, дорожками, газонами, перголами, а дорожки и тропинки должны связывать композиции в одно целое.

Архитектурно-планировочное решение в целом зависит от расположения дорожек, они зонируют территорию, выводят к видовым точкам и создают характер сада. Густо расположенная тропиноподобная сеть придаёт измелечённость ландшафтной композиции, потому необходимо максимально сохранить целостность газонного пространства, но при этом проложить систему, позволяющую «обежать» всю территорию.

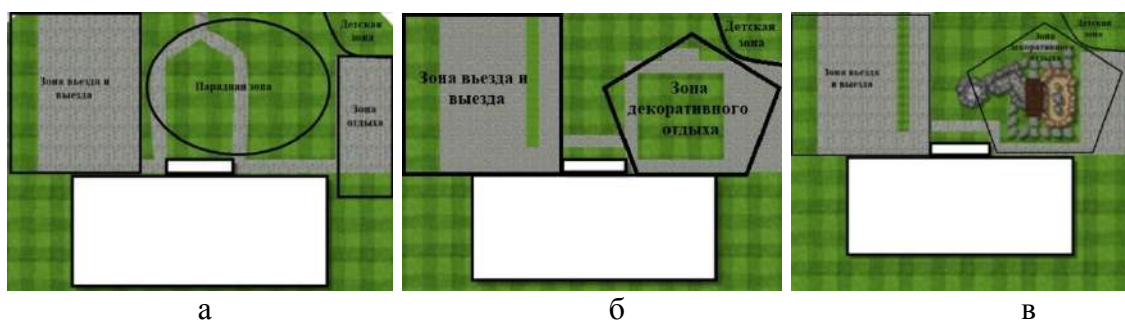


Рисунок 1 – Функциональное зонирование
на частной территории жилого дома

Figure 1 – Functional zoning on the private territory of a residential building

Все варианты схем зонирования содержат зону въезда и выезда, отведённую для автомобилей (парковка, доступ к гаражу) и занимающую левую часть прямоугольного участка.

С противоположной стороны участка располагается детская зона, граничащая с зоной отдыха. Часть тихого уголка предназначена для зоны барбекю с беседкой и оборудованием (гриль, мангал, печь, плита, коптильня, духовка) для приготовления различных блюд и водопроводом с целью эстетичности, практичности и безопасности. Беседка же на участке позволит укрыться от дождя и палящего солнца. Постройка должна вписываться в общую композицию, например, если речь идет о «японском» саде, то беседку соответственно нужно выбирать в восточном стиле (рисунок 2в).

Одна из схем распределения зон (рисунок 1а) имеет дополнительную парадную зону с размещением на её территории цветника ландшафтного стиля – розария (рисунок 2).



Рисунок 2 – Варианты эскизных проектов для территории частного дома

Figure 2 – Variants of draft projects for the territory of a private house

Следует отметить преобладание регулярных вариантов цветочных композиций во входных зонах изучаемых объектов [1]. Ассортимент растений для цветников должен подбираться с учётом соответствия их эколого-биологических свойств местоположению участка [8]. Нельзя недооценивать роли цветочного оформления в индивидуализации города и разнообразных ландшафтно-рекреационных территорий, где цветники акцентируют входные зоны и площадки [4].

Использование растений одного сорта на большой территории позволяет создать «королевскую» изюминку участка – элемент ландшафтной композиции с цветником и газоном. Благородный и изящный цветник-розарий как самостоятельный тип зелёных насаждений представлен розами сорта Gold Perl Stein на площади 28 м² (4x7). Роза махровая ярко-оранжевого цвета, не подгорающая на солнце, высотой до 1 м и шириной до 50 см, цветение непрерывное с начала лета до первых заморозков. Габитус цветника обусловлен прямостоячими побегами одинаковой высоты, поэтому для предохранения роз от сквозняков желательно обсадить розарий карликовыми растениями: хвойными, лиственными или обычным фенхелем, что придаст цветнику дополнительный шик. А садовый наземный светильник в вечерние часы создаст красивую игру теней и оттенков. Розарий должен комбинироваться с растениями, имеющими круглогодичную привлекательность, тем самым дополнив общую композицию. В этом отношении идеально подойдут многолетние растения, например, плетистые розы, которые будут продолжать ландшафтную планировку и формировать вертикальный розарий.

Плетистые розы флорибунда (Fomosta) станут прекрасным дополнением к общей композиции при вертикальном озеленении и создадут вертикальную структуру сада с использованием архитектурной формы – трельяжа, который в свою очередь разграничивает парадную зону и зону въезда и выезда (рисунок 2а). Плетистая роза высотой 2,5-3,0 м и шириной до 1,0 м с цветением на протяжении всего сезона имеет преимущество перед кустовыми розами, образуя большую декоративную массу, направленную вверх и в стороны, «надевая» в цветочно-зелёный наряд любое вертикальное сооружение.

Гармоничное сочетание родственных тёплых цветов (оранжевый и красный) у цветочных растений прекрасно впишется в композиционное решение парадной части участка.

Одним из основных положений формирования гармоничных как по цвету, так и по конфигурации композиций является правильное размещение компонентов по отношению друг к другу и общему художественному замыслу [3].

Наряду с травянистыми, во многих композициях встречаются хвойные, они активно участвуют в формировании цветового образа композиции, а в зимний период определяют его [6].

В зоне въезда и выезда одна из сторон участка занята миксбордером – цветником, представленным хвойной декоративнолиственной растительностью разного видавого состава, обеспечивающим круглогодичную декоративность. Растения желательно подбирать высотой не более 1,5 метров, чтобы не затенять наиболее низкорослые представители растительности и не конкурировать друг с другом. Для большей декоративности можно включить декоративную отсыпку, в виде каменной крошки, гальки, древесной коры или щепы, щебня разных оттенков, скорлупы кедровых орешков, «декоративных» камушков из стекла или пластика. Для придания законченности цветнику пригодятся крупные камни, садовые фигурки, скульптуры или фонари.

Вдоль ограждения был предложен вариант размещения кустарников: Гортензия метельчатая (Magical Candle) (рисунок 2а), Барбарис тунберга (Harlequin) (рисунок 2б) и растения причудливой формы, типа бонсай или кустарники с «плакучей» и «зонтичной» кроной (рисунок 2в). Общим условием для растений должна быть их высоты, достигающая высоты забора, примерно до 1,5-2,0 м, что позволит усилить декоративность композиции и выполнить санитарно-гигиеническую роль в защите от пыли улицы.

За счёт сильных побегов, растущих вертикально вверх гортензию хорошо использовать в рядовых посадках, в виде живой изгороди, которая будет радовать своими крупными соцветиями с июля по сентябрь. Раскидистая и густоветвистая крона барбариса, выдерживающая стрижку, позволит создать стриженную изгородь затейливой формы пурпурно-красного цвета. А растения с причудливой кроной прекрасно впишутся в ландшафтный стилистический интерьер.

В качестве бордюрного ограждения в детской зоне рекомендуется использовать декоративно цветущий кустарник: Спирея японская (Little Princess). Рядовая посадка кустарника выполняет барьерную, разграничительную и декоративную роль за счёт многочисленных розовых соцветий, цветущих весь летний период, а небольшая высота растения (до 0,6 м) позволит наблюдать за детской зоной.

В весенний период декоративность саду придают цветущие кустарники и деревья [2].

Имея в распоряжении достаточно большую площадку (9х9 м), её можно использовать под размещение солитерного дерева, соблюдая пропорцию высоты растения к ширине участка (1 : 3). В качестве одиноко стоящего дерева предлагается посадка ели колючей (сорта *Glauca Globosa* или *Edith*). Открытая площадка подчеркнёт «живое» украшение, даст возможность насладиться декоративной индивидуальной красотой растения, а сам хвойник может стать рождественской елью в новогодние праздники. Лучше представится взору хвойник, если снизу установить подсветку, тем самым подчеркнув четкий контур растения-доминанта.

Солитеры выполняют роль акцента или центра композиции; элемента, выявляющего оси композиции пейзажа или ось фасада сооружений; «рам» пейзажной картины, создающей переход от закрытого пространства к открытому.

Тропинки на участке без окаймления растениями смотрятся уныло и пусто, поэтому рекомендуется вдоль дорожек разбивать цветники: рабатку или бордюр. Растения рекомендуется использовать низкорослые, например, различные сорта Колеус (Coleus) (рисунок 2б).

Растения-лианы в ландшафтной композиции придадут оригинальность и привлекательность окружающей обстановке. Актуально их использование в комплексе с малыми архитектурными формами, например, с перголой и закрытыми садовыми качелями. Представителями лиан послужили: Клематис тунгусский (*Clematis tangutica*) и Камписис (*Campsis*) (рисунок 2б). Все клематисы отличаются неприхотливостью и простотой в уходе; для более обильного цветения необходимо удалять старые побеги, поскольку цветение происходит на новых побегах текущего года. Камписис – быстрорастущая лиана с образованием большого количества поросли, потому высаживать растение желательно на ограниченной территории, допустим в промежутке между плиточным дорожным покрытием.

У каждой страны подход к ландшафтному искусству кардинально разный, так для кого-то красота в партерном газоне, а кому-то по душе участок без клочка травы с песком и гравием.

При оформлении каменного газона необходимо использовать весь спектр природных материалов. Все камни в композиции должны быть разного размера, расположенные ассиметрично. Мелкие камни (песок, гравий, галька) символизируют воду, крупные являются прообразом Земли.

Существует несколько техник оформления «японского» сада:

1. Сад камней – размещают камни хаотично или кольцами; создают каменные мостики или размещают их по краю «сухих» ручьев; располагают камни таким образом, чтобы один из многих был не доступен взору с любой видовой точки. Использовать растительность рекомендуется 3-4 видов, расположив её куртинками. С помощью камней можно создать на участке сухой ручей (рисунок 2в) как оригинальный элемент ландшафтного дизайна, обладающий декоративными и утилитарными функциями, например, выполнить роль открытой дренажной канавы или скрыть дефекты рельефа. При создании сухого ручейка выбор растений более разнообразен в отличие от растений, располагающихся возле водоёма, не говоря о простоте ухода, где не нужно будет следить за водным оборудованием, сооружать сложную подачу воды и следить за чистотой воды.

2. Сад растений – используют совместно цветы и декоративные растения, или только декоративнолиственные растения с доминирующим зелёным цветом. Из растительности следует предпочтение отдавать компактным и низкорослым растениям, прекрасно в композиции смотрятся вечнозелёные растения.

3. Комбинированный сад.

Обсуждение. На первых этапах человек использовал природную красоту растений, а со временем стал создавать новые формы и сорта растений, изменять рельеф и включать в благоустройство территории декоративные элементы. Дополнив ландшафт архитектурными элементами в восточном стиле (зонтики, мостики, фонари, скульптуры, ограды и т.п.), подчёркивается стилистическое направление сада.

Перголу и трельяж используют для вертикального озеленения (рисунок 2), например, лианами с цепляющимися и вьющимися побегами. Хорошо для этого подходят многолетники, так как высота однолетников невелика и лучше их использовать для украшения небольших сооружений. Дополнительная функция малых архитектурных форм – это разграничение и декоративное оформление участка.

Для создания интересного участка и придания ему индивидуальности достаточно нескольких декоративных элементов.

Одна из наиболее ярких и захватывающих тем при решении участка – это тема воды. Атмосфера ландшафта оживляется и преобразуется от присутствия воды, а в жаркие дни от воды исходит прохлада. Главный принцип, которого следует придерживаться при создании композиций – это гармония, отображение природного ландшафта, его естественности с использованием желательно природных и натуральных материалов.

Выводы. Визуально и эстетически красочные ландшафтные композиции являются критерием для положительного эмоционального состояния отдыхающего.

Необходимо соблюдение экологических предпочтений растений, учёт экологических групп по отношению к свету, влаге, плодородию почвы, не рекомендуется совместная посадка растений разных экологических групп [7]. Профессионально разработанный реабилитационный сад способствует восстановлению психоэмоционального баланса человека [9].

Поставленная перед нами задача – придание «голому» участку эстетической привлекательности посредством использования растительности, МАФ, садовых дорожек с максимально функционально задействованной территорией и предложением заказчику нескольких вариантов эскизных проектов, мы считаем выполненной.

Библиографический список

1. Демиденкова Л. А., Тихонова Е. Н., Хазова Е. П. Разработка концепции озеленения в современных тенденциях с внедрением элементов естественной природной среды в урбанизированную структуру на примере коттеджного поселка «Березка» Рамонского района Воронежской области // Лесотехнический журнал. 2015. № 1. С. 18-25. <https://e.lanbook.com/journal/issue/296436>.
2. Келина А. В., Слепченко Н. А., Клемешова К. В. Анализ цветочного оформления олимпийского сочи // Садоводство и виноградарство. 2016. № 2. С. 41-48. https://elibrary.ru/download/elibrary_25837651_58831155.pdf.
3. Ковешников А. И., Новикова Н. Е. Колористика древесных насаждений в ландшафтном проектировании // Вестник аграрной науки. 2017. № 3. С. 82-88. <https://e.lanbook.com/journal/issue/302027>.
4. Михайлов Е. С. Ландшафтно-архитектурный анализ улиц на примере туристического маршрута "красная линия" в Екатеринбурге // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 109. С. 813-823. https://elibrary.ru/download/elibrary_23591363_52733743.pdf.
5. Приходько Г. Ю. Ландшафтное проектирование садовых и парковых объектов в условиях мегаполиса // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2013. № 20 (2). С. 123-132. https://elibrary.ru/download/elibrary_18875497_44285256.pdf.
6. Ступакова О. М., Аксянова Т. Ю. Композиции из многолетних травянистых, древесных хвойных и лиственных растений в озеленении городов // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. 31. № 5-6. С. 41-44. https://elibrary.ru/download/elibrary_23466265_67900369.html.
7. Филипчук О. Д. Экологические принципы землепользования при формировании ландшафта крупного оздоровительного комплекса // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 3 (7). С. 155-160. https://elibrary.ru/download/elibrary_27698354_31550729.pdf.
8. Храпач В. В., Беликова Н. А. Рекомендации по благоустройству и реконструкции зеленых насаждений рекреационной зоны в Кисловодске // Природообустройство. 2017. № 5. С. 108-114. https://elibrary.ru/download/elibrary_30646553_50400521.pdf.
9. Aija Ziemeļniece, Linda Balode The transformation of the cultural landscape of Latvian rehabilitation gardens and parks // Scientific Journal of Latvia University of Life Sciences and Technologies Landscape Architecture and Art. 2019. V. 14. N. 14. https://llufb.llu.lv/Raksti/Landscape_Architecture_Art/2019/LLU_Landscape_Architect_Art_Vol_14_2019-67-77.pdf.
10. Dynamic Landscape Modelling: The Quest for a Unifying Theory / Cédric Gaucherel [et al.] // *Living Rev. Landscape Res.* 2014. V. 8. <http://dx.doi.org/10.12942/lrlr-2014-2>.

11. Leila Mahmoudi Farahani, Cecily Maller, Kath Phelan Private Gardens as Urban Green-spaces: Can They Compensate for Poor Greenspace Access in Lower Socioeconomic Neighbourhoods? // *Landscape online*. 2018. V. 59. P. 1-18. <https://www.landscape-online.org/index.php/lo/article/view/LO.201859/16>.

12. Ramsey A., Kouloumpis V. An Expression of Multiple Values: The Relationship Between Community, Landscape and Natural Resource // *Rural Landscapes: Society, Environment, History*. 2016. Volume 3 (1). N. 6. P. 1-14.

13. The influence of the natural environment on the transformation of architectural style / Yu. Ivashko, T. Kuzmenko, Li Shuan, Chang Peng // *Scientific Journal of Latvia University of Life Sciences and Technologies Landscape Architecture and Art*. 2019. V. 15. N. 15. https://llu.lv/Raksti/Landscape_Architecture_Art/2019/LLU_Landscape_Architect_Art_Vol_15_2019-98-105.pdf.

Conclusions. Visually and aesthetically colorful landscape compositions are a criterion for a positive emotional state of a vacationer.

It is necessary to observe the ecological preferences of plants, take into account ecological groups in relation to light, moisture, soil fertility, joint planting of plants of different ecological groups is not recommended. A professionally developed rehabilitation garden helps to restore the psychoemotional balance of a person.

We consider the task set for us – to give the "bare" site aesthetic appeal through the use of vegetation, IAF, garden accessories with the most functionally involved territory and offering the customer several variants of draft projects, completed.

Reference

1. Demidenkova L. A., Tikhonova E. N., Khazova E. P. Development of the concept of gardening in modern trends with the introduction of elements of the natural natural environment into the urbanized structure on the example of the cottage village "Berezka" of the Ramon district of the Voronezh region // *Forestry Journal*. 2015. No. 1. P. 18-25. <https://e.lanbook.com/journal/issue/296436>.

2. Kelina A. V., Slepchenko N. A., Klemeshova K. V. Analysis of the flower etching of the Olympic Sochi // *Horticulture and viticulture*. 2016. No. 2. P. 41-48. https://elibrary.ru/download/elibrary_25837651_58831155.pdf.

3. Kovesnikov A. I., Novikova N. E. Coloristics of tree plantings in landscape design // *Bulletin of agrarian Science*. 2017. No. 3. P. 82-88. <https://e.lanbook.com/journal/issue/302027>.

4. Mikhailov E. S. Landscape and architectural analysis of streets on the example of the tourist route "red line" in Yekaterinburg // *Polythematic set electronic scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*. 2015. No. 109. P. 813-823. https://elibrary.ru/download/elibrary_23591363_52733743.pdf.

5. Prihodko G. Yu. Landscape design of garden and park objects in the conditions of a megapolis // *Fruit growing and viticulture of the South of Russia*. 2013. № 20 (2). P. 123-132. https://elibrary.ru/download/elibrary_18875497_44285256.pdf.

6. Stupakova O. M., Aksyanova T. Yu. Compositions of perennial herbaceous, woody coniferous and deciduous plants in urban landscaping // *Coniferous trees of the boreal zone*. 2013. Vol. 31. No. 5-6. P. 41-44. https://elibrary.ru/download/elibrary_23466265_67900369.html.

7. Filipchuk O. D. Ecological principles of land use in the formation of the landscape of a large health-improving complex // *Tavrichesky Bulletin of agrarian Science*. 2016. № 3 (7). P. 155-160. https://elibrary.ru/download/elibrary_27698354_31550729.pdf.

8. Khrapach V. V., Belikova N. A. Recommendations for the improvement and reconstruction of green spaces of the recreational zone in Kislovodsk // *Nature management*. 2017. No. 5. P. 108-114. https://elibrary.ru/download/elibrary_30646553_50400521.pdf.

9. Aija Ziemeļniece, Linda Balode The transformation of the cultural landscape of Latvian rehabilitation gardens and parks // *Scientific Journal of Latvia University of Life Sciences and Technologies Landscape Architecture and Art*. 2019. V. 14. N. 14. https://llu.lv/Raksti/Landscape_Architecture_Art/2019/LLU_Landscape_Architect_Art_Vol_14_2019-67-77.pdf.

10. Dynamic Landscape Modelling: The Quest for a Unifying Theory / Cédric Gaucherel [et al.] // *Living Rev. Landscape Res.* 2014. V. 8. <http://dx.doi.org/10.12942/lrlr-2014-2>.

11. Leila Mahmoudi Farahani, Cecily Maller, Kath Phelan Private Gardens as Urban Green-spaces: Can They Compensate for Poor Greenspace Access in Lower Socioeconomic Neighbourhoods? // Landscape online. 2018. V. 59. P. 1-18. https://www.landscape-online.org/index.php/lo/article/view/LO.201859/16_

12. Ramsey A., Kouloumpis V. An Expression of Multiple Values: The Relationship Between Community, Landscape and Natural Resource // Rural Landscapes: Society, Environment, History. 2016. Volume 3 (1). N. 6. P. 1-14.

13. The influence of the natural environment on the transformation of architectural style / Yu. Ivashko, T. Kuzmenko, Li Shuan, Chang Peng // Scientific Journal of Latvia University of Life Sciences and Technologies Landscape Architecture and Art. 2019. V. 15. N. 15. https://llufb.llu.lv/Raksti/Landscape_Architecture_Art/2019/LLU_Landscape_Architect_Art_Vol_15_2019-98-105.pdf

Authors Information

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.

Fifth Andrey Mikhailovich, Associate Professor of the Department of Agriculture, Agrochemistry, Land Management, Ecology and Landscape Architecture (308503 V. Ya. Gorin Belgorod State Agrarian University), Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, phone +79066066328, e-mail: andry5th@yandex.ru.

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 Genadievna, Senior Researcher of the Irrigation Reclamation Department (400002 FGBNU of HE All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd), Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, phone: +79272577672, e-mail: olga.gichenkova@mail.ru.

Информация об авторах

Куликова Наталья Александровна, доцент кафедры садоводства и защиты растений, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. e-mail: trjasi@list.ru.

Пятых Андрей Михайлович, доцент кафедры земледелия, агрохимии, землеустройства, экологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ Белгородский государственный аграрный университет им. В.Я. Горина (308503 г. Белгород, п. Майский ул. Вавилова, 1), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, телефон +79066066328, e-mail: andry5th@yandex.ru.

Лаптина Юлия Александровна, доцент кафедры земледелия и агрохимии, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, телефон: +79034785610, e-mail: ylaptina82@mail.ru.

Гиченкова Ольга Геннадьевна, старший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, телефон: +79272577672, e-mail: olga.gichenkova@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-14

PROSPECTS FOR THE CREATION OF ADAPTIVE DURUM WHEAT VARIETIES FOR THE VOLGOGRAD REGION

I. N. Markova, A. Y. Guzenko, A. V. Solonkin

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

Received 09.04.2021

Submitted 23.08.2021

Abstract

Introduction. For five years, the productivity and adaptive properties of 15 regionalized and promising varieties of spring durum wheat were studied in the conditions of the Lower Volga region. The influence of individual elements of productivity on the yield of the crop was revealed, such as productive bushiness, the number of grains in an ear, the weight of 1000 grains, and the safety of plants at the time of harvest. The

yield of durum wheat under our conditions most of all depended on the mass of 1000 grains. The correlation between this trait and productivity is average. The adaptive properties of varieties, in our conditions, are associated with productivity and varietal characteristics. The data on productivity and adaptive properties of the created varieties of durum wheat for the Volgograd region are presented. **Object.** Selection material of durum spring wheat for adaptability, productivity, quality. **Materials and methods.** Research on the development of spring wheat varieties is based on many years of experience starting in 1936 at the Kamyshin Experimental Station. Over the course of 6 years of experiments, the climatic conditions and adaptive properties of spring wheat in the zone of risky farming were taken into account. Phenological observation of the assessment, sampling, accounting of yield was carried out in accordance with crops. Distinguishing in the mean values was carried out by the method of mathematical statistics analysis of variance. The correlation between the features was calculated using the methodology of B.A. Dospekhov. **Results and conclusions.** The most adaptive in our conditions were the varieties: Bezenchukskaya 205, Luch 25 and Line 21. Our varieties in terms of adaptability and productivity significantly exceeded the zoned and promising varieties of the region. The work on creating varieties with high adaptability is considered a priority task for stabilizing crop production in an area with a sharply continental climate. During the years of study, the presented varieties had high productive and adaptive properties, which indicates their high breeding value and competitiveness.

Key words: spring durum wheat, selection, variety, yield, weight of 1000 grains, plant safety, adaptability.

Citation. Markova I. N., Guzenko A. Yu., Solonkin A. V. Prospects for the creation of adaptive durum wheat varieties for the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021.3 (63). 141-151 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-14.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data, and wrote the manuscript.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest

УДК 633.111.1:631

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ АДАПТИВНЫХ СОРТОВ ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

И. Н. Маркова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

А. Ю. Гузенко, младший научный сотрудник

А. В. Солонкин, доктор сельскохозяйственных наук,
руководитель селекционного центра

ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук (ФНЦ агроэкологии РАН), г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 09.04.2021

Дата принятия к печати 23.08.2021

Актуальность. В течение шести лет изучались продуктивность и адаптивные свойства 15 районированных и перспективных сортов яровой твёрдой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья. Было выявлено влияние отдельных элементов продуктивности на урожайность культуры, таких как продуктивная кустистость, число зёрен в колосе, масса 1000 зёрен, сохранность растений к моменту уборки. Высокая урожайность твёрдых сортов пшеницы в условиях жаркого климата больше всего зависела от массы 1000 семян. Корреляционная связь между этим признаком и продуктивностью средняя. Адаптивные свойства сортов в наших условиях связаны с продуктивностью и с сортовыми особенностями. Приведены данные продуктивности и адаптивные свойства созданных сортообразцов твёрдой пшеницы для Волгоградской области. **Объект.** Селекционный материал твердой яровой пшеницы на адаптивность, продуктивность, качество. **Материалы и методы.** Начиная с 1936 года, на Камышинской опытной станции проводились исследования по созданию сортов яровой пшеницы. На протяжении последних 6 лет изучения учитывались климатические условия и адаптивные свойства яровой пшеницы в зоне рискованного земледелия. Фенологические наблюдения, отбор образцов, учет урожайности

проводились в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Различия в средних значениях проводились методом математической статистики и дисперсионного анализа. Корреляционную связь между признаками рассчитывали по методике Б. А. Доспехова. **Результаты и выводы.** По наибольшей продуктивности в наших климатических условиях были выявлены сорта: Безенчукская 205, Луч 25 и Линия 21. Наши сортообразцы по адаптивности и продуктивности значительно превышали районированные и перспективные сорта региона. Работа по созданию сортов с высокой адаптивностью считается приоритетной задачей для стабилизации растениеводства в зоне с резко континентальным климатом. Представленные сортообразцы за годы изучения имели высокие продуктивные и адаптивные свойства, что указывает на их высокую селекционную ценность и конкурентоспособность.

Ключевые слова: яровая твёрдая пшеница, селекция твердой пшеницы, сорта твердой пшеницы, урожайность твердой пшеницы, масса 1000 зёрен, сохранность растений пшеницы, адаптивность пшеницы.

Цитирование. Маркова И. Н., Гузенко А. Ю., Солонкин А. В. Перспективы создания адаптивных сортов твердой пшеницы для Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 141-151. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-14.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Введение. Нижнее Поволжье издавна считается одним из основных районов возделывания твёрдой пшеницы. Первое место по выращиванию твердых сортов пшеницы в Нижневолжском регионе когда-то занимала Саратовская область, в состав которой в то время входил Камышинский район. В Саратовском Заволжье на всех залежных землях наиболее востребованным был сорт твердой пшеницы Белотурка [10]. В настоящее время в Нижнем Поволжье, и в частности в Волгоградской области, в состав которой вошёл и Камышинский район, твёрдая пшеница высевается на очень малых площадях. Основными факторами, дестабилизирующими производство этой культуры, являются низкая продуктивность на фоне высоких летних температур, воздушной засухи, корневых гнилей, болезней листьев, колоса и повреждения вредителями [13]. Вместе с тем твёрдая пшеница – культура с большим биологическим потенциалом. При умелом возделывании, наличии сортов, соответствующих данной зоне, урожаи её могут не уступать урожаям мягкой пшеницы. Во влажные же годы твёрдая пшеница часто превосходит по продуктивности мягкую [1]. Для повышения урожайности твёрдой пшеницы необходимо увеличение интенсивности производства, и в первую очередь за счет внедрения наиболее адаптированных к условиям региона сортов [2, 5].

Работа по созданию сортов яровой пшеницы на Камышинской опытной станции была изначально предпринята в 1936 году под руководством кандидата биологических наук Д. Габе. С 1947 г. селекционную работу продолжили Н. В. Покровский и З. Ф. Шишанова, благодаря которым в 1958 г. были выведены сорта яровой твёрдой пшеницы Камышинская 2 и мягкой Камышинская 3. В отличие от сорта Камышинская 3, который в 1972 году был районирован по Волгоградской области, сорт Камышинская 2 признания не получил [2]. В настоящее время селекционная работа по созданию сортов твёрдой пшеницы для Нижнего Поволжья продолжается.

Материалы и методы. Селекционная работа по созданию сортов твердой яровой пшеницы проводится с 2015 года на полях Камышинского подразделения лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФНЦ агроэкологии РАН, расположенного в правобережной сухостепной зоне Нижнего Поволжья [7]. Почвы типичные каштановые суглинистые, слабосолонцеватые с содержанием гумуса в слое 0-30 см – 1,6 %.

Подготовка почвы к посеву производилась по принятой в зоне агротехнике. Основная обработка – вспашка с оборотом пласта на глубину 20-22 см – проводилась в конце августа – начале сентября. Весной – покровное боронование в два следа и предпосевная культивация. Посев – максимально ранний, по мере наступления физической спелости почвы.

Климат Нижнего Поволжья, особенно в весенние месяцы, всегда непредсказуем и имеет наиболее существенное влияние на продуктивность возделываемых культур. Климатические условия 2015, 2016 и 2017 годов в целом были типичными для региона и достаточно неблагоприятными для твёрдой пшеницы.

2018 год также охарактеризовался неблагоприятными климатическими условиями для ранних зерновых культур, особенно в начале вегетации. За три месяца с апреля по июнь выпало всего 19,6 мм осадков при средней многолетней норме 95,5 мм. При сложившихся условиях у растений пшеницы не сформировалась вторичная корневая система, что послужило причиной отсутствия кущения. В июле, в основном во второй половине, при созревании, выпало 120,7 мм, что крайне негативно повлияло на проведение уборки, которую пришлось проводить с запозданием на 15 дней. При этом средняя температура воздуха за период вегетации (май, июнь, июль) была выше средних многолетних значений на 4,2; 2,2; 2,8 °С, соответственно, что также отрицательно сказалось на продуктивности.

Климатические условия 2019 года сложились неоднозначно. С одной стороны, большое количество осадков, выпавших в виде снега в зимние месяцы, благоприятствовало накоплению продуктивных запасов влаги в почве, с другой стороны, создало промывной режим, переместив основные питательные, в основном, азот, вещества в более глубокие слои почвы. Это негативно повлияло на развитие и дальнейшую продуктивность твёрдой пшеницы, корневая система которой уступает мягкой пшенице по глубине залегания. Несмотря на хорошее развитие вторичной корневой системы, урожайность твёрдой пшеницы сформировалась от 0,3 до 0,8 т/га. В июне осадков практически не было (2,2 мм), что привело к отсутствию кущения твёрдой пшеницы и формированию у растений фактически по одному продуктивному колосу. Большое количество осадков в июле (92,5 мм) позволило получить хорошо выполненное зерно, но при этом негативно сказалось на уборке. Температурный режим сложился типичным для зоны исследования и на продуктивность влияния не оказал.

2020 год сложился более благоприятно для твёрдой пшеницы. Низкие температуры апреля отрицательно сказались на появлении всходов, в результате чего всходы появились через 16 дней после посева, проведённого в середине апреля. В конце весны температура воздуха опускалась ниже нормы на 1 °С, что в сочетании с обильными осадками (на 22 мм больше среднемесячного многолетнего значения) позволило растениям пшеницы хорошо раскуститься. Растения сформировались высокорослыми (80-95 см), обладали хорошей кустистостью и отлично развитой вторичной корневой системой. В июне выпало 25 мм осадков, при норме 38,9 мм, а в июле – всего 4 мм при норме 39 мм. Температурный режим этих месяцев сложился выше средних многолетних значений на 3 и 4 °С соответственно, что повлияло на формирование слабо выполненного зерна.

Посев производился на делянках площадью 25 м² в 4х-кратной повторности. Фенологические наблюдения, отбор сноповых образцов, учёт урожая и анализ его структуры осуществлялись в соответствии с методиками государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [7]. Математическую обработку с целью выявления существенных различий проводили методом дисперсионного анализа. Корреляционную связь между признаками рассчитывали по Б. А. Доспехову (методика полевого опыта).

Результаты и обсуждение. Урожайность является одним из основополагающих показателей эффективности возделывания сорта [9, 12]. За годы наблюдений урожайность сортов твёрдой пшеницы варьировала в среднем от 0,8 до 1,19 т/га (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность и хозяйственно полезные признаки сортов яровой твёрдой пшеницы в Камышинском подразделении, 2015-2020 гг.

Table 1 – Productivity and economically useful traits of spring durum wheat varieties in the Kamyshinsky subdivision, 2015-2020.

№ п/п	Название сорта / Variety name	Урожайность средняя 2015-2020 гг., т/га / Productivity of Wednesday. 2015-2020, t/ha	Урожайность 2020 г., т/га / Productivity 2020, t / ha	Масса 1000 зёрен 2020 г., г / Weight of 1000 grains 2020, g	Натура зерна 2020 г., г/л / Grain nature 2020, g/l
1	Линия 21 / Liniya 21	1,19	1,4	43,2	750
2	Безенчукская 205 / Bezenchukskaya 205, st	1,16	1,21	40,6	755
3	Луч 25 / Luch 25	1,08	1,19	43,8	760
4	Краснокутка 13 / Krasnokutka 13	1,07	1,1	42,4	760
5	Валентина / Valentina	1,06	1,05	41,7	765
6	Линия 22 / Liniya 22	1,03	1,05	40,5	700
7	Безенчукская золотистая / Bezenchukskaya zolotistaya	0,98	1,18	40,7	750
8	НИК / NIK	0,97	0,9	39,7	725
9	Вольнодонская / Vol'nodonskaya	0,96	1,1	35,4	770
10	Саратовская золотистая / Saratovskaya zolotistaya	0,94	1,06	38,8	755
11	Донская элегия / Donskaya elegiya	0,94	1,06	38,2	765
12	Мелодия Дона / Melodiya Dona	0,9	1,04	38,2	770
13	Аннушка / Annushka	0,88	0,86	38,4	725
14	Дар черноземья / Dar chernozem'ya	0,84	0,92	36,9	750
15	Харьковская 46 / Khar'kovskaya 46	0,78	1,02	37,4	765
	Среднее / sredneye	0,99	1,08	39,7	751
	НСР ₀₅ / NSR ₀₅	0,05	0,05	1,99	-

Наибольшую урожайность за 6 лет наблюдений показала перспективная форма саратовской селекции Линия 21, а также стандартный сорт Безенчукская 205. Различия между отдельными сортообразцами по урожайности были достоверными. Если говорить о показателе современных сортов твердой пшеницы на данном испытании, то он значительно вырос в сравнении с повсеместно распространенным ранее сортом Харьковская 46. За 6 лет наблюдений современные сорта на 0,3-0,4 т/га (50 %) превосходили по урожайности данный сорт, что подтверждает возможность селекционной работы на продуктивность у твёрдой пшеницы в наших условиях (таблица 1).

Выполненность семян и их масса являются стабильными признаками сорта, к резкому понижению которых могут привести лишь экстремальные условия выращивания [14]. Наиболее крупные зерна в наших исследованиях показали сортообразцы: Ли-

ния 21, Краснокутка 13, Луч 25, Безенчукская 205 и Линия 22 (таблица 2). Более высокая урожайность сортов твердой пшеницы связана с более высокой массой 1000 зёрен, что подтверждается средней корреляционной связью между продуктивностью и массой 1000 зёрен: $r = 0,67$.

Таблица 2– Признаки продуктивности сортов твёрдой пшеницы в среднем за 6 лет (2015-2020 гг.)

Table 2 – Signs of productivity of durum wheat varieties on average for 6 years (2015-2020)

Название сорта / Variety name	Сохран- ность, % / Safety, %	Высота рас- тений, см / Plant height, cm	Масса 1000 зёрен, г / Weight of 1000 grains, g	Продуктивная кустистость, шт. / Productive bushiness, pcs.	Число зёрен в колосе, шт. / The number of grains per ear, pcs.
Линия 21 / Liniya 21	59,4	79	37,5	1,3	21,3
Безенчукская 205 / Bezenchukskaya 205, st	57,7	81	35,6	1,22	19,1
Луч 25 / Luch 25	59,7	79	36,1	1,23	21,1
Краснокутка 13 / Krasnokutka 13	65,9	78	37	1,21	20,2
Валентина / Valentina	53,1	81	34,9	1,21	19,1
Линия 22 / Liniya 22	56,3	81	35,5	1,2	22,6
Безенчукская золотистая / Bezenchukskaya zolotistaya	54,5	77	34,4	1,35	21,5
НИК / NIK	61,2	81	33,8	1,13	20,7
Вольнодонская / Vol'nodonskaya	56,4	81	33,4	1,15	19,6
Саратовская золотистая / Saratovskaya zolotistaya	55,2	81	34,6	1,19	18,6
Донская элегия / Donskaya elegiya	59,5	80	32,2	1,25	18,7
Мелодия Дона / Melodiya Dona	62,9	79	33	1,27	20,3
Аннушка / Annushka	64,1	81	33,5	1,06	19,9
Дар черноземья / Dar chernozem'ya	61,9	78	31,8	1,23	19,5
Харьковская 46 / Khar'kovskaya 46	54,1	82	33,1	1,22	18,4
Среднее / sredneye	59,1	80	34,3	1,23	20,0

За шесть лет изучения было выявлено, что такие показатели, как высота растений, продуктивная кустистость и среднее число зёрен в колосе имели незначительные различия по сортам и существенно не влияли на продуктивность. Так, варьирование по высоте не превышало 4 %, по продуктивной кустистости – 14 %, числу зёрен в колосе – 13 %. Как известно, потенциал кушения яровой твёрдой пшеницы значительно уступает другим хлебным культурам [4]. Изученные нами сортообразцы в среднем за 6 лет имели очень низкую продуктивную кустистость – от 1,1 до 1,35 продуктивного колоса с растения (таблица 2). С урожайностью кустистость связана очень слабо: коэффициент корреляции $r = - 0,002$.

Отдельно следует отметить сохранность растений твёрдой пшеницы к моменту уборки. В среднем за 6 лет наблюдений данный показатель по сортам равнялся 59,1 %, варьируя между сортами в пределах 8-11 % (таблица 2). Наиболее высокой и стабильной сохранностью растений к моменту уборки характеризовались сортообразцы Краснокутка 13 и Аннушка, 65,9 % и 64,1 % соответственно, что указывает на высокую ценность этих сортов в качестве родительских форм при создании местного селекционного материала.

Всходы твёрдой пшеницы появляются лишь при влажности почвы 50 %, тогда как всходы мягкой пшеницы при влажности почвы 40 % от полной её влагоёмкости [4]. Частые резкие поднятия температуры в весенний период и суховейные ветра в наших зонах иссушают почву, что приводит к слабой полевой всхожести культуры и пониженной сохранности растений к моменту уборки. При этом корреляционная зависимость полевой всхожести и урожайности крайне слабая: $r = 0,05$. Повышение нормы высева твёрдой пшеницы на 30 % в наших исследованиях не привело к увеличению продуктивности культуры за счёт увеличения густоты стеблестоя. При увеличении густоты стеблестоя от 1 до 23 % наблюдалось снижение сохранности растений на 2-9 % (таблица 3).

Таблица 3 – Средняя урожайность, сохранность растений и густота стеблестоя в зависимости от нормы высева (2016-2017 гг.)

Table 3 – Average yield, plant safety and stand density depending on the seeding rate (2016-2017)

Название сорта / Variety name	Норма высева, млн. семян/га / Seeding rate, mln seeds / ha	Урожайность, т/га / Productivity, t / ha	Сохранность, % / Safety,%	Густота стеблестоя, шт./м ² / Stalk density, pcs / m ²
Линия 21 / Liniya 21	3,5	1,31	56,3	227
	4,5	1,32	52	229
Безенчукская 205 / Bezenchukskaya 205, st	3,5	1,18	58,6	233
	4,5	1,15	53,1	264
Линия 22 / Liniya 22	3,5	1,15	53,1	242
	4,5	1,1	52,2	288
Краснокутка 13 / Krasnokutka 13	3,5	1,11	64,3	243
	4,5	1,22	61,1	299
НСР ₀₅ / NSR ₀₅	-	0,05	-	12,66

При этом сорт Краснокутка 13 был менее подвержен этой зависимости. Продуктивность этого сорта при увеличении нормы высева была достоверно выше. Сохранность растений к моменту уборки была у Краснокутки 13 максимальной, что подтверждает селекционную ценность сорта.

В 2016 году из расщепившихся растений сорта яровой твёрдой пшеницы Валентина было отобрано 50 индивидуальных растений, которые изучались в качестве исходного материала для создания местных сортов. В настоящее время из них испытываются 4 перспективных сортообразца (таблица 4). Материнский сорт Валентина был посеян для контроля, в качестве стандарта изучался сорт Безенчукская 205.

По урожайности за 3 года испытаний все представленные сортообразцы достоверно превышали стандарт Безенчукскую 205. Особо следует отметить образцы под номерами 132/1 и 132/5, которые имели более значимое превышение по продуктивности над стандартом, а также превышали Безенчукскую 205 по массе 1000 зёрен (таблица 4). Данные образцы: 132/1 – белозерный и 132/5 – краснозерный, планируется размножить и передать в Госкомиссию по испытанию сортов в 2021-2022 годах.

Важнейшим условием формирования высоких и стабильных урожаев является создание и распространение сортов, приспособленных к местным условиям [15]. Поэтому одной из главных задач стабилизации растениеводства в зоне с резко континен-

тальным климатом считается работа по созданию сортов с высокой адаптивностью [5]. Адаптивные свойства сортов являются не менее значимыми, чем продуктивные. Особенно актуальная проблема создания и использования в сельскохозяйственном производстве сортов с повышенными адаптивными свойствами обозначилась в последние годы в связи с изменениями климата [12, 14].

Таблица 4 – Урожайность, масса 1000 зёрен и натура зерна новых селекционных сортообразцов, коэффициенты адаптивности сортов твёрдой пшеницы, рассчитанные по Л. А. Животкову 2018-2020 гг.

Table 4 – Yield, weight of 1000 grains and grain nature of new breeding varieties of durum wheat 2018-2020

Название и номер образца / Sample name and number	Разновидность / Variety	Масса 1000 зёрен сред. 2018-2020 гг., г / The mass of 1000 grains is medium. 2018-2020 , g	Натура зерна сред. 2018-2020гг., г/л / The nature of the grain medium. 2018-2020 , g / l	Урожайность т/га сред. за 2018-2020 гг. / Urozhaynost' t / ga sred. za 2018-2020 gg	Коэффициенты адаптивности / Adaptability coefficients
Линия 21 / Liniya 21	Leucurum	-	-	1,11	106,4
Безенчукская 205 / Bezenchukskaya 205, st	Leucurum	35,6	738	1,08	115,5
Линия 22 / Liniya 22	Leucurum	-	-	0,95	89,3
Луч 25 / Luch 25	Leucurum	-	-	1,05	106,9
Краснокутка 13 / Krasnokutka 13		-	-	0,97	95,2
Валентина / Valentina	Leucurum	34,8	727	0,96	95,1
Вольнодонская / Vol'nodonskaya	Leucurum	-	-	0,93	86,1
Саратовская золотистая / Saratovskaya zolotistaya	Leucurum	-	-	0,91	87,5
Безенчукская золотистая / Bezenchukskaya zolotistaya	Leucurum	-	-	1,03	95,5
Донская элегия / Donskaya elegiya	Leucurum	-	-	0,9	87,2
Мелодия Дона / Melodiya Dona	Leucurum	-	-	0,86	81,3
Аннушка / Annushka	Leucurum	-	-	0,85	77,9
Дар черноземья / Dar chernozem'ya	Leucurum	-	-	0,84	79,6
Харьковская 46 / Khar'kovskaya 46	Leucurum	-	-	0,84	77,9
Отбор №132/1 / Otbor №132/1	Leucurum	36,6	742	1,22	128,5
Отбор №132/2 / Otbor №132/2	Hordeiforme	33,8	737	1,18	130,1
Отбор №132/4 / Otbor №132/4	Leucurum	34,5	742	1,2	131,7
Отбор №132/5 / Otbor №132/5	Hordeiforme	35,8	740	1,26	131,5
НСР ₀₅ /NSR ₀₅		-	-	0,05	-

Коэффициент адаптивности (КА) сортов был рассчитан по Л. А. Животкову. Общую видовую реакцию определяли суммированием урожайности отдельных сортов с последующим делением показателя на общее их число. Среднюю сортовую урожайность года брали за 100 %, затем рассчитывали отношение урожайности каждого из испытываемых сортов к средней сортовой. По показателю КА оцениваются адаптивные возможности сортов, превышение которого на 100 % показывает потенциальную продуктивность сорта. Представленные сортообразцы за годы изучения имели высокие продуктивные и адаптивные свойства, что указывает на их высокую селекционную ценность и конкурентоспособность.

Высокую адаптивность в наших условиях показали сорта Безенчукская 205, Луч 25 и Линия 21. Наши сортообразцы по адаптивности и продуктивности значительно превышали районированные и перспективные сорта региона (таблица 4).

Выводы. Таким образом, на протяжении 6 лет изучались сорта яровой твёрдой пшеницы с целью мониторинга их продуктивных и адаптационных возможностей для Волгоградской области и других регионов ЮФО, что позволило выделить наиболее продуктивные и адаптивные родительские формы и провести среди них отбор с последующим выделением перспективных сортообразцов.

При изучении взаимоотношения продуктивности с некоторыми её признаками наибольшая положительная корреляционная зависимость по урожайности была получена с массой 1000 зёрен: $r = 0,67$.

Изучение адаптивных свойств сортов показало наибольшую адаптивность у более продуктивных сортов, таких как Линия 21, Безенчукская 205, Луч 25.

Созданные в наших условиях сортообразцы № 132/2, № 132/4, № 132/5 по продуктивности и адаптивным свойствам превышали все изучаемые у нас сорта.

Библиографический список

1. Горянин О. И., Шевченко С. Н., Корчагин В. А. Влияние изменения климата на возделывание сельскохозяйственных культур в Среднем Заволжье // Метеорология и гидрология. 2018. № 6. С. 106-110.
2. Елисеев С. Л. Повышение устойчивости производства зерна // Пермский аграрный вестник. 2016. № 4(16). С. 15-20.
3. Емельянова А. А., Логвинова Е. В., Новикова В. Т. Оценка сортов и линий мягкой яровой пшеницы в питомнике конкурсного сортоиспытания Курского НИИ АПП // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 105-109.
4. Левкина К. В., Кудина К. А., Аршинова А. Е. Отбор адаптированных сортов яровой мягкой и твердой пшеницы для светло-каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 78-86.
5. Малокостова Е. И. Основные направления селекции яровой пшеницы на засухоустойчивость // Земледелие. 2018. № 3. С. 37-39.
6. Мельникова О. В., Мажуго Т. М. Урожайность и качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы в зависимости от условий выращивания // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 8. С. 123-125.
7. Оленин О. А., Носкова Е. Н., Попов Ф. А. Приемы биологизации при возделывании яровой пшеницы на разных типах почв // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 2. С. 41-45.
8. Оценка продуктивности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя в условиях Сибирского Прииртышья / П. В. Поползухин [и др.] // Земледелие. 2018. № 3. С. 40-43.
9. Потанин В. Г., Алейников А. Л., Степочкин П. И. Новый подход к оценке экологической пластичности сортов растений // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. № 18 (3). С. 548-552.

10. Сорты яровой пшеницы в сухостепной зоне каштановых почв Волгоградской области / А. В. Зеленев, И. Н. Маркова, В. Н. Питоня, П. А. Смутнев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 39-45.

11. Сравнительная оценка потенциальной продуктивности сортов озимой мягкой пшеницы, в разные годы рекомендованных для возделывания, по параметрам пластичности и стабильности урожайности / В. В. Ефремова, Е. Г. Самелик, Т. В. Логойда, С. А. Лесняк // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 139. С. 65-82.

12. Туктарова Н. Г. Влияние современных тенденций изменения климата на урожайность озимых зерновых культур // Пермский аграрный вестник. 2019. № 1(25). С. 80-86.

13. Ускоренное создание с помощью методов геномной селекции высококачественных аналогов генотипов твердой пшеницы, адаптированных к условиям Среднего Поволжья / С. Н. Шевченко [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 12.

14. Hill C. B., Li C. Genetic Architecture of Flowering Phenology in cereals and Opportunities for crop improvement // Frontiers in Plant Science. 2016. No. 7. Pp. 1906.

15. Povilaitis V. Relationship between Spring Barley productivity and Growing management in Lithuania's Lowland // Acta Agriculture scandinavica. Section b Soil and Plant Science. 2018. No. 1 (68). Pp. 86-95.

Conclusions. Thus, for 5 years, varieties of spring durum wheat were studied in order to monitor their productive and adaptive capabilities for the Volgograd region and other regions of the Southern Federal District.

When studying the relationship between productivity and its individual characteristics, the greatest positive correlation dependence of the yield was obtained with a mass of 1000 grains: $r = 0.67$.

The study of the adaptive properties of varieties showed the greatest adaptability in more productive varieties, such as Line 21, Bezenchukskaya 205, Luch 25.

The variety samples No. 132/2, No. 132/4, No. 132/5 created under our conditions exceeded all varieties studied in our country in terms of productivity and adaptive properties.

References

1. Goryanin O. I., Shevchenko S. N., Korchagin V. A. Vliyanie izmeneniya klimata na vozde-lyvanie sel'skohozyajstvennykh kul'tur v Srednem Zavolzh'e // Meteorologiya i gidrologiya. 2018. № 6. P. 106-110.

2. Eliseev S. L. Povyshenie ustojchivosti proizvodstva zerna // Permskij agrarnyj vestnik. 2016. № 4(16). P. 15-20.

3. Emel'yanova A. A., Logvinova E. V., Novikova V. T. Ocenka sortov i linij myagkoj yarovoj pshenicy v pitomnike konkursnogo sortoispytaniya Kurskogo NII APP // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 8. P. 105-109.

4. Levkina K. V., Kudina K. A., Arshinova A. E. Othbor adaptirovannykh sortov yarovoj myagkoj i tverdoj pshenicy dlya svetlo-kashtanovykh pochv Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2 (50). P. 78-86.

5. Malokostova E. I. Osnovnye napravleniya selekcii yarovoj pshenicy na zasuhoustojchivost' // Zemledelie. 2018. № 3. P. 37-39.

6. Mel'nikova O. V., Mazhugo T. M. Urozhajnost' i kachestvo zerna sortov yarovoj myagkoj pshenicy v zavisimosti ot uslovij vyrashchivaniya // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2015. № 8. P. 123-125.

7. Olenin O. A., Noskova E. N., Popov F. A. Priemy biologizacii pri vzdelyvanii yarovoj pshenicy na raznykh tipakh pochv // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2016. T. 30. № 2. P. 41-45.

8. Ocenka produktivnosti i adaptivnykh svojstv sortov yarovogo yachmenya v usloviyah Sibirskogo Priirtysh'ya / P. V. Popolzuhin [i dr.] // Zemledelie. 2018. № 3. P. 40-43.

9. Potanin V. G., Alejnikov A. L., Steepochkin P. I. Novyj podhod k ocenke jkologicheskoy plastichnosti sortov rastenij // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2017. № 18 (3). P. 548-552.
10. Sorta yarovoj pshenicy v suhostepnoj zone kashtanovyh pochv Volgogradskoj oblasti / A. V. Zelenev, I. N. Markova, V. N. Pitonya, P. A. Smutnev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. № 4 (40). P. 39-45.
11. Sravnitel'naya ocenka potencial'noj produktivnosti sortov ozimoy myagkoj pshenicy, v raznye gody rekomendovannyh dlya vozdel'yvaniya, po parametram plastichnosti i stabil'nosti urozhajnosti / V. V. Efremova, E. G. Samelik, T. V. Logojda, S. A. Lesnyak // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 139. P. 65-82.
12. Tuktarova N. G. Vliyanie sovremennyh tendencij izmeneniya klimata na urozhajnost' ozimyh zernovyh kul'tur // Permskij agrarnyj vestnik. 2019. № 1(25). P. 80-86.
13. Uskorennoe sozdanie s pomosh'yu metodov genomnoj selekcii vysokokachestvennyh analogov genotipov tverdoj pshenicy, adaptirovannyh k usloviyam Srednego Povolzh'ya / S. N. Shevchenko [i dr.] // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2019. № 12.
14. Hill C. B., Li C. Genetic Architecture of Flowering Phenology in cereals and Opportunities for crop improvement // Frontiers in Plant Science. 2016. No. 7. Pp. 1906.
15. Povilaitis V. Relationship between Spring Barley productivity and Growing management in Lithuania's Lowland // Acta Agriculture scandinavica. Section b Soil and Plant Science. 2018. No. 1 (68). Pp. 86-95.

Authors Information

Markova Irina Nikolaevna, senior breeder of the laboratory of selection, seed production and nursery of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Federal Research Center of Agroecology RAS) (RF, 403013, Volgograd region, Kamysinsky district, pos. Gosselekstantsii), candidate of agricultural sciences. ORCID Sciences: <https://orcid.org/0000-0003-4761-0554>. E-mail: solonkin-a@vfanc.ru

Guzenko Alexey Yurievich, Junior Researcher, Laboratory of Agricultural Technologies in Agriculture in Agroforestry Landscapes, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" , 97). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8237-6495>. E-mail: guzenko.family@mail.ru

Solonkin Andrey Valerievich, Deputy Director-Head of the Seed Breeding Center of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences" (Federal Research Center of Agroecology RAS) (RF, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave. 97), Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-7824>, E-mail: solonkin-a@vfanc.ru, tel. 8-996-356-61-15

Информация об авторах

Маркова Ирина Николаевна, старший селекционер лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 403013, Волгоградская область, Камышинский район, пос. Госселекстанции), кандидат с.-х. наук ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4761-0554>. E-mail: solonkin-a@vfanc.ru

Гузенко Алексей Юрьевич, младший научный сотрудник лаборатории агротехнологий земледелия в агролесоландшафтах Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8237-6495>. E-mail: guzenko.family@mail.ru

Солонкин Андрей Валерьевич, заместитель директора-руководитель селекционно-семеноводческого центра Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-7824>, E-mail: solonkin-a@vfanc.ru, тел. 8-996-356-61-15

PRODUCTIVITY OF SOFT WHEAT DEPENDING ON THE ACTIVITY OF MICROORGANISMS AND THE CONTENT OF NITRATE NITROGEN IN THE SOUTHERN CHERNOZEMS OF THE ORENBURG URALS

D.V. Mitrofanov, T.A. Tkacheva

*Federal Scientific Center of Biological Systems and Agro-Technologies
of the Russian Academy of Sciences, Orenburg Orenburg State University, Orenburg*

Received 16.04.2021

Submitted 12.08.2021

*The work was carried out with the financial support of the Russian Foundation
for Basic Research in the framework of the scientific project No. 0761-2019-0003*

Summary

The article presents the results of studying the influence of the cellulolytic activity of the soil and the content of nitrate nitrogen on the productivity of soft wheat in crop rotations and permanent sowing in the steppe zone of the Southern Urals. Statistical indicators (regression coefficients, determinations, delta, significance level) and the share of influence of factors for establishing the relationship with crop yield are determined.

Abstract

Introduction. The relevance is to identify the main factors that affect the level of yield of soft wheat in crop rotations and permanent crops. The study is based on the study of the cellulolytic activity of the soil and the content of nutrients in it in the conditions of the southern chernozems of the Orenburg Urals. The aim of the work is to establish the influence of soil micro-organisms activity and the content of nitrate nitrogen on the productivity of soft wheat according to various precursors and mineral nutrition backgrounds on the territory of a stationary experimental site in the central zone of the Orenburg region. **Object.** The objects of the study are the soil, soft wheat in crop rotation and in permanent sowing. **Materials and methods.** The studies were carried out in a sharply continental climate on the territory of one long-term stationary experimental site of the former «Experimental production facility «Kuibyshev», laid down in 1988. Nine variants of growing soft wheat in crop rotations and permanent sowing on southern carbonate chernozem, medium-sized, heavy-loam, are being studied. To obtain these results, field and laboratory studies are conducted. In field experiments, the application method is used using a linen cloth. In the laboratory, an ionometric analysis is carried out using the MIKON-2 kit. **Results and conclusion.** The maximum yield for eighteen years of research is observed in the seventh and fifth variants of the experiment with soft wheat after peas and millet in grain-pair crop rotations on a fertilized background of nutrition, there is an increase in yield to 0.98 and 0.97 tons and the yield of forage and forage protein units to 1.25; 1.24 and 0.66; 0.65 tons per 1 ha with the decomposition of linen during the growing season of 31.4 and 30.0%. In the fifth version of the experiment, the greatest dependence on the activity of cellulose-decomposing microorganisms is seen and is 71.51% with a regression coefficient of 0.85, determination of 0.71 units at a significance level of $p \leq 0.05$. In the second and third variants of sowing soft wheat in the aftereffect of soil protection and sideral vapors after applying mineral fertilizers during the growing season, the yield of 0.94 and 0.90 tons per 1 ha with a nitrate nitrogen content of 6.4 and 7.3 mg per 100 g of soil is noted, and the share of the nutrient effect is 33.82 and 24.67% with a level criterion of 0.01 and a delta coefficient of 0.99 and 0.69 units. An increase in the activity of soil microorganisms in the fifth version of the experiment on plots with fertilizers leads to an increase in the yield of soft wheat after millet. Nitrate nitrogen in the second and third variants of the study on a fertilized background of nutrition after sowing and harvesting has the greatest effect on yield. In other variants of the experiment, according to the statistical analysis of the activity of cellulolytic microorganisms and the content of nitrate nitrogen in the soil, they lead to a decrease in the productivity of soft wheat.

Keywords: *cultivation of soft wheat, yield of soft wheat, cellulolytic microorganisms.*

Citation. Mitrofanov D.V., Tkacheva T.A. Productivity of soft wheat depending on the activity of microorganisms and the content of nitrate nitrogen in the southern chernozems of the Orenburg Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 152-165 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-15.

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

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

УДК 633.111.1:631.46:631.84(470.56)

ПРОДУКТИВНОСТЬ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АКТИВНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ И СОДЕРЖАНИЯ НИТРАТНОГО АЗОТА НА ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЁМАХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Д. В. Митрофанов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Т. А. Ткачёва², кандидат химических наук, доцент

¹ ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук, г. Оренбург

² ФГБОУ ВО Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Дата поступления в редакцию 16.04.2021

Дата принятия к печати 12.08.2021

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 0761-2019-0003**

Аннотация. В статье представлены результаты изучения влияния целлюлозолитической активности почвы и содержания нитратного азота на продуктивность мягкой пшеницы в севооборотах и бессменном посеве на территории степной зоны Южного Урала. Определены статистические показатели (коэффициенты регрессии, детерминации, дельта, уровень значимости) и доля влияния факторов для установления взаимосвязи с урожайностью культуры.

Актуальность заключается в выявлении основных факторов, влияющих на уровень урожайности мягкой пшеницы в севооборотах и бессменных посевах. Исследование основано на изучении целлюлозолитической активности почвы и содержания питательных веществ в ней в условиях южных чернозёмов Оренбургского Предуралья. Целью работы является установление влияния активности почвенных микроорганизмов и содержания нитратного азота на продуктивность мягкой пшеницы по различным предшественникам и фонам минерального питания на территории стационарного опытного участка в центральной зоне Оренбургской области. **Объект.** Объектами исследования являются почва, мягкая пшеница в севооборотах и в бессменном посеве. **Материалы и методы.** Исследования выполнены в резко-континентальном климате на территории одного многолетнего стационарного опытного участка бывшего ОПХ им. Куйбышева, заложенного в 1988 году. Изучаются девять вариантов выращивания мягкой пшеницы в севооборотах и бессменном посеве на чернозёме южном карбонатном среднемощном тяжелосуглинистом. Для получения данных результатов проводятся полевые и лабораторные исследования. В полевых опытах применяется аппликационный метод с использованием льняного полотна. В лабораторных условиях проводится ионометрический анализ с помощью комплекта «МИКОН-2». **Результаты и выводы.** Максимальная урожайность за восемнадцать лет исследований наблюдается в седьмом и пятом вариантах опыта с мягкой пшеницей после гороха и проса в зернопаровых севооборотах на удобренном фоне питания отмечается повышение урожайности до 0,98 и 0,97 т и выхода кормовых и кормопroteinовых единиц до 1,25; 1,24 и 0,66; 0,65 т с 1 га при разложении льняного полотна за период вегетации 31,4 и 30,0 %. В пятом варианте эксперимента просматривается наибольшая зависимость от активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов и составляет 71,51 % с коэффициентом регрессии 0,85, детерминации 0,71 ед. при уровне значимости $p \leq 0,05$. Во втором и в третьем вариантах посева мягкой пшеницы в последствии почвозащитного и сидерального паров после внесения минеральных удобрений за период вегетации отмечается урожайность 0,94 и 0,90 т с 1 га при содержании нитратного азота 6,4 и 7,3 мг на 100 г почвы, причем доля влияния питательного вещества составляет 33,82 и 24,67 % с критерием уровня 0,01 и коэффициентом дельта 0,99 и 0,69 ед. Увеличение активности почвенных микроорганизмов в пятом варианте опыта на делянках с

удобрениями приводит к повышению урожайности мягкой пшеницы после проса. Нитратный азот во втором и в третьем вариантах исследования на удобренном фоне питания после посева и уборки оказывает наибольшее влияние на урожайность. На других вариантах опыта по данным статистического анализа активность целлюлозолитических микроорганизмов и содержание нитратного азота в почве приводят к снижению продуктивности мягкой пшеницы.

Ключевые слова: *возделывание мягкой пшеницы, урожайность мягкой пшеницы, целлюлозолитические микроорганизмы.*

Цитирование. Митрофанов Д. В., Ткачёва Т. А. Продуктивность мягкой пшеницы в зависимости от активности микроорганизмов и содержания нитратного азота на южных чернозёмах Оренбургского Предуралья. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 152-165. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-15.

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. Зерновое хозяйство является основой продовольственного обеспечения населения России. Пшеница занимает ведущее место в мировом земледелии по посевным площадям и валовому сбору зерна. Увеличение производства зерна мягкой пшеницы в настоящее время является одной из важнейших задач агропромышленного комплекса Российской Федерации.

В решении проблемы (повышение производства зерна мягкой пшеницы) главное место принадлежит умелому сочетанию научно обоснованных приёмов обработки почвы, внесения минеральных удобрений, питания растений в комплексе с выбором сорта и другим мероприятиям.

На чернозёмах южных Оренбургского Предуралья для возделывания мягкой пшеницы используется основная обработка почвы в виде вспашки и безотвального рыхления. В качестве основной механической обработки почвы на изучаемом стационарном опытном поле применяется вспашка с минимальной глубиной 20-22 см.

В России повышение доли вспашки в севообороте с 22 до 45 % способствует увеличению активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов в почве [2]. Исследования в центральной Бельгии показывают, что обычная обработка (вспашка) почвы после уборки мягкой пшеницы накапливает бактериальные группы, которые разлагают более сложные соединения в почве. При уменьшении глубины обработки почвы наблюдаются более многочисленные микроорганизмы с олиготрофным образом жизни [9].

На территории Южного Урала внесение различных удобрений под посевы приводит к усилению биологической активности почвы [1]. Исследования в Рязанской области по изучению усиления микробиологических процессов и динамики содержания нитратного азота под влиянием доломитовой муки на фоне с минеральными удобрениями и без них проводили в шестипольном севообороте [5]. В Оренбургской области внесение минеральных удобрений в почву повышает активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов. В бессменных посевах мягкой пшеницы без применения минеральных удобрений наблюдается наименьший уровень биологической активности почвы, который составил 7,4 % [6].

В другой научной работе дана оценка условий азотного питания зерновых культур и установлено, что наибольший балл обеспеченности пшеницы азотом является условным прогнозом получения хорошего урожая [3]. В исследованиях с помощью информационно-логического анализа определены специфичные состояния содержания нитратного азота в основных фазах развития пшеницы [4].

В одном из опытов в тестируемых условиях демонстрируют быструю трансформацию азота на границе раздела почвы и корня за счёт бактерий. Наблюдается низкий захват органического азота корнями мягкой пшеницы по сравнению с неорганическим нитратом

в результате деятельности почвенных микроорганизмов [7]. Кроме того, исследования показывают, что поглощение нитратного азота из почвы после цветения пшеницы сильно влияет на состояние растения, что приводит к увеличению урожайности зерна [11].

Некоторые исследователи выяснили, что для снижения потерь урожайности зерна пшеницы можно вносить в почву удобрения с высоким содержанием азота [10]. Так, например, в условиях Средиземноморья на юге Португалии в 2017-2018 годы, при благоприятном сезонном распределении осадков, водный режим влияет на урожайность зерна пшеницы. В результате применения обычных азотных удобрений получены самые высокие значения урожайности культуры [12]. В Китае считают, что для достижения максимальной урожайности пшеницы с использованием минимального количества азота требуется комплексное междисциплинарное сотрудничество, а также крупные научные и практические достижения в почвоведении, агрономии и селекции, связанные с питанием растений [8].

Оренбуржье – субъект Российской Федерации, который является крупнейшим производителем товарного зерна мягкой пшеницы среди основных зерновых культур. Повышение урожая является основной проблемой в области агрономии. Исследования по влиянию целлюлозолитической активности почвы и питательного вещества на урожайность яровой мягкой пшеницы в севооборотах и бессменном посеве проходили в степной зоне Оренбургской области.

Цель научно-исследовательской работы заключается в установлении влияния активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов и содержания нитратного азота в почве на продуктивность мягкой пшеницы по различным предшественникам и фонам минерального питания на территории стационарного опытного участка. В исследовании поставлены следующие задачи: определить время разложения льняного полотна, содержание нитратного азота в почве, урожайность и выход кормовых, кормопротеиновых единиц на рассматриваемых делянках и фонах питания, выявить зависимость урожайности мягкой пшеницы от изучаемых факторов.

Объект исследования. Объектами исследования являются почва, мягкая пшеница в севооборотах и в бессменном посеве. Почва опытного участка является чернозёмом южным карбонатным среднесуглинистым. Содержание гумуса в слое почвы 0-30 см составляет 3,2-4,0 %, общего азота – 0,20-0,31 %, общего фосфора – 0,14-0,22 %, нитратов – 8,7-18,1 мг, подвижного фосфора – 1,5-2,5 мг и обменного калия – 30-38 мг на 100 г почвы, рН почвенного раствора – 7,0-8,1. Сумма поглощённых оснований не превышает 39,1 мг/экв. и гидролитическая кислотность составляет 1,5-2,3 мг/экв. на 100 г сухой почвы. Объёмная масса почвы увеличивается с 1,14 г на 1 см³ в пахотном (0-30 см) до 1,39 г на 1 см³ в полутораметровом слоях почвы. Влажность устойчивого завядания, максимальная гигроскопичность и влагоёмкость почвы уменьшаются по мере углубления. Наименьшая полевая влагоёмкость в слоях почвы 0-100 см, 0-150 см составляет 297 мм (27,1 %) и 389 мм (25,4 %) соответственно. Изучаются следующие шестипольные севообороты: пары (чёрный, почвозащитный, сидеральный), твёрдая пшеница, мягкая пшеница, сборное поле (кукуруза на силос, просо, сорго на силос, горох), мягкая пшеница, ячмень. Рассмотрены девять вариантов выращивания яровой мягкой пшеницы по различным предшественникам в севооборотах (семь шестипольных и один двупольный) и в бессменном посеве: 1) мягкая пшеница (третье поле) после твёрдой в севообороте с чёрным паром (контроль); 2) мягкая пшеница (третье поле) после твёрдой в севообороте с почвозащитным паром; 3) мягкая пшеница (третье поле) после твёрдой в севообороте с сидеральным паром; 4) мягкая пшеница (пятое поле) после кукурузы на силос в зернопаропропашном севообороте; 5) мягкая пшеница (пятое поле) после проса в зернопаровом севообороте; 6) мягкая пшеница (пятое поле)

после сорго на силос в зернопаропропашном севообороте; 7) мягкая пшеница (пятое поле) после гороха в зернопаровом севообороте; 8) мягкая пшеница после твёрдой в беспаровом (двупольном) севообороте; 9) бессменный посев мягкой пшеницы.

Материалы и методы. Исследования вели с 2002 по 2019 годы в засушливых условиях на южных чернозёмах Оренбургского Предуралья. Эксперимент проводили на базе отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук на территории многолетнего стационарного полевого опыта по севооборотам и бессменным посевам бывшего ОПХ им. Куйбышева, заложенного в 1988 году.

Территория землепользования входит в состав Оренбургского административного района и расположена в 6 км восточнее города Оренбурга, на правом берегу реки Урал (51°46'31.1"N, 55°18'42.6"E).

Территория засушливой зоны удалена от морей и океанов, приближена к полупустыням Казахстана и Средней Азии, что является причиной резкой континентальности климата. Годовое количество осадков, по средним многолетним данным Оренбургской Гидрометеостанции, составляет 390 мм, в том числе за май-август – 155 мм. Гидротермический коэффициент (по Г. Т. Селянинову) в среднем за период вегетации (май-август) равен 0,50, что говорит о засушливости и меньшей влагообеспеченности растений. Температура воздуха за период составляет 19,1°C, в июле месяце максимальная доходит до 40 °C. Засушливые условия центральной зоны в тёплый период года усугубляют суховеи.

Полевые опыты закладывали в четырёхкратной повторности по методике Б. А. Доспехова. Размер делянки мягкой пшеницы в севооборотах составляет 14,4 на 90 м с площадью 1296 м², в бессменном посеве – 7,2 на 90 м ($S^2=648$ м²). Наблюдения проводили на удобренном фоне питания с длиной делянки 30 м и неудобренном - 60 м. На первой части делянки в осенний период под основную обработку почвы (вспашка) с помощью сеялки вносили разные комплексные минеральные удобрения (аммофос, нитроаммофос, азотфосфат, аммофосфат) при установленной норме по 40 кг азота и фосфора действующего вещества на 1 га. На второй части делянки не применяли минеральные удобрения.

Схема расположения исследуемых делянок на стационаре по севооборотам и бессменным посевам представлена на рисунке 1.

На стационарном опытном участке применяли следующие виды механической обработки почвы под мягкую пшеницу: осенняя вспашка, весеннее боронование, культивация, прикатывание посева. В первой и во второй декадах мая в опытах высевали сорта мягкой пшеницы (Саратовская 42, Оренбургская 13, Учитель) с рекомендуемой нормой 4,5 млн шт. всхожих семян на 1 га. На изучаемых делянках зерновой учёт урожайности культуры в севооборотах и бессменном посеве проводили после уборки селекционными комбайнами «Сампо-500» и «Tettrion SR2010».

Для определения целлюлозолитической активности почвы на делянках применяли метод разложения льняных полотен «аппликации» с помощью различных микроорганизмов. На одном повторении опыта по двум фонам питания на каждой делянке во второй декаде мая после посева мягкой пшеницы устанавливали по две пробы (четыре повторности на вариант опыта) на глубину 0-20 см слоя почвы тканевые полосы из льняного полотна на вырезанных стеклянных поверхностях в виде прямоугольной формы. Во второй декаде августа перед уборкой вручную выкапывали образцы со всех вариантов посевов культуры. Срок инкубации льняной ткани ежегодно составляет три месяца. В первом и третьем повторениях опыта на делянках в 0-30 см пахотном слое почвы из трёх скважин отбирали образцы с помощью ручных пробоотборников. Содержание нитратного азота после посева и уборки (в те же сроки, что и в аппликационном методе) определяли ионометрическим методом в комплексной аналитической ла-

боратории почвенных групп Федерального научного центра с помощью комплекта «МИКОН-2». Подготовку проб для анализа проводили по ГОСТУ 26951-86 «Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом».



Рисунок 1 – Расположение полей севооборотов и бессменного посева:

- 1 – мягкая пшеница после твёрдой по чёрному пару; 2 – мягкая пшеница после твёрдой по почвозащитному пару; 3 – мягкая пшеница после твёрдой по сидеральному пару;
4 – мягкая пшеница после кукурузы на силос; 5 – мягкая пшеница после проса;
6 – мягкая пшеница после сорго на силос; 7 – мягкая пшеница после гороха;
8 – мягкая пшеница после твёрдой; 9 – бессменный посев мягкой пшеницы

Figure 1 – Location of crop rotation and permanent sowing fields: 1-soft wheat after hard for black steam; 2 – soft wheat after hard for soil protection steam; 3 – soft wheat after hard for sideral steam; 4 – soft wheat after corn for silage; 5 – soft wheat after millet; 6 – soft wheat after sorghum for silage; 7 – soft wheat after peas; 8 – soft wheat after hard; 9-permanent sowing of soft wheat

Результаты данных по урожайности мягкой пшеницы, биологической активности почвы и содержанию нитратного азота статистически обрабатывали с помощью метода множественного регрессионного анализа в компьютерной программе «Statistica 12.0» («Stat Soft Inc.», г. Тусла, штат Оклахома, США).

Результаты и обсуждение. В результате наблюдений видно, что различные предшественники севооборотов, включая бессменный посев, и внесение минеральных удобрений влияют на изменение урожайности мягкой пшеницы. Об этом свидетельствуют данные по активности почвенных микроорганизмов и по содержанию нитратного азота.

На каждом варианте опыта определяли активность аэробных микроорганизмов (бактерий, микроскопические грибы и актиномицеты), разлагающих целлюлозу в засушливых условиях. В основном бактерии относятся к семейству *Cytophagaceae* и к роду *Sporocytophaga* (образующие микроцисты), *Cytophaga* (необразующие микроцисты). Грибами, разрушающими целлюлозу, являются представители родов *Fusarium* и *Chaetomium*. Актиномицеты (*Actinobacteria*) принадлежат к порядку *Actinomycetales*, отделу *Firmicutes*, классу *Thallobacteria*. В результате степень разложения льняных полотен, выраженная в процентах, устанавливает их активность в почвенной среде.

Наибольшая активность почвенных микроорганизмов на глубине 0-20 см наблюдается в седьмом варианте опыта выращивания мягкой пшеницы после предшествующего гороха и составляет на удобренном фоне питания 31,4 %, неудобренном – 10,2 % (таблица 1). Анализ результатов по целлюлозолитической активности почвы по-

казывает, что наименьшее значение отмечается в первом варианте опыта при внесенных удобрениях и составляет 8,4 %. В восьмом варианте эксперимента на неудобренном фоне питания наблюдается снижение активности микроорганизмов до 7,8 % после предшествующей твёрдой пшеницы. Уровень активности по различным предшествующим культурам и фонам питания находится в пределах от 7,8 до 31,4 %.

Таблица 1 – Результаты по целлюлозолитической активности почвы, нитратному азоту и продуктивности мягкой пшеницы в зависимости от предшественника, фона питания и срока определения (2002–2019 гг.)

Table 1 – Results on the cellulolytic activity of the soil, nitrate nitrogen, and productivity of soft wheat depending on the precursor, nutrition background, and determination period (2002-2019)

Вариант / Option	Предшественник / Predecessor	Разложение льняного полотна / Decomposition of linen cloth, %	Содержание нитратного азота в 0-30 см слое почвы, мг на 100 г / The content of nitrate nitrogen in 0-30 cm soil layer, mg per 100 g		Урожайность, т с 1 га / Yield, t from 1 ha	Выход единиц, т с 1 га / Output of units, t from 1 ha	
			после посева / after sowing	после уборки / after cleaning		кормовых / feed	кормопroteinовых / feed protein
1 (контроль / control)	Твёрдая пшеница по чёрному пару / Durum wheat by black steam	$\frac{8,4}{8,3}$	$\frac{7,7}{7,2}$	$\frac{5,9}{5,2}$	$\frac{0,89}{0,85}$	$\frac{1,14}{1,09}$	$\frac{0,60}{0,57}$
2	Твёрдая пшеница по почвозащитному пару / Durum wheat by soil protection steam	$\frac{9,2}{8,7}$	$\frac{6,8}{5,7}$	$\frac{6,4}{5,4}$	$\frac{0,94}{0,85}$	$\frac{1,20}{1,09}$	$\frac{0,63}{0,57}$
3	Твёрдая пшеница по сидеральному пару / Durum wheat by sidental steam	$\frac{10,3}{8,3}$	$\frac{7,3}{7,1}$	$\frac{7,1}{5,6}$	$\frac{0,90}{0,81}$	$\frac{1,15}{1,04}$	$\frac{0,60}{0,54}$
4	Кукуруза на силос / Corn for silage	$\frac{9,5}{9,1}$	$\frac{9,6}{6,2}$	$\frac{5,8}{5,4}$	$\frac{0,83}{0,79}$	$\frac{1,06}{1,01}$	$\frac{0,56}{0,53}$
5	Просо / Millet	$\frac{30,0}{9,0}$	$\frac{7,8}{5,8}$	$\frac{6,3}{5,1}$	$\frac{0,97}{0,90}$	$\frac{1,24}{1,15}$	$\frac{0,65}{0,60}$
6	Сорго на силос / Sorghum for silage	$\frac{10,7}{9,9}$	$\frac{6,4}{5,6}$	$\frac{5,1}{3,9}$	$\frac{0,86}{0,79}$	$\frac{1,10}{1,01}$	$\frac{0,58}{0,53}$
7	Горох / Peas	$\frac{31,4}{10,2}$	$\frac{8,4}{6,2}$	$\frac{6,5}{4,7}$	$\frac{0,98}{0,93}$	$\frac{1,25}{1,19}$	$\frac{0,66}{0,62}$
8	Твёрдая пшеница по мягкой / Durum wheat by soft	$\frac{9,5}{7,8}$	$\frac{7,4}{6,9}$	$\frac{5,5}{4,7}$	$\frac{0,85}{0,70}$	$\frac{1,09}{0,90}$	$\frac{0,57}{0,47}$
9	Мягкая пшеница / Soft wheat	$\frac{10,0}{8,7}$	$\frac{7,6}{7,7}$	$\frac{5,7}{4,9}$	$\frac{0,79}{0,72}$	$\frac{1,01}{0,92}$	$\frac{0,53}{0,48}$

Примечание. Здесь и далее: в числителе – удобренный фон, в знаменателе – неудобренный, уровень значимости уравнения регрессии по показателю биологической активности почвы не превышает норму $p \leq 0,05$.

Note. Hereinafter: in the numerator - fertilized background, in the denominator – unfertilized, the level of significance of the regression equation for the indicator of biological activity of the soil does not exceed the norm $p \leq 0.05$.

В различных почвенных условиях разложение целлюлозы микроорганизмами приводит к легкой доступности нитратов (NO_3^-) для мягкой пшеницы. Интенсивность разложения определяется содержанием нитратного азота (N-NO_3) в пахотном слое почвы. На двух фонах питания после посева мягкой пшеницы наблюдается максимальное содержание нитратного азота в четвертом и девятом вариантах опыта. В результате эти показатели, соответственно, составляют после кукурузы на силос на удобренном фоне 9,6 мг и после мягкой пшеницы на неудобренном – 7,7 мг на 100 г почвы. После уборки зерновой культуры отмечается наибольшее количество нитратного азота под посевом мягкой пшеницы после твердой в третьем варианте опыта с удобрениями 7,1 мг и без них – 5,6 мг. По двум срокам определения и фонам питания минимальное количество его находится под посевом после сорго на силос. Содержание питательного вещества по всем предшественникам изменяется в диапазоне от 3,9 до 9,6 мг на 100 г почвы.

Многолетние данные показали, что наибольшая урожайность мягкой пшеницы наблюдается в посевах после гороха и проса в зернопаровых севооборотах на удобренном фоне питания и составляет 0,98 и 0,97 т, на неудобренном – 0,93 и 0,90 т с 1 га. Повышение урожайности в седьмом и пятом вариантах объясняется наибольшими весенними запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы 142,4 и 140,0 мм. Самая низкая урожайность зерновой культуры отмечается по обоим фонам питания в бессменном посеве (девятый вариант) и составляет, соответственно, 0,79 и 0,72 т с 1 га с влажностью почвы 121,1 мм. Количество весенней продуктивной влаги в 0-100 см слое почвы составляет по другим вариантам: 1 – 133,5; 2 – 128,4; 3 – 129,7; 4 – 129,9; 6 – 135,1; 8 – 131,3 мм (информация о влажности почвы приведена на основании полевых журналов отдела земледелия и РСТ).

Небольшая продуктивность мягкой пшеницы наблюдается по всем вариантам опыта в результате проявления засух в вегетационном периоде. Наиболее продуктивным посевом мягкой пшеницы по выходу кормовых и кормопротеиновых единиц с 1 га пашни является пятый и седьмой варианты опыта. Выход кормовых единиц составляет на удобренном и неудобренном фоне, соответственно 1,24, 1,25 и 1,15, 1,19 т с 1 га. В вариантах выращивания мягкой пшеницы после проса и гороха отмечается наибольший выход кормопротеиновых единиц, который находится в пределах от 0,60 до 0,66 т с 1 га. По предшественнику твердая пшеница в восьмом варианте опыта внесение минеральных удобрений благоприятно влияет на прибавку урожайности, которая составляет 0,15 т с 1 га. Незначительное увеличение урожайности от удобрений наблюдается в первом, четвертом и седьмом вариантах исследования и составляет 0,04, 0,04 и 0,05 т с 1 га. Внесение минеральных удобрений приводит к увеличению всех значений биологической активности почвы, нитратного азота и продуктивности.

Для того чтобы установить влияние каждого из изучаемых факторов в отдельности на урожайность мягкой пшеницы в севооборотах и бессменном посеве, проведена статистическая обработка результатов с помощью метода множественной регрессии. В результате математической обработки данных за 18 лет наблюдений по вариантам опыта с использованием аппарата множественных взаимосвязей установлено, что урожайность зависит, в основном, от активности микроорганизмов в почве. Большое влияние целлюлозолитической активности почвы на урожайность мягкой пшеницы отмечается в пятом варианте опыта и на удобренном фоне питания составляет 71,51 % при коэффициенте регрессии 0,85, детерминации – 0,71, на неудобренном – соответственно 68,78 %, 0,94 и 0,68 (таблица 2).

Последствие минеральных удобрений приводит к наименьшему влиянию активности микроорганизмов в шестом варианте опыта и составляет 36,83 %. Во всех вариантах опыта на одной части делянки мягкой пшеницы не применяются минеральные

удобрения. Следствием этого является снижение активности микроорганизмов под мягкой пшеницей (кроме третьего, шестого и седьмого), особенно в восьмом варианте опыта. В результате анализа наблюдаются положительные коэффициенты регрессии и детерминации. Второй коэффициент показывает, как качественно рассчитана регрессия. Уровень влияния целлюлозолитической активности почвы на урожайность по всем вариантам изменяется в пределах от 17,92 до 71,51 %.

Нитратный азот необходим для роста и развития мягкой пшеницы. Изменение содержания и доступности его в почве играет ключевую роль в получении урожайности на опытном участке.

Таблица 2 – Влияние целлюлозолитической активности почвы на урожайность мягкой пшеницы в результате расчёта множественной регрессии за 18 лет наблюдений

Table 2 – The influence of the cellulolytic activity of the soil on the yield of soft wheat as a result of the calculation of multiple regression over 18 years of observations

Вариант / Option	Предшественник / Predecessor	Урожайность, т с 1 га / Yield, t from 1 ha	Коэффициенты / Coefficients		Влияние активности / Influence of activity, %
			b (регрессии / regressions)	r ² (детерминации / determinations)	
1 (контроль / control)	Твёрдая пшеница по чёрному пару / Durum wheat by black steam	<u>8,90</u> 8,50	<u>0,87</u> 0,78	<u>0,64</u> 0,59	<u>64,41</u> 59,31
2	Твёрдая пшеница по почвозащитному пару / Durum wheat by soil protection steam	<u>9,40</u> 8,50	<u>0,77</u> 0,80	<u>0,58</u> 0,54	<u>58,29</u> 54,39
3	Твёрдая пшеница по сидеральному пару / Durum wheat by sidental steam	<u>9,00</u> 8,10	<u>0,53</u> 0,87	<u>0,41</u> 0,52	<u>41,85</u> 52,18
4	Кукуруза на силос / Corn for silage	<u>8,30</u> 7,90	<u>0,83</u> 0,70	<u>0,54</u> 0,43	<u>54,24</u> 43,80
5	Просо / Millet	<u>9,70</u> 9,00	<u>0,85</u> 0,94	<u>0,71</u> 0,68	<u>71,51</u> 68,78
6	Сорго на силос / Sorghum for silage	<u>8,60</u> 7,90	<u>0,44</u> 0,52	<u>0,36</u> 0,36	<u>36,83</u> 36,28
7	Горох / Peas	<u>9,80</u> 9,30	<u>0,68</u> 0,85	<u>0,42</u> 0,57	<u>42,92</u> 57,90
8	Твёрдая пшеница по мягкой / Durum wheat by soft	<u>8,50</u> 7,00	<u>0,42</u> 0,35	<u>0,40</u> 0,17	<u>40,14</u> 17,92
9	Мягкая пшеница / Soft wheat	<u>7,90</u> 7,20	<u>0,44</u> 0,57	<u>0,38</u> 0,32	<u>38,73</u> 32,34

Результаты за 18 лет исследования по урожайности и содержанию нитратного азота в почве статистически обработаны с помощью регрессионного анализа. В определённых вариантах опыта находится зависимость выхода зерна мягкой пшеницы от содержания нитратного азота на удобренном и неудобренном фоне питания. В третьем варианте эксперимента после посева мягкой пшеницы наблюдается наибольшее изменение выхода зерна на 24,67 % в зависимости от содержания нитратного азота на удобренном фоне питания при уровне значимости 0,01 и дельте коэффициенте 0,69 (таблица 3).

Максимальное изменение урожайности после уборки отмечается во втором варианте, и доля влияния нитратного азота после применения минеральных удобрений составляет 33,82% при критерии уровня 0,01 и показателе дельте 0,99. Незначительное влияние на урожай он оказывает в четвертом варианте опыта после посева и уборки мягкой пшеницы в зернопаропропашном севообороте с кукурузой на силос и уровень значимости уравнения регрессии превышает оптимальное значение $p \leq 0,05$. В результате обработки данных с первого по четвертый варианты эксперимента на неудобренном фоне питания не наблюдается значительного влияния фактора на урожай. С пятого по девятый варианты опыта не установлено влияние содержания нитратного азота на урожайность культуры после применения минеральных удобрений. В восьмом варианте опыта в беспаровом севообороте на неудобренном фоне питания отмечается наилучшее влияние содержания нитратного азота на выход зерна и за период определения доля его составляет 27,08 и 24,12 %. На других вариантах опыта математические данные показали малозначимое влияние содержания нитратного азота на урожайность мягкой пшеницы.

Таблица 3 – Влияние нитратного азота на выход зерна мягкой пшеницы в севооборотах на основании проведенного регрессионного анализа за 18 лет наблюдений

Table 3 – The effect of nitrate nitrogen on the yield of soft wheat grain in crop rotations based on the regression analysis for 18 years of observations

Вариант / Option	Нитратный азот / Nitrate nitrogen (N-NO ₃)					
	после посева / after sowing			после уборки / after cleaning		
	уровень значимости / significance level (p)	коэффициент дельта / delta coefficient (δ)	доля влияния фактора / the share of the influence of the factor, %	уровень значимости / significance level (p)	коэффициент дельта / delta coefficient (δ)	доля влияния фактора / the share of the influence of the factor, %
удобренный фон питания / fertilized food background						
1 (контроль / control)	0,04	0,22	8,14	0,01	0,78	28,86
2	0,24	0,01	0,38	0,01	0,99	33,82
3	0,01	0,69	24,67	0,04	0,31	10,93
4	0,87	0,13	0,05	0,80	0,87	0,35
неудобренный фон питания / not fertilized food background						
5	0,01	0,63	23,31	0,02	0,37	13,69
6	0,03	0,53	17,60	0,04	0,47	15,60
7	0,02	0,57	20,94	0,03	0,43	16,06
8	0,00	0,53	27,08	0,00	0,47	24,12
9	0,17	0,11	2,64	0,04	0,89	21,16

Минеральные удобрения усиливают микробиологические процессы в почве за счёт наибольших весенних запасов влаги, которые приводят к повышению выхода зерна мягкой пшеницы.

Зависимость урожайности мягкой пшеницы от влияния жизнедеятельности целлюлозоразлагающих микроорганизмов в 0-20 слое почвы показана на рисунке 2.

На рисунке показано соотношение урожайности мягкой пшеницы и активности почвенных микроорганизмов. График представляет собой прямо пропорциональную зависимость: чем выше влияние жизнедеятельности микроорганизмов за счёт наибольшей влажности почвы, тем больше уровень урожайности мягкой пшеницы после предшествующего проса в зернопаровом севообороте. Этот факт объясняется тем, что после

внесения минеральных удобрений целлюлоза корневых остатков проса (биологические особенности) разлагается почвенными микроорганизмами быстрее в результате увеличения весенних запасов влаги, чем у других предшественников, что приводит к доступным наибольшим притокам нитратов к корням мягкой пшеницы.



Рисунок 2 – Уровень урожайности мягкой пшеницы после проса в зернопаровом севообороте на удобренном фоне питания в зависимости от активности почвенных микроорганизмов за 18 лет наблюдений

Figure 2 – The level of yield of soft wheat after millet in a grain-pair crop rotation on a fertilized background of nutrition, depending on the activity of soil microorganisms for 18 years of observations

На основании исследования рекомендуем для сельскохозяйственного производства применять посевы яровой мягкой пшеницы после предшественника гороха, проса и твёрдой в зернопаровых, сидеральных и почвозащитных севооборотах с внесением минеральных удобрений.

Выводы. В результате последействия минеральных удобрений происходит увеличение разложения льняного полотна целлюлозолитическими микроорганизмами в седьмом варианте опыта выращивания мягкой пшеницы после предшествующего гороха, следовательно, их активность ведёт к повышению урожайности.

Статистическая обработка данных с помощью метода множественной регрессии показывает, что максимальная активность почвенных микроорганизмов в пятом варианте опыта на удобренном фоне питания влияет на повышение урожайности мягкой пшеницы после проса.

В восьмом варианте эксперимента на неудобренном фоне питания наблюдается ослабление активности микроорганизмов, несмотря на лучшее влияние содержания нитратного азота за период вегетации, которое приводит к снижению урожайности зерновой культуры после твёрдой пшеницы.

Нитратный азот во втором и в третьем вариантах выращивания мягкой пшеницы в севооборотах с сидеральным и почвозащитным парами после применения минеральных удобрений по двум срокам определения оказывает наибольшее влияние на урожайность мягкой пшеницы.

В четвёртом варианте опыта на удобренном фоне питания отмечается наименьшая доля влияния нитратного азота после посева и уборки, что приводит к снижению выхода зерна мягкой пшеницы после кукурузы на силос из-за избыточного его накопления и дисбаланса в почве.

В остальных вариантах эксперимента наблюдается незначительное влияние активности целлюлозолитических микроорганизмов и содержания нитратного азота на продуктивность мягкой пшеницы.

Библиографический список

1. Гринев Л. В., Сенькова Л. А., Мингалев С. К. Биологическая активность почвы // Аграрное образование и наука. 2019. № 2. С. 14.
2. Гулидова В. А. Микробиологическая активность целлюлозоразлагающих бактерий и дифференциация корнеобитаемого слоя в зависимости от основной обработки почвы // Агропромышленные технологии Центральной России. 2021. № 1 (19). С. 52-59.
3. Кайль А. В. Влияние различных предшественников на условия азотного питания зерновых культур // Вестник Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова. 2016. № 18. С. 7-11.
4. Кудрявцев А. Е., Стюхляев Н. В. Мобилизация подвижных элементов питания при различных технологиях в сухой степи // Научная жизнь. 2016. № 5. С. 43-50.
5. Свирина В. А., Артюхова О. А. Азотный режим и биологическая активность почвы под влиянием известкования и удобрений // Плодородие. 2019. № 5 (110). С. 3-6.
6. Уровень биологической активности пахотного слоя в двупольных севооборотах и бессменных посевах в зависимости от плодородия и влажности почвы на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья / В. Ю. Скороходов, Д. В. Митрофанов, Ю. В. Кафтан [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (82). С. 38-43.
7. Competition between plant and bacterial cells at the microscale regulates the dynamics of nitrogen acquisition in wheat (*Triticum aestivum*) / D. L. Jones, P. L. Clode, M. R. Kilburn [et al.] // New Phytol. 2013. № 200 (3). P. 796-807.
8. Cui Z., Chen X., Zhang F. Current Nitrogen Management Status and Measures to Improve the Intensive Wheat–Maize System in China // Ambio. 2010. № 39 (5-6). P. 376-384.
9. Dynamics of Soil Microbial Communities below the Seedbed under Two Contrasting Tillage Regimes / F. Degruene, N. Theodorakopoulos, G. Colinet [et al.] // Front Microbiol. 2017. № 8:1127. P. 15.
10. Effects of Independent and Combined Water-Deficit and High-Nitrogen Treatments on Flag Leaf Proteomes during Wheat Grain Development / D. Zhu, G. Zhu, Z. Zhang [et al.] // Int J Mol Sci. 2020. № 21 (6): 2098. P. 21.
11. Post-Flowering Nitrate Uptake in Wheat Is Controlled by N Status at Flowering, with a Putative Major Role of Root Nitrate Transporter NRT2.1/ F. Taulemesse, J. Gouis, D. Gouache [et al.] // PLoS One. 2015. № 10 (3). P. 23.
12. Water Regime and Nitrogen Management to Cope with Wheat Yield Variability under the Mediterranean Conditions of Southern Portugal / M. Patanita, A. Tomaz, T. Ramos [et al.] // Plants. 2019. № 8 (10):429. P. 15.

Conclusions. As a result of the aftereffect of mineral fertilizers, there is an increase in the spread of flax linen by cellulolytic microorganisms in the seventh version of the experience of growing soft wheat after the previous peas, therefore, their activity leads to an increase in yield.

Statistical data processing using the multiple regression method shows that the maximum activity of soil microorganisms in the fifth variant of the experiment on a fertilized background of nutrition affects the increase in the yield of soft wheat after millet.

In the eighth variant of the experiment, the attenuation of the activity of microorganisms is observed against an unfavorable background of nutrition, despite the better effect of the nitrate nitrogen content during the growing season, which leads to a decrease in the yield of grain crops after durum wheat.

Nitrate nitrogen in the second and third variants of growing soft wheat in crop rotations with sidual and soil-protecting pairs after the application of mineral fertilizers for two terms of determination has the greatest impact on the yield of soft wheat.

In the fourth variant of the experiment, on a fertilized background of nutrition, the smallest share of the influence of nitrate nitrogen after sowing and harvesting is noted, which leads to a decrease in the yield of soft wheat grain after corn to silage due to its excessive accumulation and imbalance in the soil.

In the other variants of the experiment, an insignificant effect of the activity of cellulytic microorganisms and the content of nitrate nitrogen on the productivity of soft wheat is observed.

References

1. Grinec L. V., Sen'kova L. A., Mingalev S. K. Biologicheskaya aktivnost' pochvy // Agrarnoe obrazovanie i nauka. 2019. № 2. P. 14.
2. Gulidova V. A. Mikrobiologicheskaya aktivnost' cellyulozorazlagayuschih bakterij i differenciacya korneobitaemogo sloya v zavisimosti ot osnovnoj obrabotki pochvy // Agropromyshlennye tehnologii Central'noj Rossii. 2021. № 1 (19). S. 52-59.
3. Kajl' A. V. Vliyanie razlichnyh predshestvennikov na usloviya azotnogo pitaniya zernovyh kul'tur // Vestnik Hakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N. F. Katanova. 2016. № 18. P. 7-11.
4. Kudryavcev A. E., Styuhlyayev N. V. Mobilizaciya podvizhnyh jelementov pi-taniya pri razlichnyh tehnologiyah v suhoj stepi // Nauchnaya zhizn'. 2016. № 5. P. 43-50.
5. Svirina V. A., Artyuhova O. A. Azotnyj rezhim i biologicheskaya aktivnost' pochvy pod vliyaniem izvestkovaniya i udobrenij // Plodorodie. 2019. № 5 (110). P. 3-6.
6. Uroven' biologicheskoy aktivnosti pahotnogo sloya v dvupol'nyh sevooborotah i bessmennyh posevah v zavisimosti ot plodorodiya i vlazhnosti pochvy na chernozjomah yuzhnyh Orenburgskogo Predural'ya / V. Yu. Skorohodov, D. V. Mitrofanov, Yu. V. Kaftan [i dr.] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2020. № 2 (82). P. 38-43.
7. Competition between plant and bacterial cells at the microscale regulates the dynamics of nitrogen acquisition in wheat (*Triticum aestivum*) / D. L. Jones, P. L. Clode, M. R. Kilburn [et al.] // New Phytol. 2013. № 200 (3). P. 796-807.
8. Cui Z., Chen X., Zhang F. Current Nitrogen Management Status and Measures to Improve the Intensive Wheat–Maize System in China // Ambio. 2010. № 39 (5-6). P. 376-384.
9. Dynamics of Soil Microbial Communities below the Seedbed under Two Contrasting Tillage Regimes / F. Degruene, N. Theodorakopoulos, G. Colinet [et al.] // Front Microbiol. 2017. № 8:1127. P. 15.
10. Effects of Independent and Combined Water-Deficit and High-Nitrogen Treatments on Flag Leaf Proteomes during Wheat Grain Development / D. Zhu, G. Zhu, Z. Zhang [et al.] // Int J Mol Sci. 2020. № 21 (6): 2098. P. 21.
11. Post-Flowering Nitrate Uptake in Wheat Is Controlled by N Status at Flowering, with a Putative Major Role of Root Nitrate Transporter NRT2.1/ F. Taulemesse, J. Gouis, D. Gouache [et al.] // PLoS One. 2015. № 10 (3). P. 23.
12. Water Regime and Nitrogen Management to Cope with Wheat Yield Variability under the Mediterranean Conditions of Southern Portugal / M. Patanita, A. Tomaz, T. Ramos [et al.] // Plants. 2019. № 8 (10):429. P. 15.

Authors Information

Mitrofanov Dmitry Vladimirovich, Candidate of Agriculture, Leading Researcher of the Department of Agriculture and Resource-Saving Technologies, Federal Scientific Center for Biological Systems and Agricultural Technologies of the Russian Academy of Sciences. 27/1, Gagarin Ave., Orenburg, 460051, Russia, tel. 8-987-855-98-95, e-mail: dvm.80@mail.ru

Tkacheva Tatyana Aleksandrovna, Candidate of chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry, Orenburg State University, 13 Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russia, tel. 8-922-872-04-24, e-mail: tkacheva@inbox.ru

Информация об авторах

Дмитрий Владимирович Митрофанов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (460051, РФ, г. Оренбург, пр-т Гагарина 27/1), тел. 8-987-855-98-95, e-mail: dvm.80@mail.ru

Ткачёва Татьяна Александровна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (460018, РФ, г. Оренбург, пр. Победы 13), тел. 8-922-872-04-24, e-mail: ttkacheva@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-16

PROMISING SOURCE BREEDING MATERIAL FROM *TRITICUM TURGIDUM*

B. V. Romanov¹, K. I. Pimonov², I.Yu. Sorokina²

¹ Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center»,
Rostov region, Russia

² Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Don State Agrarian University», Rostov region, Russia

Received 13.05.2021

Submitted 27.07.2021

Summary

On the basis of the contrasting forms of varieties of turgid wheat from the collection of «types of wheat» of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center», as well as the zoned short-stem variety Terra, a relatively low-growing highly productive breeding and promising source material has been created, which can be used to improve the production capabilities of existing varieties created on the basis of winter durum and turgid wheat species

Abstract

Introduction. Currently, the species diversity of wheat attracts a lot of attention from agricultural producers. There is a renewed interest in varieties created using the species *T. dicoccum* Schubl., *T. karamyshevii* Nevski., *T. macha* Dekapr. et Menabde., *T. spelta* L. A number of varieties have been created on the basis of spring wheat *T. sphaerococcum* Persiv. One of the most productive types of wheat is the tetraploid *Triticum turgidum* L. Using the initial breeding material created on the basis of turgid wheat, when hybridizing with *Triticum durum* varieties, it is possible to increase its production capabilities. The purpose of the research is to evaluate the production capabilities of promising hybrids of *Triticum turgidum* L. in comparison with zoned varieties of *Triticum durum* L. **Materials and methods.** As a starting material for obtaining promising genotypes of turgid wheat, rather contrasting varieties were used: *T. turgidum* var. *martensii* (loose-leaved, multi-grain) and *T. turgidum* var. *salomonis* (dense-leaved, coarse-grained). Taking into account these features, these species were crossed with each other. As a result, a successful recombination of the traits of the parent forms in the hybrid offspring was obtained. To reduce the height of the plants, the selected hybrid forms were crossed with a relatively low-growing zoned variety of turgid wheat Terra. To assess the production characteristics, in the phase of full ripeness, 25 productive shoots of each sample were selected. Structural analysis and calculation of biological yield were carried out at a standard grain moisture content of 14%. **Results and Conclusion.** As we expected, the resulting hybrids phenotypically had an intermediate form. At the same time, it can be noted that the grains of the selected hybrids practically coincided in weight and size with the coarse-grained original variety *T. turgidum* v. *salomonis*. At the same time, the number of grains in hybrid forms exceeded their number in comparison with the multi-grain variety *T. turgidum* v. *martensii*. Therefore, in general, the production indicators of the selected hybrid genotypes significantly exceeded the original parent forms. However, in terms of plant height, they inherited the properties of the tall, loose-leaved parent *T. turgidum* v. *martensi*. After crossing the resulting highly productive hybrid with a zoned low-growing variety of winter turgid wheat, Terra from a complex hybrid [(tur x tur) x Teppa]), seven low-growing, high-yielding genotypes were subsequently selected. The first four hybrid samples, when cultivated in a joint experiment in the field of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center» (Rassvet) with the same number of zoned varieties of winter durum wheat showed a significant superiority in their compared production characteristics. Moreover, in the soil and climatic conditions of the Federal State Budget Educational Institution of Higher

Education «Don State Agrarian University» (Persianovsky), from the additional three test forms, the same low-growing hybrid genotypes of turgid wheat, one very productive genotype was distinguished under No. 5. If the selected hybrids under the numbers No. 6 and No. 7 grown together with it, according to their production characteristics, were at the level of the other hybrid genotypes studied in the field of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center», then sample No. 5 significantly exceeded all other hybrid forms. So it turned out to have an average of 102.2 grains per ear, which is rare in wheat and indicates its high production potential. In this regard, it can be noted that the number of grains in this genotype ranged from 79 to 130 pieces per ear. Naturally, this had a positive effect on such an indicator as the weight of grain from the ear. It is more than 25% more than that of samples No. 6, No. 7 in the same experiment. In the future, this genotype can be used as a high-productivity donor for newly created varieties of winter durum and turgid wheat. Of course, the other genotypes of turgid forms obtained are also valuable source breeding material, since they are superior to the zoned varieties of winter durum wheat. Using the contrasting genetic forms of the corresponding varieties of *T. turgidum* L. from the «collection of wheat species» of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center», as well as the regionalized short-stemmed variety of turgid wheat Terra, a relatively low-growing highly productive selection-promising source material was created, which should be used to improve the production capabilities of existing varieties of durum winter. and guided wheat.

Key words: *Turgid wheat, durum wheat varieties, varieties of T. turgidum L., T. turgidum v. salomonis, T. turgidum v. martensi, hybridization, highly productive hybrid genotypes, stunted forms, breeding and promising source material.*

Citation. Romanov B. V., Pimonov K. I., Sorokina I. Yu. Promising source breeding material from *Triticum turgidum*. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 165-174 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-16.

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

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

УДК 633.11:527

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСХОДНЫЙ СЕЛЕКЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ИЗ *TRITICUM TURGIDUM*

Б. В. Романов¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
К. И. Пимонов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
И. Ю. Сорокина², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (ФГБНУ ФРАНЦ), п. Рассвет, Ростовская область, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО «Донской ГАУ»), п. Персиановский, Ростовская область, Россия

Дата поступления в редакцию 13.05.2021

Дата принятия к печати 27.07.2021

Актуальность. В настоящее время большое внимание производители сельскохозяйственной продукции уделяют видовому разнообразию пшеницы. Возрождается интерес к сортам, созданным при использовании видов *T. dicoccum* Schubl., *T. karamyshevii* Nevski., *T. macha* Dekapr. et Menabde., *T. spelta* L. На базе яровой шарозерной пшеницы *T. sphaerococcum* Persiv. создан ряд сортов. Одним из высокопродуктивных видов пшеницы является тетраплоидная *Triticum turgidum* L. Используя исходный селекционный материал, созданный на базе тургидной пшеницы при гибридизации с разновидностями *Triticum durum*, можно увеличивать её продукционные возможности. **Цель исследований** – оценить продукционные возможности перспективных гибридов тургидной пшеницы в сравнении с районированными сортами твёрдой пшеницы. **Материалы и методы.** В качестве исходного материала для получения перспективных генотипов тургидной пшеницы использовали довольно контрастные разновидности: *T. turgidum* var. *martensii* (рыхлоколосая, многозерная) и *T. turgidum* var. *salomonis* (плотноколосая, крупнозерная). Учитывая эти особенности, провели скрещивание данных

видообразцов между собой. В результате была получена удачная рекомбинация признаков родительских форм в гибридном потомстве. Для снижения высоты растений отобранные гибридные формы скрестили с относительно низкорослым районированным сортом тургидной пшеницы Терра. Для оценки продукционных признаков в фазу полной спелости отбирали по 25 продуктивных побега каждого образца. Структурный анализ и подсчёт биологической урожайности проводили при стандартной влажности зерна 14 %. **Результаты и обсуждение.** Как мы и ожидали, получившиеся гибриды фенотипически имели промежуточную форму. При этом можно отметить, что зерновки выделенных гибридов практически совпали по массе и размерам с крупнозёрной исходной разновидностью *T.turgidum v.salomonis*. В то же время количество зерновок у гибридных форм превышало их число по сравнению с многозёрной разновидностью *T.turgidum var. martensii*. Поэтому в целом продукционные показатели выделенных гибридных генотипов существенно превосходили исходные родительские формы. Однако по высоте растений они унаследовали свойства высокорослого, рыхлоколосого родителя *T.turgidum v.martensi*. После проведенного скрещивания полученного высокопродуктивного гибрида с районированным низкорослым сортом озимой тургидной пшеницы Терра из сложного гибрида ((tur x tur) x Терра) в дальнейшем были отобраны семь низкорослых высокопродуктивных генотипов. Возделывание в совместном опыте на поле ФГБНУ ФРАНЦ (п. Рассвет) первых четырех гибридных образцов с таким же количеством районированных сортообразцов озимой твёрдой пшеницы показало существенное превосходство их по сравниваемым продукционным признакам. Более того, в почвенно-климатических условиях Донского ГАУ (п. Персиановский) из дополнительных трёх испытываемых форм, таких же низкорослых гибридных генотипов тургидной пшеницы, выделился один весьма продуктивный генотип под №5. Если выделенные гибриды под номерами №6 и №7, выращиваемые вместе с ним, по своим продукционным признакам, были на уровне остальных гибридных генотипов, изучавшихся на поле ФГБНУ ФРАНЦ, то образец №5 существенно превосходил все другие гибридные формы. Так, у него оказалось в среднем 102,2 зерновок на колос, что редко встречается у пшеницы и говорит о его высоком продукционном потенциале. В этой связи можно отметить, что количество зерновок у данного генотипа колебалось от 79 до 130 шт. в колосе. Естественно, это благоприятно сказалось на таком показателе, как масса зерна с колоса. Она у него более чем на 25 % больше, чем у образцов №6, №7 в том же опыте. В дальнейшем этот генотип можно использовать в качестве донора высокой продуктивности для вновь создаваемых сортов озимой твёрдой и тургидной пшеницы. Конечно, и другие полученные генотипы тургидных форм представляют собой ценный исходный селекционный материал, поскольку превосходят районированные сорта озимой твёрдой пшеницы. **Выводы.** Используя контрастные генетические формы соответствующих разновидностей *T.turgidum L.* из «коллекции видов пшеницы» ФГБНУ ФРАНЦ, а также районированный короткостебельный сорт тургидной пшеницы Терра, создали относительно низкорослый высокопродуктивный селекционно-перспективный исходный материал, который следует использовать для улучшения продукционных возможностей существующих сортов озимой твёрдой и тургидной пшеницы.

Ключевые слова: тургидная пшеница, сорта твёрдой пшеницы, разновидности *T.turgidum L.*, *T.turgidum v.salomonis*, *T.turgidum v.martensi*, гибридизация пшеницы, высокопродуктивные гибридные генотипы пшеницы, низкорослые формы, селекционно-перспективный исходный материал пшеницы.

Цитирование. Романов Б. В., Пимонов К. И., Сорокина И. Ю. Перспективный исходный селекционный материал из *Triticum turgidum*. *Известия НВ АУК*. 2021. 3 (63). 165-174.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-16.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Среди всех зерновых культур в структуре посевных площадей России лидером за последние 20 лет является озимая и яровая пшеница. В 2020 году она заняла 294,21 млн га (35,8 % всей площади, отведённой под зерновые). Ростовская область стала ведущим регионом по посеву пшеницы, посевные площади составили порядка 2,87 млн га.

Россия занимает лишь 13-е место в ряду производителей твёрдой пшеницы. Ежегодный сбор зерна твёрдой пшеницы составляет 650-700 тыс. тонн. Этот объём не покрывает даже внутренней потребности: около 40 % необходимого сырья российским макаронным фабрикам приходится завозить из Казахстана [5]. При этом закупочная цена на качественное зерно твёрдой пшеницы достигла 26 тыс. рублей за тонну без НДС. В перспективе трёх-пяти лет потребность в качественном зерне твёрдой пшеницы увеличится до 850-900 тыс. тонн [1].

В связи с повышенным спросом на качественное зерно, предназначенное для перерабатывающей промышленности, внимание производителей сельскохозяйственной продукции направлено на видовое разнообразие пшеницы. Возрождается интерес к полбяным сортам, полученным на основе *T.dicoccum* Schubl., *AuAuBB*, $2n=28$; *T.karamyshevii* Nevski., *AuAuBB*, $2n=28$; *T.macha* Dekapr. et Menabde., *AuAuBBDD*, $2n=42$; *T.spelta* L., *AuAuBBDD*, $2n=42$. На базе шарозёрной пшеницы *T.sphaerococcum* Persiv. *AuAuBBDD*, $2n=42$ создан ряд сортов (Боровик А.Н., 2016). Продолжаются работы по улучшению озимой мягкой пшеницы, в том числе и путем внедрения в неё диплоидных злаков из рода *Aegilops* [7, 8]. Более того, показано, что интрогрессия чужеродного генетического материала влияет на качество зерна [9].

Известно, что одним из самых продуктивных видов пшеницы является тетраплоидная *Triticum turgidum* L. («английская или тучная»). Не случайно Н. И. Вавилов выдвигал идею вовлечения тургидной пшеницы в селекцию при создании сортов с высокопродуктивным колосом (Пшеницы мира: видовой состав, достижения селекции, современные проблемы и исходный материал / под ред. В. Ф. Дорофеева, 1987). Высокие производственные показатели тургидной пшеницы по сравнению с другими видами, включая и широко распространённую мягкую пшеницу *T.aestivum* L., *AuAuBBDD*, подтверждаются соответствующими исследованиями, которые проводились на базе коллекции видов пшеницы ФГБНУ ФРАНЦ [4].

В 2006 году в Государственный реестр селекционных достижений РФ включен короткостебельный сорт тургидной пшеницы Терра, созданный методом внутривидовой ступенчатой гибридизации с использованием на последнем этапе скрещиваний 2-х сортов тургидной озимой пшеницы Зерноградской селекции 3612/84 x 282/82. Виды пшеницы *T. turgidum*, *AuB*, $2n=28$ и *T. durum*, *AuB*, $2n=28$ по своим характеристикам очень близки между собой, в связи с чем многие исследователи ошибочно не делают особых различий между их представителями. По их мнению, эти виды пшеницы отличаются только по двум морфологическим признакам: резко выпуклыми колосковыми чешуями, которые значительно короче цветковых с явно обозначенным боковым нервом и коротким горбатым или округлым зерном с выпуклым зародышем [6]. На данный момент исследователями не учитываются различия в продуктивности и качественных показателях зерна.

Для расширения разнообразия используются стародавние сорта и образцы из генетических коллекций пшеницы. Поэтому не ослабевает интерес к разнообразию коллекции тетраплоидной пшеницы, включая тургидную [5]. Используя исходный селекционный материал, созданный на базе тетраплоидной *Triticum turgidum* L., при гибридизации с другими тетраплоидными видами пшеницы, в частности с той же озимой *Triticum durum* L., можно увеличить производственные возможности последней [3].

Цель исследований – оценить производственный потенциал перспективных гибридов тургидной пшеницы в сравнении с районированными сортами твёрдой пшеницы.

Материалы и методы. В качестве исходного материала для получения перспективных генотипов тургидной пшеницы использовали довольно контрастные разновидности тургидной пшеницы: *var. martensii* (рыхлоколосая, многозёрная); *var. salomonis* (плотноколосая, крупнозёрная). В этой связи следует отметить, что *T. turgidum var. salomonis* относится к группе – *gigantosemineum* (Пшеницы мира: видовой состав, дости-

жения селекции, современные проблемы и исходный материал / под ред. В. Ф. Дорофеева, 1987). Учитывая эти особенности, провели скрещивание данных видов образцов между собой. В результате была получена удачная перекомбинация признаков родительских форм в гибридном потомстве. Для снижения высоты растений отобранные гибридные формы скрестили с относительно низкорослым районированным сортом тургидной пшеницы Терра. Для оценки продукционных признаков в фазу полной спелости отбирали по 25 продуктивных побегов каждого образца. Структурный анализ и подсчёт биологической урожайности проводили при стандартной влажности зерна 14 %. Математическую обработку осуществляли по Б. А. Доспехову (1985) с помощью стандартных вычислительных программ Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Как мы и ожидали, получившиеся гибриды фенотипически имели промежуточную форму. При этом можно отметить, что зерновки гибрида практически совпадают по размерам с крупнозёрной исходной разновидностью *v.salomonis* (№ 3) (рисунок). У рыхлоколосой формы *v.martensi* (№1) зерновки значительно мельче, чем у плотноколосой разновидности *v.salomonis* и, соответственно, гибрида.



Рисунок – Колосья: 1 – исходной рыхлоколосой, мелкозёрной; 2 – гибрида F₆; 3 – плотноколосой, крупнозёрной формы тургидной пшеницы

Figure – Ears of corn: 1-the original loose-leaved, fine-grained; 2-hybrid F₆; 3-dense-grained, coarse-grained form of turgid wheat

Продукционные показатели, представленные в таблице 1, дают следующую картину: по длине колоса гибрид занимает строго промежуточное положение. Так, он на 1,4 см больше плотноколосой *v.salomonis* и на 1,3 см меньше рыхлоколосой *v.martensi*. По числу колосков в колосе различие между всеми образцами недостоверно, но всё же стоит отметить, что абсолютные цифры выше у гибрида. Относительно количества зерновок оно достоверно больше у гибрида по сравнению с плотноколосой формой, тогда как между ним и рыхлоколосой разница несущественна. Однако самое главное: полученный гибрид существенно превосходил по такому важному признаку, как масса зерна с колоса, исходные разновидности, в то время как разница между последними недостоверна.

Таблица 1 – Продукционные характеристики колосьев исходных форм тургидных разновидностей пшеницы и гибрида F₆ (2019 г.)

Table 1 – Production characteristics of the ears of the initial forms of turgid varieties of wheat and hybrid F₆ (2019)

Генотип / Genotype	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество, шт. / Quantity, pieces		Масса зёрен, грамм / Grain weight, grams
		колосков/ spikelets	зёрен/ grains	
Рыхлоколосый / loose-nosed	8,6	18,3	43,0	2,73
Плотноколосый / thick-nosed	5,9	18,8	38,0	2,47
Гибрид / hybrid	7,3	19,1	48,7	3,52
НСР ₀₅ / SSD ₀₅	0,5	1,4	6,2	0,42

Однако созданный высокопродуктивный гибридный генотип («tur x tur»), обладал одним существенным недостатком: он унаследовал высокорослость (123 см) от рыхлоколосой исходной разновидности v.martensi (124 см) (таблица 2). Поэтому когда начинался налив зерна, у растений созданного гибрида начиналось массовое полегание.

Таблица 2 – Морфоструктурные показатели исходных и гибридных форм тургидной пшеницы и районированного сорта озимой твёрдой пшеницы Дончанка (2020 г.)

Table 2 – Morphostructural indicators of the initial and hybrid forms of turgid wheat and the zoned variety of winter durum wheat Donchanka (2020)

Генотип / Genotype	Высота растений, см / Plant height, cm	Площадь флагового листа, см ² / Plant height, cm ²
T.tur рыхлоколосый/ T.tur loose-nosed	124	35,7
T.tur плотноколосый/ T.tur thick-nosed	91,8	32,4
(T.tur x T.tur)	123	34,3
Терра/ Terra	81,3	14,5
[(tur x tur) x Терра]/ [(tur x tur) x Terra]	72,2	29,1
Дончанка/ Donchanka	78,2	24,2
НСР ₀₅ / SSD ₀₅	19,8	5,2

Что касается площади флагового листа, то по этому морфоструктурному показателю у него более или менее промежуточное наследование. На следующем этапе для снижения высоты растений мы скрестили полученный высокорослый гибрид с районированным и используемым в производстве относительно низкорослым сортом тургидной пшеницы Терра. В дальнейшем, соответственно, из комбинации [(tur x tur) x Терра] были отобраны низкорослые формы, которые в настоящий момент представлены в этой таблице. Кроме того, в данном году для большей объективности был использован также районированный и достаточно известный сорт озимой твёрдой пшеницы Дончанка.

Отобранные гибриды [(tur x tur) x Терра] по высоте были на уровне исходного сорта Терра и озимой твёрдой пшеницы Дончанка. Более того, у этого «сложного гибрида» увеличились размеры флагового листа (29,1 см²) по сравнению с Террой (14,5 см²), и они ближе к исходным разновидностям и ранее полученному высокорослому гибриду.

Таким образом, были получены низкорослые генотипы тургидной пшеницы с относительно высокими продукционными показателями.

Для оценки полученных низкорослых тургидных генотипов мы сравнили их с районированными и используемыми на производстве сортами озимой твёрдой пшеницы. В частности, в таблице 3 представлены производственные показатели четырёх сортов озимой твёрдой пшеницы. Видно, что они мало отличаются по высоте растений друг от друга и у них очень близка масса зерна с колоса.

Таблица 3 – Производственные характеристики районированных сортов озимой твёрдой пшеницы (ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр») (2020 г.)

Table 3 – Production characteristics of zoned varieties of winter durum wheat (FSBSI «Rostov Federal agricultural research centre»), (2020)

Генотип / Genotype	Высота, растений, см / Plant height, cm	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество, шт. / Quantity. pieces		Масса зёрен, грамм / Grain weight, grams
			колосков / spikelets	зёрен / grains	
Дончанка / Donchanka	77,5	7,5	22,4	64,2	2,93
Курант / Courant	85,6	6,8	20,6	65,7	2,70
Жемчужина До- на / Pearl of the Don	82,4	7,4	23,0	56,8	2,83
Янтарина / Yantarina	86,9	7,8	23,2	59,3	2,93
HCP ₀₅ / SSD ₀₅	5,8	0,6	1,4	11,3	0,44

Параллельно в этом опыте мы посеяли 4 отобранных озимых гибридных генотипа тургидной пшеницы (таблица 4). Здесь, по данным отдельных представителей, видно, что высота растений на уровне таковых сортов озимой твёрдой пшеницы. Также между образцами не отмечено достоверных различий по массе зерна с колоса. Однако у выделенных гибридных тургидных генотипов в целом больше количество зерна в колосе и их масса, по сравнению с районированными сортами твёрдой озимой пшеницы.

Таблица 4 – Производственные характеристики гибридных форм озимой *Triticum turgidum* L. (ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» 2020 г.)

Table 4 – Production characteristics of hybrid forms of winter wheat *Triticum turgidum* L. (FSBSI «Rostov Federal agricultural research centre») (2020)

Генотип / Genotype	Высота, растений, см / Plant height, cm	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество, шт. / Quantity. pieces		Масса зёрен, грамм / Grain weight, grams
			колосков / spikelets	зёрен / grains	
[(tur x tur) x Терра] №1 / [(tur x tur) x Terra] №1	76,2	10,3	22,0	71,4	3,35
[(tur x tur) x Терра] №2 / [(tur x tur) x Terra] №2	75,8	8,8	19,4	77,2	3,53
[(tur x tur) x Терра] №3 / [(tur x tur) x Terra] №3	77,0	7,9	19,5	64,5	3,29
[(tur x tur) x Терра] №4 / [(tur x tur) x Terra] №4	74,3	7,9	20,7	85,4	3,62
HCP ₀₅ / SSD ₀₅	5,7	0,6	1,5	8,7	0,51

Сравнительный анализ усреднённых данных форм твёрдой и тургидной пшеницы показал достоверное превосходство (+ 17 %) полученных гибридов тургидной пшеницы над сортами озимой твёрдой пшеницы (таблица 5).

Таблица 5 – Средние продукционные показатели районированных сортов озимой твёрдой и перспективных гибридных форм тургидной пшеницы (ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»)

Table 5 – Average production indicators of zoned varieties of winter durum and promising hybrid forms of turgid wheat (FSBSI «Rostov Federal agricultural research centre»)

Генотип/Genotype	Высота, растений, см / Plant height, cm	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество, шт. / Quantity. pieces		Масса зёрен, грамм / Grain weight, grams
			колосков / spikelets	зёрен / grains	
T.durum Desf.	82,3	7,4	22,3	61,5	2,85
[(tur x tur) x Терра]/ [(tur x tur) x Terra]	75,6	8,7	20,4	74,6	3,45
НСП ₀₅ / SSD ₀₅	8,2	2,0	2,2	14,1	0,31

Более того, ещё три отобранные гибридные генотипа тургидной пшеницы, выращенные в Учебно-научном производственном комплексе (УНПК) ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», показали достаточно высокий результат, то есть превзошли образцы, испытание которых проводили на поле ФГБНУ ФРАНЦ.

В данном случае это объясняется тем, что растения, возделываемые в Донском ГАУ, периодически поливались, что в последние годы в засушливых условиях Ростовской области оказало соответствующее воздействие на их урожайные показатели (таблица 6).

Таблица 6 – Продукционные характеристики гибридных форм озимой тургидной пшеницы (ФГБОУ ВО «Донской ГАУ») (2020 г.)

Table 6 – Production characteristics of hybrid forms of winter turgid wheat (FSBEI of HE «Don State Agrarian University») (2020)

Генотип / Genotype	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество, шт / Quantity. pieces		Масса зёрен, грамм / Grain weight, grams
		колосков / spikelets	зёрен / grains	
[(tur x tur) x Терра] №5/ [(tur x tur) x Terra] №5	11,0	24,0	102,2	5,14
[(tur x tur) x Терра] №6/ [(tur x tur) x Terra] №6	10,5	21,4	71,4	3,77
[(tur x tur) x Терра] №7/ [(tur x tur) x Terra] №7	8,6	23,0	88,2	3,66
НСП ₀₅ / SSD ₀₅	0,7	1,4	12,4	0,53

В то же время если в опыте на поле ФГБНУ ФРАНЦ, несмотря на превосходство тургидных гибридов над сортами озимой твёрдой пшеницы (+17 %), различия внутри этих групп незначительны, то из трёх испытуемых образцов тургидных гибридных генотипов в УНПК Донской ГАУ чётко выделяется №5. Так. у него оказалось в среднем 102,2 зерновок на колос, что редко встречается у пшеницы и говорит о его высоком продукционном потенциале. В этой связи можно отметить, что количество зерновок у данного генотипа колебалось от 79 до 130 шт. в колосе. Естественно, это благоприятно сказалось на таком показателе, как масса зерна с колоса. Она у него более чем на 25 % больше, чем у образцов №6, №7 в том же опыте. В дальнейшем этот генотип можно использовать в качестве донора высокой продуктивности для вновь создаваемых сортов озимой твёрдой и тургидной пшениц. Конечно, и другие полученные генотипы тургидных форм представляют собой ценный исходный селекционный материал, поскольку превосходят районированные сорта озимой твёрдой пшеницы.

Выводы. Используя контрастные генетические формы в виде соответствующих разновидностей тургидной пшеницы из коллекции «видов пшеницы» ФГБНУ ФРАНЦ, а также районированный короткостебельный сорт Терра, создали относительно низкорослый высокопродуктивный селекционно-перспективный исходный материал, который можно использовать для улучшения продукционных возможностей существующих сортов озимой твёрдой пшеницы.

Библиографический список

1. О возможности повышения продуктивности озимой твёрдой пшеницы с использованием T.TURGIDUM L. / Б. В. Романов, Г. А. Козлечков, С. В. Пасько, К. И. Пимонов, И. Ю. Сорокина // Вестник ДонГАУ. 2020. № 2 (36.1). С. 34-39.
2. Производство зерна в России 2020: структура посевных площадей и урожайность. <https://www.agroxxi.ru/analiz-rynka-selskhozjaistvennyh-tovarov/proizvodstvo-zerna-v-rossii-2020-struktura-posevnyh-ploschadei-i-urozhainost.html>.
3. Романов Б. В., Пимонов К. И. Феномогеномика продукционных признаков видов пшеницы: монография. Персиановский: Донской ГАУ, 2018. 188 с.
4. Твёрдая (тургидная) озимая пшеница в Ростовской области (сортосов состав, технология возделывания, семеноводство) / Н. Е. Самофалова, А. С. Попов, Н. П. Иличкина, О. А. Дубинина, Т. Г. Дерова. Ростов-на-Дону, 2012. 80 с.
5. Фенотипическое и генетическое разнообразие коллекции тетраплоидной пшеницы, выращенной в Казахстане / А. Затыбеков, Ш. Энуарбек, С. Аbugалиев, Е. Туруспеков // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. № 24 (6). С.605- 612.
6. Фоменко М. А., Грабовец А. И., Олейникова Т. А. Особенности селекционного улучшения озимой пшеницы в степной зоне Ростовской области // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 5. С. 18-22.
7. Щукина Л. В., Лапочкина И. Ф., Пшеничникова Т. С. Фенотипическое разнообразие линий мягкой пшеницы с интрогрессиями от диплоидного злака *Aegilops speltoides* по технологическим свойствам зерна и муки // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2020. № 24 (7). С. 738-746.
8. Alvarez J. B., Guzman C. Interspecific and intergeneric hybridization as a source of variation for wheat grain quality improvement // Theor. Appl. Genet. 2018. № 131. P. 225-251.
9. Vikram P., Franco J., Burgueno-Ferreira J. Unlocking the genetic diversity of Creole wheats. Sci. Rep. 2016. № 6. P. 1-13.

Conclusions. Using contrasting genetic forms in the form of corresponding varieties of turgid wheat from the collection of "types of wheat" of the Federal State Budgetary Educational Institution FRANTZ, as well as the zoned short-stem variety Terra, we created a relatively low-growing highly productive breeding and promising source material that can be used to improve the production capabilities of existing varieties of winter durum wheat.

References

1. O vozmozhnosti povysheniya produktivnosti ozimoy tvjordojs pshenicy s ispol'zovaniem T.TURGIDUM L. / B. V. Romanov, G. A. Kozlechkov, S. V. Pas'ko, K. I. Pimonov, I. Yu. Sorokina // Vestnik DonGAU. 2020. № 2 (36.1). P. 34-39.
2. Proizvodstvo zerna v Rossii 2020: struktura posevnyh ploschadej i urozhajnost'. <https://www.agroxxi.ru/analiz-rynka-selskhozjaistvennyh-tovarov/proizvodstvo-zerna-v-rossii-2020-struktura-posevnyh-ploschadei-i-urozhainost.html>.
3. Romanov B. V., Pimonov K. I. Fenomogenomika produkcionnyh priznakov vidov pshenicy: monografiya. Persianovskij: Donskoj GAU, 2018. 188 p.
4. Tverdaya (turgidnaya) ozimaya pshenica v Rostovskoj oblasti (sortovoj sostav, tehnologiya vozdelevaniya, semenovodstvo) / N. E. Samofalova, A. S. Popov, N. P. Ilichkina, O. A. Dubinina, T. G. Derova. Rostov-na-Donu, 2012. 80 p.
5. Fenotipicheskoe i geneticheskoe raznoobrazie kollekcii tetraploidnoj pshenicy, vyraschennoj v Kazahstane / A. Zatybekov, Sh. Jenuarbek, S. Abugaliev, E. Turuspekov // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2020. № 24 (6). P. 605- 612.

6. Fomenko M. A., Grabovec A. I., Olejnikova T. A. Osobennosti selekcionnogo uluchsheniya ozimoy pshenicy v stepnoj zone Rostovskoj oblasti // Vestnik Rossijskoj sel'skoxozyajstvennoj nauki. 2020. № 5. P. 18-22.

7. Schukina L. V., Lapochkina I. F., Pshenichnikova T. S. Fenotipicheskoe raznoobrazie linij myagkoj pshenicy s introgressiyami ot diploidnogo zlaka *Aegilops speltoides* po tehnologicheskim svojstvam zerna i muki // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2020. № 24 (7). P. 738-746.

8. Alvarez J. B., Guzman C. Interspecific and intergeneric hybridization as a source of variation for wheat grain quality improvement // Theor. Appl. Genet. 2018. № 131. P. 225-251.

9. Vikram P., Franco J., Burgueno-Ferreira J. Unlocking the genetic diversity of Creole wheats. Sci. Rep. 2016. № 6. P. 1-13.

Author's Information

Romanov Boris Vasilyevich, Senior researcher, laboratory of selection and genetics of agricultural plants, Federal Rostov agricultural research center (Russia, 346735, Rostov region, Aksay district, Rassvet village, Institutskaya str., 1), candidate of biological Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0701-1584>, phone: +79381556901, e-mail: triticumrbw@mail.ru

Pimonov Konstantin Igorevich, Professor of the Department of Crop Production, Don State Agrarian University (Russia, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, p. Persianovsky, Krivoshlykova str., 24), doctor of agricultural Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0726-2583>, phone: +79882562700, e-mail: Konst.pimonov@yandex.ru

Sorokina Irina Yuryevna, Candidate of Agricultural Sciences, Don State Agrarian University (Russian Federation, 346493, Rostov Region, Oktyabrsky District, Persianovsky village, Krivoshlykova str., 24), Associate Professor of the Department of Crop Production, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6892-9308>, e-mail: irin.sorockina@yandex.ru

Информация об авторах

Романов Борис Васильевич, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (РФ, 346735, Ростовская обл., Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), кандидат биологических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0701-1584>, тел.: +79381556901, e-mail: triticumrbw@mail.ru

Пимонов Константин Игоревич, профессор кафедры «Растениеводство», ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (РФ, 346493, Ростовская обл., Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0726-2583>, тел.: +79882562700, e-mail: Konst.pimonov@yandex.ru

Сорокина Ирина Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (РФ, 346493, Ростовская обл., Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доцент кафедры «Растениеводство», ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6892-9308>, e-mail: irin.sorockina@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-17

METHODOLOGY OF CALCULATION OF TOTAL WATER CONSUMPTION OF AGRICULTURAL CULTURES

N.N. Khozhanov

Taraz Regional University named after M.Kh.Dulati, Taraz, and Republic of Kazakhstan

Received 11.05.2021

Submitted 10.08.2021

Abstract

Introduction. In the context of the transition of the economy to intensification rails, the increase in the efficiency of agricultural production depends on how consistently advanced labor methods, achievements of science and technology are disseminated and mastered. The path to high productivity of irrigated fields lies through the widespread use of industrial technologies in the cultivation of crops.

Materials and research methods. In world practice, there are theoretical methods for calculating the total water consumption based on the physical laws of evaporation (methods of Penman, Türk, etc.), empirical methods based on the functional dependence of evaporation on the yield, temperature and

relative humidity of the air (methods of Kostyakov, Sharov, Alpatiev, etc.). According to Alpatiev S.M. total water consumption is a function of air humidity deficit. The results of methodological studies of calculating the total water consumption of agricultural crops in the arid zone of Kazakhstan, based on the analysis of the use of energy resources, i.e. the radiation balance, are presented. In relation to the total deficit of air humidity for the growing season (Σd) to the radiation index of a particular area (R), which is described as the radiation coefficient of the area (K_{Rd}), the actual total water consumption of agricultural crops is much accurately determined. **Research results and discussion.** The calculations of the experimental data of the total water consumption exceeded the calculated ones, respectively, by 1709.77; 1602.44; 960.38 mm., Which, in our opinion, has contributed to the strengthening of anthropogenic processes in irrigated agriculture and the depletion of water resources in the arid zone for many years. The calculated indicators of the radiation coefficient of the area for the deficit of air humidity are on average 13.7, and the radiation balance is 10.5. This, as evidenced by the calculations, has a discrepancy of 3.2, which, according to our assumptions, led to a shortage of water resources for many years. **Conclusion.** In an arid climate and marginal irrigated lands, in order to ensure high productivity of irrigated hectares, it is necessary to optimize the regime of water consumption of agricultural crops on the basis of accounting for energy resources.

Keywords: *water consumption, lack of air humidity, radiation balance, water consumption coefficient, irrigation rate.*

Citation. Khozhanov N.N. Methodology of calculation of total water consumption of agricultural cultures. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 174-181 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-17.

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

УДК 631.633.62

МЕТОДИКА РАСЧЕТА СУММАРНОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Н. Н. Хожанов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Таразский региональный университет им. М. Х. Дулати, г.Тараз, Республика Казахстан

Дата поступления в редакцию 11.05.2021

Дата принятия к печати 10.08.2021

Актуальность. В условиях перевода экономики на рельсы интенсификации повышение эффективности сельскохозяйственного производства зависит от того, насколько последовательно распространяются и осваиваются передовые методы труда, внедряются достижения науки и техники. Путь к высокой продуктивности орошаемых полей лежит через широкое применение индустриальных технологий при возделывании сельскохозяйственных культур. **Материалы и методы.** В мировой практике существуют теоретические методы расчета суммарного водопотребления, основанные на физических законах испарения (методы Пенмана, Тюрка и др.), эмпирические методы, основанные на функциональной зависимости испарения от урожая, температуры и относительной влажности воздуха (методы Костякова, Шарова, Алпатьева и др.). По Алпатьеву С. М. суммарное водопотребление является функцией дефицита влажности воздуха. Представлены результаты методологических исследований расчета суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур в аридной зоне Казахстана на основе анализа использования энергетических ресурсов, т.е. радиационного баланса. По отношению суммарного дефицита влажности воздуха за вегетационный период (Σd) к радиационному показателю конкретной местности (R), которая описывается как радиационный коэффициент местности (K_{Rd}), гораздо точнее определяется фактическое суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур. **Результаты и обсуждение.** Расчеты опытных данных суммарного водопотребления превысили расчетные соответственно на 1709,77; 1602,44; 960,38 мм, что, на наш взгляд, на протяжении многих лет способствовало усилению антропогенных процессов в орошаемом земледелии и истощению водных ресурсов в аридной зоне. Расчетные показатели радиационного

коэффициента местности по дефициту влажности воздуха составляют в среднем 13,7, а радиационному балансу – 10,5. Это, как свидетельствуют расчеты, имеют невязку в размере 3,2, которые, по нашим предположениям, привели в течение многих лет к дефициту водных ресурсов. **Выводы.** В условиях засушливого климата и малопродуктивных орошаемых землях для обеспечения высокой продуктивности поливного гектара следует оптимизировать режим водопотребления сельскохозяйственных культур на основе учета энергетических ресурсов.

Ключевые слова: водопотребление сельскохозяйственных культур, дефицит влажности воздуха, коэффициенты водопотребления, оросительные нормы.

Цитирование. Хожанов Н. Н. Методика расчета суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 174-181. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-17.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Природно-хозяйственные условия юга Казахстана в целом обладают необходимым потенциалом и позволяют получать здесь высокие и гарантированные урожаи сельскохозяйственных культур.

Однако дальнейшая интенсификация поливного земледелия требует осуществления целенаправленного управления факторами жизни растений, особенно водным режимом почв. Осуществление поставленных задач также осложняется ввиду разнообразия природно-климатических и хозяйственных условий основных зон орошаемого земледелия и требует глубокого изучения процессов и закономерностей формирования мелиоративного режима почвогрунтов орошаемого массива [3, 6, 8].

Объект исследования. Орошаемые зоны Казахстана, на основании которых представлены результаты методологических исследований расчета суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур в аридной зоне, с учетом анализа использования энергетических ресурсов, т.е. радиационного баланса.

Материалы и методы. Многие ученые (Алпатыев, 1965, 1998; Данильченко Н. В. 1965; Никольский Ю. Н., Шабанов В. В., 1986; Шабанов В. В., 1981 и др.) свидетельствуют, что климатические зоны формируются под воздействием теплоэнергетических ресурсов и атмосферных осадков и в качестве энергетических ресурсов при определении влагообеспеченности географических зон использовали некоторые функции испаряемости.

В мировой практике существуют теоретические методы расчета суммарного водопотребления, основанные на физических законах испарения (методы Пенмана, Тюрка и др.), эмпирические методы, основанные на функциональной зависимости испарения от урожая, температуры и относительной влажности воздуха (методы Костякова А. Н., 1960; Шабанов В. В., 1981; Алпатыева А. М., 1998 и др.).

По мнению Алпатыева С. М., суммарное водопотребление является функцией дефицита влажности воздуха.

$E = K_6 \sum d$; где $\sum d$ – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха для расчетного года в гПа; K_6 – биоклиматический коэффициент.

По сведениям (Исабай С. И., 2002 г.), на сероземных почвах Жамбылской области величина суммарного водопотребления в основном зависит от величины, поданной на поле оросительной воды, т.е. режима орошения. В среднем за годы исследований при глубоком залегании грунтовых вод оросительная норма в зависимости от предполивной влажности 60-70-80 % НВ составила соответственно 75,6 %, 76,6 %, 88 %. Использование осадков за вегетационный период колебалось в пределах от 9,6 до 14,3 % от суммарного водопотребления, а использование запасов влаги из почвы колебалось в пределах от 2,4 до 13,1 % суммарного водопотребления.

В практике орошаемого земледелия очень важным показателем эффективности использования почвенной влаги, который в основном складывается из оросительной нормы, является коэффициент водопотребления. Многочисленные исследования показывают, что по мере оптимизации водного режима почвы, условий минерального питания, совершенствование других агротехнических приемов, эксплуатации орошаемых систем продуктивность сельскохозяйственных культур значительно возрастает и адекватно этому снижается коэффициент водопотребления [1, 2, 4, 5, 10-14].

Коэффициент водопотребления для одной и той же культуры в пределах одного и того же географического пункта не является постоянной величиной, а, как отмечают исследователи (Алпатьев А. М., 1981; Костяков А. Н., 1960; Данильченко Н. В., 1965), зависит от режима орошения, свойства почвы, погодных условий и величины урожая.

В таблице 1 представлены коэффициент водопотребления кукурузы по вариантам при глубоком и близком залегании грунтовых вод (Исабай С. И., 2002 г.).

Таблица 1 – Значение коэффициента водопотребления кукурузы

Table 1 – The value of the coefficient of water consumption of corn

Вар. опыта / Experience option	Коэффициенты водопотребления, м ³ /га / Water consumption coefficients, m ³ / ha		
	максимальный / maximum	минимальный / minimum	Средний / average
Глубокое залегание грунтовых вод / Deep bedding of groundwater			
60 % НВ	18,9	11,1	13,8
70 % НВ	15,7	10,8	12,5
80 % НВ	14,6	10,7	12,1
Близкое залегание грунтовых вод / Close occurrence of groundwater			
60 % НВ	26,1	12,8	17,5
70 % НВ	17,5	10,7	13,0
80 % НВ	16,8	9,2	11,8
средняя	18,2	10,8	13,4

При этом водопотребление кукурузы колебалось в пределах 3666-5417 м³/га.

Результаты и обсуждение. Однако, как свидетельствуют результаты анализа (Харченко С.И., Азарий М.С., 1966), благоприятное соотношение тепла и влаги в природных системах Казахстана наблюдается только в горных и предгорных зонах, а в других зонах равновесное их состояние ввиду низкой влагообеспеченности не соблюдается. Поэтому во многих случаях встречается острый недобор урожая сельскохозяйственных культур и резкое снижение почвенно-мелиоративного и экологического состояния орошаемых земель, вызванные необоснованным использованием основных составляющих системы земледелия [7, 9].

По сведениям С. И. Харченко и М. С. Азарий (1965), проводивших исследования элементов теплового и водного балансов на орошаемых рисовых полях, следует, что за вегетационный период суммарное испарение с орошаемых полей можно определить из соотношения: $E_0 = k R/L$; где R – годовой радиационный баланс (ккал/см²); L – скрытая теплота испарения; k – коэффициент, учитывающий продолжительность вегетационного периода культуры. По Г. Т. Селянинову величина испаряемости определялась, из соотношения $E_0 = 0,1 \sum t$, а по М. И. Будыко она выражается в виде $E_0 = 0,18 \sum t$. Однако расчеты свидетельствуют, что для условий Казахстана наиболее подходящим считается представленная нами соотношение, т.е. $E_0 = 0,30 \sum t$.

Исходя из вышеприведенных уравнений и сравнивая их между собой, мы уточнили качественные показатели суммы эффективных температур ($\sum t$) для каждого составляющего энергетических ресурсов (радиационный баланс (R), испаряемости (E_0) и k – коэффици-

ента, учитывающего продолжительность вегетационного периода культуры в каждой конкретной местности (таблица 2). Отсюда следует, что сумма эффективных температур больше 10 °C на формирование радиационного баланса в Жамбылской области расходуются – 34 %, на испаряемость – 30 % и на формирования зеленых растений – 36 % [1, 2, 3].

Таблица 2 – Расчет составляющих энергетических ресурсов Жамбылской области от суммы положительных температур больше 10 °C

Table 2 - Calculation of the components of the energy resources of the Zhambyl region from the sum of positive temperatures more than 10 °C

Метеостанция / Weather station	сумма эффективных температур более 10 °C / the sum of positive temperatures is more than 10 °C $\sum t$	радиационный баланс R / radiation balance, R	Испаряемость Eo / volatility Eo	Составляющие энергетических ресурсов / Components of energy resources		
				R (34 %)	Eo (30 %)	k (36 %)
Кулан / Kulan	3386	170,4	1051	1151,2	1015,8	1218,9
Тараз / Taraz	3492	173,9	1048	1187,2	1047,8	1257,1
Мерке / Mercke	3472	173,2	1041	1180,4	1041,6	1249,9
Жуалы / Jualy	2766	149,9	830	940,4	829,8	995,7

В этом плане большой интерес представляет так называемый радиационный коэффициент местности (K_{Rd}). Это отношение суммарного дефицита влажности воздуха за вегетационный период ($\sum d$) к радиационному показателю конкретной местности (R), которая в значительной степени отличается от показателя коэффициента водопотребления сельскохозяйственных культур (K_b) и наиболее точно указывает фактические величины водопотребления той или иной географической местности, коэффициент вариации составляет CV=8,2 %. Показатель радиационного коэффициента местности (K_{Rd}) с показателем суммы среднесуточных дефицитов влажности воздуха и радиационным показателем местности коррелируется прямолинейной зависимостью (таблица 3) [6, 7].

$$K_{Rd} = 21,64 - 0,004 \sum d; \quad K_{Rd} = 36,3 - 0,15R.$$

Таблица 3 – Расчет радиационного коэффициента местности

Table 3 – Calculation of the radiation coefficient of the area

№ п/п / P / p No	Метеостанция / Weather station	суммарный дефицит влажности воздуха за вегетационный период $\sum d$, мб / total deficit of air humidity $\sum d$, mb	радиационный показатель конкретной местности R, кДж/см ² / radiation balance of a specific area R, кДж/см ²	Показатель радиационного коэффициента местности KRd по дефициту / KRd of deficit air humidity	Показатель радиационного коэффициента местности KRd по R, кДж/см ² / KRd of radiation balance of a specific area R, кДж/см ²
1	Кордай / Kordai	2214	185,3	12,7	8,5
2	Акыр-тобе / Akyr-tobe	2560	176,2	11,4	9,8
3	Кулан / Kulan	2519	170,4	14,7	10,7
4	Тараз / Taraz	2309	173,9	11,5	10,2
5	Мерке / Mercke	2513	173,2	11,5	10,3
6	Жуалы / Jualy	2022	149,9	13,5	13,8

Среднее 13,7 10,5

Данные таблицы 3 свидетельствует, что расчеты показателя радиационного коэффициента местности по дефициту влажности воздуха составляют в среднем 13,7, а радиационному балансу – 10,5. Это, как свидетельствует расчеты, имеют невязку в размере 3,2, которые, по нашим предположениям, привели в течение многих лет к дефициту водных ресурсов.

Далее, приравнявая выше представленные уравнения, получим, что

$$\sum d = 37,5 R - 3665,$$

и основываясь на данных С. М. Алпатъева, можем выделить показатель суммарного водопотребления в новой редакции:

$$E = K_{Rd} (37,5 R - 3665);$$

Осредненные показатели суммарного водопотребления по метеостанциям Тараз, Мерке и Жуалы представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Расчет показателя суммарного водопотребления

Table 4 - Calculation of the indicator of total water consumption

№ п/п / P / p No	Метео- станция / Weather station	$\sum d$ по дан- ным метеостан- ции / total deficit of air hu- midity of the Weather station	$\sum d$ расчет- ная / $\sum d$ calcula- tion naya	радиационный показатель конкретной местности R, кДж/см ² / radiation bal- ance of a specif- ic area R, кДж/см ²	K_{Rd} расчи- танная по R расч. / K_{Rd} calcula- ted by R calc.	E опытные данные, мм / E experi- enced data, mm	E расчет- ная, мм / E calcula- tionnaya, mm
1	Тараз / Taraz	2309	2856,2	173,9	10,21	4626,0	2916,23
2	Мерке / Mercke	2513	2830	173,2	10,32	4523,0	2920,56
3	Жуалы / Jualy	2022	1956,2	149,9	13,8	3660,0	2699,62

Отсюда следует, что опытные данные суммарного водопотребления превысили расчетные соответственно на 1709,77; 1602,44; 960,38 мм, что, на наш взгляд, способствовало на протяжении многих лет усилению антропогенных процессов в орошаемом земледелии и истощению водных ресурсов в аридной зоне.

Выводы. В условиях засушливого климата и малоплодородных орошаемых землях для обеспечения высокой продуктивности поливного гектара следует оптимизировать режим водопотребления сельскохозяйственных культур на основе учета энергетических ресурсов.

Следовательно, необходимо разработать и внедрить ландшафтно-восстановительные системы земледелия, которые в условиях разнообразия природно-климатических и хозяйственных условий обеспечат получение стабильного урожая сельскохозяйственных культур и приумножение почвенного плодородия.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Азиева И. А. Коэффициенты водопотребления при выращивании роз в зимних теплицах Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (63). С. 61-71.
2. Ахмедов А. Д., Абдуова Р. Ю. Продуктивность использования влаги белокочанной капусты при орошении в Волго-Донском междуречье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 32-41.

3. Безбородов Ю. Г., Хожанов Н. Н., Ауганбаева Ж. С. Оценка продуктивности мелиоративных агроландшафтов Жамбылской области // Природообустройство. 2020. № 4. С. 22-27.
4. 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.
5. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов / В. В. Бородычев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 21-28.
6. Хожанов Н. Н., Турсынбаев Х. И. Методология расчета поливной нормы сельскохозяйственных культур // The Scientific Heritage. 2021. № 59. С. 51-54.
7. Хожанов Н. Н., Ержанова Н. К. Оптимизация оросительной нормы сельскохозяйственных культур // Водное хозяйство Казахстана. 2012. № 8-9 (46-47).
8. Хожанов Н. Н., Турсынбаев Х. И. Энергетические концепции развития системы земледелия. Известия Горского государственного университета. 2018. № 55 (ч.1). С. 20-26.
9. Штанько А. С., Шкура В. Н. Методика расчета поливных норм, обеспечивающих формирование заданных параметров увлажнения почв при капельном поливе // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 4 (32). С. 60-76. <http://www.rosniipm-sm.ru/archi-ve?n=567&id=571>.
10. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Zasimov A. E. Water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvium // RUDN journal of Agronomy and animal industries. 2018. V. 13. No 3. P. 185-193.
11. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. V. 341. 012105.
12. Khodiakov E. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia // E3S Web Conf. International Conference: Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic (EFSC2021). 2021. Volume 282.
13. Khozhanov N. N., Tursunbayev Kh. Methodology for calculating the irrigation rate of agricultural crops // The scientific heritage. 2021. V. 1. № 59.
14. 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.

Conclusion. This makes it necessary to review the structure of the placement of agricultural crops, depending on the radiation index of the absolute height of the terrain. In the long-term context, due to the irrational use of energy resources, the processes of anthropogenic desertification intensified, which sharply affected the gross yield and the sustainability of agricultural production.

In the arid climate and fertile irrigated lands to ensure high productivity of irrigated hectare should be optimized mode for irrigation of crops, methods, techniques and technologies of irrigation based on energy resources.

Develop and implement landscape restoration systems of agriculture, which, in the conditions of a variety of natural, climatic and economic conditions, ensure a stable crop yield and increase soil fertility.

Reference

1. Akhmedov A. D., Azieva I. A. Coefficients of water consumption when growing roses in winter greenhouses of the Lower Volga region // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2020. No. 3 (63). P. 61-71.
2. Akhmedov A. D., Abduova R. Yu. Productivity of using the moisture of white cabbage during irrigation in the Volga-Don interfluvium // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2021. No. 2 (62). P. 32-41.

3. Bezborodov Yu. G., Khozhanov N. N., Auganbaeva Zh. S. Evaluation of the productivity of ameliorative agricultural landscapes of the Zhambyl region // *Prirodobustroystvo*. 2020. No. 4. P. 22-27.
4. Borodychev V. V., Lytov M. N. Algorithm for solving problems of managing the water regime of the soil during irrigation of agricultural crops // *Melioration and water management*. 2015. No. 1. P. 8-11.
5. Optimal irrigation control based on modern computational algorithms / V. V. Borodychev [et al.] // *Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education*. 2015. No. 4 (40). P. 21-28.
6. Khozhanov N. N., Tursynbaev Kh. I. Methodology for calculating the irrigation rate for agricultural crops // *The Scientific Heritage*. 2021. No. 59. P. 51-54.
7. Khozhanov N. N., Erzhanova N. K. Optimization of the irrigation rate of agricultural crops // *Water management of Kazakhstan*. 2012. No. 8-9 (46-47).
8. Khozhanov N. N., Tursynbaev Kh. I. Energy concepts for the development of a farming system. *Bulletin of the Mountain State University*. 2018. No. 55 (part 1). P. 20-26.
9. Shtanko A. S., Shkura V. N. Methodology for calculating irrigation rates that ensure the formation of specified parameters of soil moisture during drip irrigation // *Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems*. 2018. No 4 (32). P. 60-76. <http://www.rosniipm-sm.ru/archi-ve?N=567&id=571>.
10. Akhmedov A. D., Dzhamaletdinova E. E., Zasimov A. E. Water-saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga-Don interfluvium // *RUDN journal of Agronomy and animal industries*. 2018. V. 13. No 3. P. 185-193.
11. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development*. 2019. V. 341. 012105.
12. Khodiakov E. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia // *E3S Web Conf. International Conference: Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic (EFSC2021)*. 2021. Volume 282.
13. Khozhanov N. N., Tursunbayev Kh. Methodology for calculating the irrigation rate of agricultural crops // *The scientific heritage*. 2021. V. 1. № 59.
14. 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.

Author's Information

Khozhanov Nietbay Nurzhanovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Melioration and Agronomy, Taraz Regional University named after M.Kh.Dulati, Taraz, Republic of Kazakhstan. khozhanov55@mail.ru

Информация об авторе

Хожанов Ниегбай Нуржанович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры «Мелиорация и агрономия» Таразского регионального университета имени М.Х.Дулати (г. Тараз, Республика Казахстан). khozhanov55@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-18

EVALUATION OF THE QUALITY OF THE NATURAL ENVIRONMENT BY FLUCTUATING ASYMMETRY OF LEAF BLADES OF SMALL-LEAVED ELM (*ULMUS PUMILA L.*) IN THE SETTLEMENT «OKTYABRSKY» OF KALACHEVSKY DISTRICT OF THE VOLGOGRAD REGION

L.S. Panchenko

Volgograd State Technical University, Volgograd

Received 09.04.2021

Submitted 30.08.2021

Summary

The article is devoted to the assessment of the quality of the natural environment by the method of fluctuating asymmetry of leaf blades of small-leaved elm (*Ulmus pumila L.*) in the settlement «Oktyabrsky» of the Kalachevsky district of the Volgograd region. The analysis of the de-

developmental stability of small-leaved elm (*Ulmus pumila* L.) in the settlement «Oktyabrsky» in comparison with the control area of the village «Buzinovka» of the Kalachevsky district of the Volgograd region. The issues of the environmental impact of the quality of the natural environment on the yield of agricultural crops are highlighted. The reasons for the unsatisfactory assessment of the quality of the natural environment in the settlement «Oktyabrsky» are indicated.

Abstract

Introduction. The relevance of this work lies in the fact that studies of the quality of the natural environment in the settlement «Oktyabrsky» of the Kalachevsky District of the Volgograd Region, have not been previously conducted. Residents live on the territory of this settlement, a kindergarten, a school, a clinic and military units are located. Fields of a farm where cereals are grown are adjacent to the settlement. The aim of the study was to assess the quality of the natural environment based on the fluctuating asymmetry of leaf blades of the small-leaved elm (*Ulmus pumila* L.) in the settlement «Oktyabrsky», as well as to analyze the factors that negatively affect the quality of the natural environment in the village with the aim of their further elimination.

Object. The object of the study was the leaf blades of the small-leaved elm (*Ulmus pumila* L.).

Materials and methods. The material of the study was the collection of the leaves of the small-leaved Elm (*Ulmus pumila* L.), carried out at the end of September 2020 in two settlements of the Kalachevsky district of the Volgograd region: the settlement «Oktyabrsky» and the village «Buzinovka». The natural environment of these villages differs in terms of the level of anthropogenic impact, therefore, the natural environment of the village «Buzinovka» was assessed as a control one. The assessment of the quality of the natural environment by the fluctuating asymmetry of the leaf blades of the small-leaved elm (*Ulmus pumila* L.) was carried out according to the method of V.M. Zakharova (1986). **Results and conclusions.** As a result of the research, the nature of the fluctuating asymmetry of the leaf blades of the small-leaved elm (*Ulmus pumila* L.) in the territories of the settlement «Oktyabrsky» and the village «Buzinovka» of the Kalachevsky district of the Volgograd region. It was found that on the control plot of the territory of the village «Buzinovka», the integral index of fluctuating asymmetry of leaf blades of small-leaved elm (*Ulmus pumila* L.) is 0.033, which, in accordance with the table compiled by V.M. Zakharov (2000), is considered a conditional norm and is observed in samples of leaf blades of plants growing in favorable natural conditions. A higher value of the integral index of fluctuating asymmetry of leaf blades of small-leaved elm (*Ulmus pumila* L.) was determined in the investigated territory of the settlement «Oktyabrsky». This value is 0.127, which, according to the table compiled by V.M. Zakharov, is assessed as critical. Such values of fluctuating asymmetry of leaf blades are characteristic of plants growing in extremely unfavorable conditions. At the same time, the plants are in a depressed state. Comparison of integral indicators of fluctuating asymmetry of leaf blades of small-leaved elm (*Ulmus pumila* L.) of two study sites made it possible to establish significant differences, expressed in an increase in this indicator by 3.8 times in the settlement «Oktyabrsky» as compared with the village «Buzinovka». Thus, using the method of fluctuating asymmetry of leaf blades of small-leaved elm (*Ulmus pumila* L.), the state of the natural environment in the settlement «Oktyabrsky» was characterized as critical, which is associated with a high anthropogenic load.

Key words: bioindication, bioindicators, fluctuating asymmetry, bilateral symmetry, developmental stability, morphogenetic homeostasis, phenotypic variability.

Citation. Panchenko L. S. Evaluation of the quality of the natural environment by fluctuating asymmetry of leaf blades of small-leaved elm (*Ulmus Pumila* L.) in the settlement «Oktyabrsky» of Kalachevsky district of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3 (63). 181-190 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-18.

Conflict of interest. The author declares no conflicts of interest.

УДК 502.211:582

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПО ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК ВЯЗА МЕЛКОЛИСТНОГО (*ULMUS PUMILA L.*) В П. ОКТЯБРЬСКИЙ КАЛАЧЕВСКОГО РАЙОНА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Л. С. Панченко, старший преподаватель

Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград.

Received 09.04.2021

Submitted 30.08.2021

Актуальность. Актуальность данной работы заключается в том, что исследования качества природной среды в п. Октябрьский Калачевского района Волгоградской области ранее не проводились. На территории этого поселка проживают жители, расположены детский сад, школа, поликлиника и воинские части. Вплотную к поселку примыкают поля фермерского хозяйства, на которых выращивают злаковые культуры. **Цель.** Целью исследования являлась оценка качества природной среды по флуктуирующей асимметрии листовых пластинок вяза мелколистного (*Ulmus pumila L.*) в п. Октябрьский, а также анализ факторов, негативно влияющих на качество природной среды в поселке, с целью их дальнейшего устранения. **Объект.** Объектом исследования являлись листовые пластинки вяза мелколистного (*Ulmus pumila L.*). **Материалы и методы.** Материалом исследования явились сборы листьев вяза мелколистного (*Ulmus pumila L.*), проведенные в конце сентября 2020 года в двух населённых пунктах Калачевского района Волгоградской области: п. Октябрьский и с. Бузиновка. Природная среда этих посёлков различается по уровню антропогенного воздействия, поэтому природная среда с. Бузиновка оценивалась в качестве контрольной. Оценка качества природной среды по флуктуирующей асимметрии листовых пластинок вяза мелколистного (*Ulmus pumila L.*) проведена по методике В.М. Захарова (1986). **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований изучен характер флуктуирующей асимметрии листовых пластинок вяза мелколистного (*Ulmus pumila L.*) на территориях п. Октябрьский и с. Бузиновка Калачевского района Волгоградской области. Установлено, что на контрольном участке территории с. Бузиновка интегральный показатель флуктуирующей асимметрии листовых пластинок вяза мелколистного (*Ulmus pumila L.*) составляет 0,033, что в соответствии с таблицей, составленной В.М. Захаровым (2000), считается условной нормой и наблюдается в выборках листовых пластинок растений, произрастающих в благоприятных природных условиях. Более высокая величина интегрального показателя флуктуирующей асимметрии листовых пластинок Вяза мелколистного (*Ulmus pumila L.*) определена на исследованной территории п. Октябрьский. Эта величина составляет 0,127, что согласно таблице, составленной В.М. Захаровым, оценивается как критическое значение. Такие величины флуктуирующей асимметрии листовых пластинок характерны для растений, произрастающих в крайне неблагоприятных условиях. При этом растения находятся в угнетённом состоянии. Сопоставление интегральных показателей флуктуирующей асимметрии листовых пластинок вяза мелколистного (*Ulmus pumila L.*) двух мест исследования позволило установить достоверные различия, выраженные в увеличении этого показателя в 3,8 раза в п. Октябрьский по сравнению с с. Бузиновка. Таким образом, методом флуктуирующей асимметрии листовых пластинок вяза мелколистного (*Ulmus pumila L.*) охарактеризовано состояние природной среды в п. Октябрьский как критическое, что связано с высокой антропогенной нагрузкой.

Ключевые слова: биоиндикация, биоиндикаторы, флуктуирующая асимметрия, билатеральная симметрия, экосистемы, фитоценозы.

Цитирование. Панченко Л. С. Оценка качества природной среды по флуктуирующей асимметрии листовых пластинок Вяза мелколистного (*Ulmus pumila L.*) в п. Октябрьский Калачевского района Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 181-190. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-18.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последнее время общество чаще и полнее использует в своей деятельности сведения о качестве природной среды. Эта информация необходима в повседневной жизни людей для сохранения здоровья, ведения промышленного и сельского хозяйства, для контроля природных явлений. Для выявления изменений в природе возникла необходимость в постоянном наблюдении за её состоянием. Необходимость в экологическом мониторинге возникла в связи с ухудшением качества природной среды в национальном и международном масштабах. Цель экологического мониторинга: информационное обеспечение управления природоохранной деятельностью и экологической безопасностью. Для оценки и прогнозирования экологического состояния природной среды, наряду с другими методами, широко используется биологический мониторинг. Биологический мониторинг является наиболее надежным, так как биоиндикаторы – это природные индикаторы, которые в процессе длительного эволюционного развития приобрели способность адаптироваться к определенному состоянию экологических систем. Малейшие изменения в звеньях сложных цепей экологических систем в природе приводят к изменениям в структуре и физиологии биоиндикаторов, которые фиксируются доступными способами. В. М. Захаров считает, что среди биоиндикаторов растения объективнее фиксируют изменения, происходящие в природе, по сравнению с животными, так как они одновременно поглощают вещества из воздуха для фотосинтеза и из почвы в процессе питания [1]. Известный американский ученый Ю. Одум считал, что древесные растения являются более точными биоиндикаторами, чем травянистые растения. Это связано, по его мнению, с тем, что физиологические процессы в травянистых растениях протекают быстрее, чем в древесных растениях, поэтому по исследованиям состояния мелких растительных объектов нельзя объективно оценить качество природной среды за длительный промежуток времени [1]. С. Ю. Шаркова и Е. В. Надежкина указывают на то, что по качественным изменениям листьев древесных растений можно сделать анализ экологического состояния природной среды городов и поселков городского типа. Они считают, что индикатором для первичной оценки загрязнения фитоценозов кислотными выбросами может служить асимметрия пластинок листьев широколиственных пород деревьев. Флуктуирующая асимметрия листовой пластинки является незначительным отклонением от её билатеральной симметрии под воздействием изменившихся факторов природной среды. Билатеральная симметрия – это «симметрия листка», т.е. симметрия с одной плоскостью. Этот вид симметрии возник в процессе эволюционного развития природы у организмов и органов, которые растут и передвигаются горизонтально и наклонно по отношению к земной поверхности. При изменении условий природной среды происходит нарушение билатеральной симметрии листьев растений – асимметрия. Незначительные отклонения от билатеральной симметрии листовой пластинки представляют собой флуктуирующую асимметрию. Показатели флуктуирующей асимметрии листовых пластинок растений позволяют сделать анализ экологического состояния исследуемой территории. Метод оценки качества природной среды по показателям флуктуирующей асимметрии листовых пластинок растений на данный момент является приоритетным, так как не требует больших финансовых затрат при его использовании и анализе, а также является достаточно достоверным.

Сельское хозяйство – один из древнейших и распространенных видов человеческой деятельности. Экологические факторы природной среды оказывают непосредственное влияние на качественные и количественные показатели урожая. Они могут оказывать отрицательное воздействие на качество урожая возделываемых человеком сельскохозяйственных культур в условиях интенсивной урбанизации и загрязняющего воздействия сельскохозяйственного производства на окружающую среду. В этих условиях необходима оценка качества природной среды комплексом методов, среди которых первостепенное значение отводится биоиндикации.

Материалы и методы. Материалом исследования стали сборы листьев вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.), проведенные в конце сентября 2020 года в двух населенных пунктах Калачевского района Волгоградской области: с. Бузиновка и п. Октябрьский, которые различаются по уровню антропогенного воздействия на состояние природной среды. Места исследования удалены друг от друга на расстояние около 25 км (рисунок 1).



Рисунок 1 – Географическое положение мест исследования

Figure 1 – Geographical location of the study sites

Бузиновка – село в Калачевском районе, административный центр Бузиновского сельского поселения. Основан в XIX веке как поселок Царицынский. Протяженность с запада на восток составляет 2 км 664 м. Село расположено в 55 километрах от г. Калач-на-Дону. Село расположено в степной зоне. Распространены каштановые почвы.

Климат засушливый. Среди древесной растительности распространен вяз мелколистный (*Ulmus pumila* L.), лиственное дерево семейства вязовых.

Рядом с селом протекает река Донская Царица, которая является левым притоком Дона. Длина реки Донская Царица на протяжении Бузиновского административного центра составляет 15,6 км. Берега в селе пустынные, за селом озеленены рогозом мелколистным.

На территории этого села расположены поля, зернохранилища и сельскохозяйственная техника нескольких мелких крестьянско-фермерских хозяйств. Село удалено от промышленных предприятий, крупных автомагистралей.

Октябрьский – поселок городского типа Калачевского района Волгоградской области, военный городок гарнизона Мариновка. Рядом находится шлюз Волго-Донского канала, ветка железнодорожного пути Карповская – Ложки, рядом с поселком проходит автомобильная дорога областного значения.

На территории п. Октябрьский находится военный аэродром, т.к. она является учебной базой летных училищ.

Вяз мелколистный, или приземистый (*Ulmus pumila* L.) – лиственное дерево, вид рода вяз (*Ulmus*), семейства вязовые (*Ulmaceae*). Средняя продолжительность жизни вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.) составляет 35-55 лет. Этот вид древесной растительности за указанный промежуток времени вырастает до немалых размеров.

Вяз мелколистный (*Ulmus pumila* L.) является господствующим среди древесно-кустарниковых насаждений на исследуемых территориях. Средний возраст деревьев составляет 10-15 лет. Средняя высота деревьев – 7-12 метров. На 1 га произрастает в среднем до 30 деревьев.

В ходе исследования использовала различные методы: сбор материала, измерение метрических признаков, изучение флуктуирующей асимметрии и вычисление показателей асимметрии, статистическую обработку материала.

Листья вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.) собирала в конце сентября 2020 года после завершения их интенсивного роста. Для исследования были отобраны деревья среднего возраста. Листья собирала с десяти деревьев, расположенных близко друг от друга. С каждого дерева собирала по десять листьев. Всего с одной площадки было собрано сто листьев. Для сбора листьев использовала только нижнюю часть кроны, с которой отбирала листья средних размеров.

Для оценки стабильности развития вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.) были определены размеры листовых пластинок. Для каждой листовой пластинки ($i=1,2...n$, номер листа) брала промеры 5-ти стандартных метрических билатеральных признаков ($j=1,2...m$, номер признака): ширина листа (первый показатель); длина второй жилки второго порядка (второй показатель); расстояние между основаниями второй и третьей жилок второго порядка (третий показатель); расстояние между вершинами второй и третьей жилок второго порядка (четвертый показатель); угол между центральной и второй жилками второго порядка (пятый показатель) (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема морфологических признаков, использованных для оценки стабильности развития вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.):

- 1 – ширина листа; 2 – длина второй жилки второго порядка;
- 3 – расстояние между основаниями второй и третьей жилок второго порядка;
- 4 – расстояние между вершинами второй и третьей жилок второго порядка;
- 5 – угол между центральной и второй жилками второго порядка

Figure 2 – Scheme of morphological features used to asses the stability of the development of small – leaved Elm (*Ulmus pumila* L.):

- 1 – sheet width; 2 – the length of the second vein of the second order;
- 3 – the distance between the bases of the second and third veins of the second order;
- 4 – the distance between the vertices of the second and third veins of the second order;
- 5 – the angle between the central and second veins of the second oeder

Промеры производились с правой и левой сторон листовой пластинки. Промеры выполняла линейкой с точностью до 0,5 мм. Угол между жилками измеряла транспортиром. Интерес представляют не абсолютные показатели, а разница между ними справа и слева.

Статистическую значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности развития определяла по критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Достоверным и простым методом оценки состояния окружающей среды является определение стабильности развития живых организмов, которая показывает способность организмов к минимизации случайных нарушений развития.

Оценка природной среды на территории с. Бузиновка и п. Октябрьский проведена по состоянию листьев наиболее распространённого на этих территориях древесного растения вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.). Используя методику флуктуирующей асимметрии, определяла характер изменчивости 5-ти билатеральных признаков: ширина листа, длина второй жилки второго порядка, расстояние между основаниями второй и третьей жилок второго порядка, расстояние между вершинами второй и третьей жилок второго порядка, угол между центральной и второй жилками второго порядка.

Как видно из таблицы 1, изучение изменчивости листьев вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.) выявило нарушение симметрии билатеральных признаков. Степень асимметрии признаков разная. Наиболее выражена асимметрия в расстоянии между основаниями второй и третьей жилок второго порядка, в расстоянии между вершинами этих жилок. Минимальная асимметрия у пятого показателя – угла между центральной и второй жилкой второго порядка. Сравнение средних значений асимметрии листьев вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.) выявило различия между растениями исследуемых территорий. По 3-м признакам: ширине листа, расстоянию между основаниями второй и третьей жилок второго порядка, углу между центральной и второй жилками второго порядка – асимметрия достоверно выше у листьев вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.) в п. Октябрьский.

Таблица 1 – Показатели стабильности развития вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.) по пяти признакам в местах исследования

Table 1 – Indicators of the stability of the development of small – leaved Elm (*Ulmus pumila* L.) by signs in study sites

Места исследования / Research sites	Показатель/ Indicator	1 при- знак / 1 sign	2 при- знак / 2 sign	3 при- знак / 3 sign	4 при- знак / 4 sign	5 при- знак / 5 sign
с. Бузи- новка / s. Buzi- novka	Средняя частота прояв- ления асимметрии при- знака / Average frequen- cy of occurrence of fea- ture asymmetry	0,0197 ±0,005	0,0250 ±0,016	0,0442 ±0,004	0,0273 ±0,084	0,0086 ±0,007
	Интегральный показа- тель / Integral indicator	0,01968	0,0245	0,04417	0,02731	0,00858
п. Октябрь- ский / p. Oktyabr- sky	Средняя частота прояв- ления асимметрии при- знака / Average frequen- cy of occurrence of fea- ture asymmetry	0,1253 ±0,006	0,0928 ±0,098	0,3193 ±0,008	0,1315 ±0,014	0,0506 ±0,003
	Интегральный показа- тель / Integral indicator	0,1254	0,0929	0,3209	0,13147	0,0508
	t	13,508	0,683	30,910	1,224	5,514

В ходе исследования вычислила средние проявления асимметрии каждого признака, показатель асимметрии для каждого листа, интегральный показатель стабильности развития для каждого места исследования.

Таблица 2 – Общие показатели стабильности развития вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.) в местах исследования

Table 2 – Common indicators of the stability of the development of small-leaved Elm (*Ulmus pumila* L.) in the study sites

Места исследования / Research sites	Средняя частота проявления асимметрии на признак / The average frequency of asymmetries on the basis	Интегральный показатель / Integral indicator	t
с. Бузиновка / s. Buzinovka	0,0329±0,004	0.033	8.1
п. Октябрьский / p. Oktyabrsky	0,1265±0,011	0,127	

Сопоставление интегральных показателей с пятибалльной шкалой оценки отклонений состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя асимметрии билатеральных признаков вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.) двух мест исследования позволило установить достоверные различия (таблица 3).

Таблица 3 – Пятибалльная шкала оценки отклонения состояния организма от условной нормы по величине интегрального показателя стабильности развития для Березы повислой (*Betula pendula*) (по В. М. Захарову, 2000)

Table 3 – A five – point scale for assessing deviations of the state of the body from the conditional norm by the value of the integral indicaton of development stability for the hanging bitch (*Betula pendula*) (by V. M. Zaharovu, 2000)

Балл / Score	Величина показателя стабильности развития / The value of the indicator of development stability
I	<0,040
II	0,040 – 0,044
III	0,045 – 0,049
IV	0,050 – 0,054
V	>0,054

Примечание / Note. I балл – условная норма / I score – conditional norm; II балл – слабое влияние неблагоприятных факторов среды / II score – wear influence of adverse environmental; III, IV баллы – загрязненные районы / III, IV scores – polluted areas;

V балл – критическое значение показателя / V score – critical value of the indicator.

Меньший показатель отмечен у вязов с. Бузиновки. У вязов п. Октябрьский интегральный показатель в 3,8 раза выше.

Результаты исследования природной среды методом флуктуирующей асимметрии показывают, что деревья вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.) испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов на территории с. Бузиновки и угнетающее влияние на территории п. Октябрьский.

Выводы. Методом изучения флуктуирующей асимметрии листьев вяза мелколистного (*Ulmus pumila* L.) установлено, что экологическое состояние природной среды в с. Бузиновка соответствует показателям нормы. Состояние природной среды в п. Октябрьский является критическим, что связано, возможно, с высокой антропогенной нагрузкой.

Библиографический список

1. Ашихмина Т. Я. Разработка методов биологического мониторинга техногенных территорий // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2013. № 1. С. 29-35.

2. Божко Г. Г., Масленникова Л. А., Гончарова Т. А. Наличие флуктуирующей асимметрии и свинца в листьях Березы манджурской // Успехи современного естествознания. 2015. № 9-2. С. 290-292.
3. Зорина А. А. Оценка флуктуирующей асимметрии на основе нормированного отклонения // Принципы экологии. 2013. Т. 2. № 1. С. 69-72.
4. Зорина А. А. Формирование флуктуирующей асимметрии в процессе индивидуального развития *Betula pendula* // Принципы экологии. 2014. № 4. С. 31-52.
5. Зорина А. А. Техногенная и широтная изменчивость величины асимметрии Березы повислой и пушистой // Проблемы региональной экологии. 2019. № 1. С. 21-29.
6. Зорина А. А. Системное исследование экологического понятия // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: «Естественные и технические науки». 2019. № 3. С. 31-36.
7. Кабашникова Л. Ф. Преиминг защитных реакций в растениях при патогенезе: приобретённый иммунитет // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2020. № 4. С. 19-29.
8. Козлов М. В. Исследования флуктуирующей асимметрии растений в России: мифология и методология // Экология. 2017. № 1. С. 3-12.
9. Малащенко В. В., Старшикова Л. В., Гайдученко Е. С. Стабильность развития *Betula pendula* Roth в урбоэкосистемах Гомельского Поселья // Вестник МДПУ им. И. П. Шамякина. 2013. № 2 (39). С. 19-26.
10. Попельницкая И. М., Попов А. О. Флуктуирующая асимметрия листьев Тополя бальзамического (*Populus Balsamifera* L) в городской среде // Успехи современного естествознания. 2017. № 12. С. 72-78.
11. Рунова Е. М., Гнаткович П. С. Экологическая оценка рекреационных зон города Братска методом флуктуирующей асимметрии Березы повислой // Фундаментальные науки. 2013. № 11. С. 223-227.
12. Савельева Н. А., Белова Е. Е., Первова Н. Е. Оценка влияния ионов свинца и кадмия на флуктуирующую асимметрию Фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) // Вестник МГУ. Серия 17: Почвоведение. 2013. № 4. С. 50-52.
13. Собчак Р. О., Афанасьева Т. Г., Копылов М. А. Оценка экологического состояния реакционных зон методом флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 368. С. 195-199.
14. Стабильность развития Рябины обыкновенной в условиях Красноярского края / А. Н. Слепов, А. Н. Лагунов, И. С. Коротченко [и др.] // Успехи современного естествознания. 2018. № 12. Ч. 1. С. 104-110.
15. Шушунова Т. Н. Социально-экологические проблемы устойчивого развития // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2020. – № 1. С. 4-12.

Conclusions. By studying the fluctuating asymmetry of the leaves of the Chinese Elm (*Ulmus pumila* L.), it was found that the ecological state of the natural environment in the village of Buzinovka complies with the norm. The state of the natural environment in the village Oktyabr'skij is critical, which might be due to a high anthropogenic impact.

References

1. Ashihmina T. Ya. Razrabotka metodov biologicheskogo monitoringa tehnogennyh territorij // Ispolzovanie i ohrana prirodnih resursov v Rossii. 2013. № 1. P. 29-35.
2. Bozhko G. G., Maslennikova L. A., Goncharova T. A. Nalichie fluktuiruyushej asimmetrii i svinca v list'yah Berezy mandzhurskoj // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2015. № 9-2. P. 290-292.
3. Zorina A. A. Ocenka fluktuiruyushej asimmetrii na osnove normirovannogo otkloneniya // Principy jekologii. 2013. V. 2. № 1. P. 69-72.
4. Zorina A. A. Formirovanie fluktuiruyushej asimmetrii v processe individual'nogo razvitiya *Betula pendula* // Principy jekologii. 2014. № 4. P. 31-52.

5. Zorina A. A. Tehnogennaya i shirotnaya izmenchivost' velichiny asimmetrii Berezy povisloj i pushistoj // Problemy regional'noj jekologii. 2019. № 1. P. 21-29.
6. Zorina A. A. Sistemnoe issledovanie jekologicheskogo ponyatiya // Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: "Estestvennye i tehicheskie nauki". 2019. № 3. P. 31-36.
7. Kabashnikova L. F. Prejming zaschitnyh reakcij v rasteniyah pri patogeneze: priobretjonnyj immunitet // Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Jekologiya. 2020. № 4. P. 19-29.
8. Kozlov M. V. Issledovaniya fluktuiruyushej asimmetrii rastenij v Rossii: mifologiya i metodologiya // Jekologiya. 2017. № 1. P. 3-12.
9. Malaschenko V. V., Starshikova L. V., Gajduchenko E. S. Stabil'nost' razvitiya Betula pendula Roth v urbojekosistemah Gomel'skogo Posel'ya // Vestnik MDPU im. I. P. Shamyakina. 2013. № 2 (39). P. 19-26.
10. Popel'nickaya I. M., Popov A. O. Fluktuiruyuschaya asimmetriya list'ev Topolya bal'zamicheskogo (Populus Balsamifera L) v gorodskoj srede // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. № 12. P. 72-78.
11. Runova E. M., Gnatkovich P. S. Jekologicheskaya ocenka rekreacionnyh zon goroda Bratska metodom fluktuiruyushej asimmetrii Berezy povisloj // Fundamental'nye nauki. 2013. № 11. P. 223-227.
12. Savel'eva N. A., Belova E. E., Pervova N. E. Ocenka vliyaniya ionov svinca i kadmiya na fluktuiruyuschuyu asimmetriyu Fasoli obyknovennoj (Phaseolus vulgaris L.) // Vestnik MGU. Seriya 17: Pochvovedenie. 2013. № 4. P. 50-52.
13. Sobchak R. O., Afanas'eva T. G., Kopylov M. A. Ocenka jekologicheskogo sostoyaniya reakcionnyh zon metodom fluktuiruyushej asimmetrii list'ev Betula pendula Roth // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. 2013. № 368. P. 195-199.
14. Stabil'nost' razvitiya Ryabiny obyknovennoj v usloviyah Krasnoyarskogo kraja / A. N. Slepov, A. N. Lagunov, I. S. Korotchenko [i dr.] // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2018. № 12. Ch. 1. P. 104-110.
15. Shushunova T. N. Social'no-jekologicheskie problemy ustojchivogo razvitiya // Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Jekologiya. 2020. - № 1. P. 4-12.

Author's Information

Panchenko Lidiya Sergeevna, a senior lecturer of the Russian language subdepartment of the Department for Training Foreign Specialists, Volgograd State Technical University. 400005, Volgograd, Lenin Avenue, 28. E-mail: q9053959452@yandex.ru, mobile 89053959452.

Информация об авторе.

Панченко Лидия Сергеевна, старший преподаватель кафедры русского языка факультета подготовки иностранных специалистов Волгоградского государственного технического университета. (400005, г. Волгоград, пр. Ленина, д. 28). E-mail: q9053959452@yandex.ru, т. 89053959452.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-19

ASSESSMENT OF YIELD AND ADAPTABILITY OF LARGE FRUITED TOMATOES WITH DIFFERENT COLORS UNDER THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

Keegoui Gertrude, S.V. Zaytsev

Federal State Budget Scientific Institution

«Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region

Received 27.06.2021

Submitted 20.08.2021

Summary

The results of comparative evaluation of large fruited tomato varieties and hybrids with different fruits colors during their cultivation in the Lower Volga region are given. Based on the studied research and the obtained experimental material from the varieties and hybrids, the most promising, highly productive and adapted to the conditions of cultivation are distinguished. The results of the study revealed

that the following varieties and hybrids of large fruited tomatoes are the most promising in the studied conditions: Sahara brown, Black Marquise (for the brown colors), Sahara F₁, Honey Domes F₁, Firebird F₁ (yellow colors), Bourgeois F₁, Tamuz F₁ (red colors), CA-911 F₁, Bokele F₁ (pink colors), Emerald Apple, Roma Baba (green colors) with yield 76.7...133.0 t/ha, high adaptability, stress tolerance and plasticity.

Abstract

Introduction. Traditional tomatoes with a red color of fruit are familiar to consumers, but tomatoes with an unusual color have recently become more and more in demand, as they have a varied taste depending on the color and valuable biologically active substances. The industrial cultivation of large-fruited tomatoes, including those with various colors, in Russia is mainly engaged in warm conditions, which is quite expensive, due to the natural and climatic features. In the conditions of the Lower Volga region, tomatoes are cultivated mainly in the open field, which is several times cheaper and more cost-effective. But, in order to obtain high yields of large-fruited tomatoes with different fruit colors, it is necessary to select and introduce into production highly productive varieties and hybrids adapted to the growing conditions. **Object.** The article presents the results of three-year research of a collection of large-fruited tomatoes with different fruit colors under drip irrigation conditions. **Materials and methods.** Based on the obtained harvest data for 2018-2020. The coefficients of adaptability and plasticity were calculated, the stress resistance of the studied varieties and hybrids of tomatoes cultivated in the conditions of light chestnut soils of the Lower Volga region with drip irrigation was established. **Results and conclusions.** As a result of a comprehensive assessment of the collection of large-fruited tomatoes, promising varieties and hybrids were identified: with brown fruit color - Brown sugar, Black marquise, with yellow fruit color - Sahara F₁, Honey domes F₁, Firebird F₁, with red fruit color - Bourgeois F₁, Tamuz F₁, with pink fruit color - CA-911 F₁, Bokele F₁, with green fruit color - Emerald Apple, Rum Baba, showing stable yields from 76.7 to 133.0 t / ha, with high adaptability 1.16 ... 1, 72, stress resistance -1.7 ... -6.0 and plasticity 1.04 ... 1.72.

Key words: tomato, variety, hybrid, different colors of fruits, irrigation, adaptability, productivity.

Citation. Keegoui Gertrude, Zaitsev S. V. Assessment of yield and adaptability of large fruited tomatoes with different colors under the conditions of the lower volga region *Proc. of the Lower Volga Agro University Comp.* 2021. 3(63). 190-199 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-19.

Author's contribution. All authors of the study were directly involved in the implementation and analysis of this experiment. The results obtained during the experiment were also used in writing Kigowi Gertrude's Ph.D. thesis. The authors of this article have read and approved the submitted final version.

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

УДК 635.64

ОЦЕНКА УРОЖАЙНОСТИ И АДАПТИВНОСТИ КРУПНОПЛОДНЫХ ТОМАТОВ С РАЗЛИЧНОЙ ОКРАСКОЙ ПЛОДОВ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Кигоуи Гертруде, аспирант
С. В. Зайцев, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 27.06.2021

Дата принятия к печати 20.08.2021

Актуальность. Традиционные томаты с красной окраской плодов привычны для потребителей, но в последнее время томаты с необычной окраской становятся все более востребованными, так как в зависимости от окраски имеют разнообразный вкус и ценные биологически активные вещества. Производственным выращиванием крупноплодных томатов, в том числе с различной

окраской, в России занимаются, в основном в условиях теплиц, что достаточно дорого из-за природно-климатических особенностей. В условиях Нижнего Поволжья томаты возделываются в основном в открытом грунте, что в разы дешевле и экономически эффективнее. Но для получения высоких урожаев крупноплодных томатов с различной окраской плодов необходимо подбирать и внедрять в производство высокопродуктивные, адаптированные к условиям возделывания сорта и гибриды. **Объект.** В статье приведены результаты трехлетних исследований коллекции крупноплодных томатов с различной окраской плодов в условиях капельного орошения. **Материалы и методы.** На основании полученных урожайных данных за 2018-2020 гг. были рассчитаны коэффициенты адаптивности и пластичности, установлена стрессоустойчивость изучаемых сортов и гибридов томатов, возделываемых в условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья при капельном орошении. **Результаты и выводы.** В результате комплексной оценки коллекции крупноплодных томатов были выделены перспективные сорта и гибриды: с коричневой окраской плодов – Сахар коричневый, Черная маркиза; с желтой окраской плодов – Сахара F₁, Медовые купола F₁, Жар-птица F₁; с красной окраской плодов – Буржуй F₁, Тамуз F₁; с розовой окраской плодов – СА-911 F₁, Бокеле F₁; с зеленой окраской плодов – Изумрудное яблоко, Ромовая баба. Они показывают стабильные по годам урожаи – от 76,7 до 133,0 т/га, обладают высокой адаптивностью – 1,16...1,72, стрессоустойчивостью – -1,7...-6,0 и пластичностью – 1,04...1,72.

Ключевые слова: сорта томатов, гибриды томатов, окраска плодов томата, орошение томатов, адаптивность томатов, урожайность томатов.

Цитирование. Кигуи Гертруде, Зайцев С. В. Оценка урожайности и адаптивности крупноплодных томатов с различной окраской плодов в условиях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 190-199. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-19.

Авторский вклад. Все авторы исследования принимали непосредственное участие в выполнении и анализе данного эксперимента. Результаты, полученные в ходе эксперимента, были также использованы при написании кандидатской диссертации Кигуи Гертруде. Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Томат – одна из любимых овощных культур в мире. Площади, занятые под возделывание томатов, составляют в мире свыше 4,7 млн га, а средняя урожайность варьирует на уровне 3,83 кг/м².

Сложившиеся природно-климатические условия территории Нижнего Поволжья (обеспеченность теплом, световой солнечной энергией) являются оптимальными для возделывания томатов, преимущественно в открытом грунте [5].

Потребителям хорошо известны и привычны томаты с красной окраской плодов, но за счет вариации пигментов они могут быть желтыми, розовыми, коричневыми, зелеными, оранжевыми, фиолетовыми [8, 11].

Нетрадиционная окраска томатов в последнее время стала более востребованной. Различная окраска томатов сигнализирует о наличии специфических ценных биологически активных веществ. Так, например, томаты с черной и фиолетовой окраской плодов содержат антоцианы, которые способны защищать организм человека от болезней сердца, диабета, ожирения, а также улучшают зрение. Оранжевая окраска плодов томатов сигнализирует о наличии бета-каротина и проликопина, защищающих человека от канцерогенного воздействия свободных радикалов [1, 6, 7, 10, 15].

Проведенные по всему миру исследования доказали, что добиться высокой эффективности в отрасли овощеводства невозможно без современных научно-обоснованных технологий. В первую очередь необходимо подбирать сорта и гибриды, которые наиболее адаптированы к условиям произрастания [4].

Внедряя в производство новые сорта и гибриды томатов, необходимо оценить их реакции на факторы внешней среды, что является основным критерием изучения адаптивности сортов [2, 16].

Поэтому изучение и подбор различных сортов и гибридов крупноплодных томатов с различной окраской плодов для возделывания в жестких условиях открытого грунта жаркого климата юга России является весьма актуальным.

Целью проведенных исследований являлось изучение при возделывании на капельном орошении и подбор для почвенно-климатических условий Нижнего Поволжья сортов и гибридов крупноплодных томатов с различной окраской плодов.

Материалы и методы. Закладку опыта проводили согласно методике опытного дела (Б.А. Доспехов, 1985) в течение 2018-2020 годов на опытных полях Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН, расположенного в засушливых условиях южной России (42°58' N, 47°28' E), Астраханской области. Климат региона резко континентальный, острозасушливый. Годовое колебание температур воздуха от 75 до 86 °С. Сумма активных температур воздуха – 3370-3500 °С в год. Почвы опытного участка светло-каштановые, суглинистые, солонцеватые, без наличия пятен солонцов. Содержание гумуса – 1,1 %, pH – 6,7...7,2, содержание NO₃ – 0,47, P₂O₅ – 2,29 и K₂O – 25,03 мг на 100 грамм почвы.

Объектом исследования являлись 40 сортов и гибридов крупноплодных томатов, имеющих коричневую, красную, желтую, розовую и зеленую окраски плодов. За стандарты были взяты районированные сорта – Черный принц St, Руслан St, Волгоградский 5/95 St, Дикая роза St, Изумрудный штамбовый St.

В рамках поставленного опыта было проведено изучение коллекции томатов и выделение адаптированных и высокопродуктивных сортов и гибридов. Опыт однофакторный, повторность четырехкратная, площадь опытного участка – 1600 м², площадь опытной делянки – 40 м². Высадку рассады в открытый грунт проводили в возрасте 35-40 суток. Схема посадки – 1,4х0,40 м, густота стояния – 17,8 тыс./га. Закладка опыта, учеты и наблюдения проводились согласно общепринятым методикам. Полив опытного участка осуществлялся через систему капельного орошения.

Адаптивность изучаемых сортов и гибридов проводили по методическим рекомендациям Л. А. Животкова и др. (1994).

Стрессоустойчивость и компенсаторная способность сортов определялись по А. А. Rossielle и S. Hemblin (1981) в изложении А. А. Гончаренко (2005).

$$\text{Устойчивость к стрессу} = Y_{\min} - Y_{\max} \quad (1)$$

$$\text{Компенсаторная способность} = \frac{Y_{\min} + Y_{\max}}{2}, \quad (2)$$

где $Y_{\min}$ и $Y_{\max}$ – минимальная и максимальная урожайность сорта [14].

Вычисление среднего индекса экологической пластичности (ИЭП) по методу А.А. Грязнова (1996) по формуле:

$$\text{ИЭП} = \left(\frac{YC_1}{CYO_1} + \frac{YC_2}{CYO_2} + \dots + \frac{YC_n}{CYO_n} \right) \div n, \quad (3)$$

где YC_1, YC_2, YC_n – урожайность сорта/гибрида в разные годы; CYO_1, CYO_2, CYO_n – средняя урожайность сортов/гибридов в каждом из вариантов опыта.

Чем выше показатель ИЭП, тем более пластичен сорт/гибрид.

Также были проведены расчеты по индексам стабильности урожая (YSI) и восприимчивости к стрессу (SSPI), которые показывают насколько урожайность сортов стабильна в исследуемых условиях и насколько сорт/гибрид восприимчив к стрессам:

$$YSI = \frac{Y_{\min}}{Y_{\max}} [9] \quad (4)$$

$$SSPI = \left[\frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{2 \times Y_{\max}} \right] \times 100 [12] \quad (5)$$

Результаты и обсуждение. Особенно актуально для сложных почвенно-климатических условий подобрать сорта и гибриды, которые смогут адаптироваться и давать стабильные и высокие урожаи независимо от погодных условий года [13].

Основным критерием адаптированности сорта является его урожайность. Чем выше урожайность, тем лучше сорт/гибрид реализует свой биологический потенциал в предлагаемых условиях.

По полученным в ходе полевого опыта данным, представленным в таблице, наибольшую урожайность в среднем за годы из томатов с коричневой окраской плодов показывали сорта Сахар коричневый – 93,9 т/га, Черная маркиза – 76,7 т/га, Шоколадный – 73,9 т/га, самая низкая урожайность отмечалась у сорта Черный ананас – 34,8 т/га (рисунок). У томатов с желтыми плодами выделялись гибриды Сахара F₁, Жар-птица F₁, Медовые купола F₁ с урожайностью на уровне 122,3-133,0 т/га, сорта, в том числе и стандартный сорт Руслан значительно уступали гибридам по урожайности.

Традиционные красные томаты имели большой разброс урожайности от 34,0 т/га до 118,2 т/га. Более продуктивными также были гибриды Багира F₁, Барин F₁, Тамуз F₁ – 107,9-118,2 т/га. Достаточно высокая урожайность отмечалась у сортов Волгоградский 5/95 St, Бугай красный, Буржуй F₁ – 74,2-88,7 т/га.

Из изученных томатов с розовой окраской плодов урожайность свыше 100 т/га показали только гибрид СА-911 F₁ и сорт Розовое сердце, у остальных сортов и гибридов урожайность варьировала от 50,3 до 95,5 т/га.

Томатов с зеленой окраской плодов в изучении было мало, и наиболее урожайным в условиях капельного орошения 85,1...92,8 т/га, показали себя сорта Изумрудное яблоко и Ромовая баба.

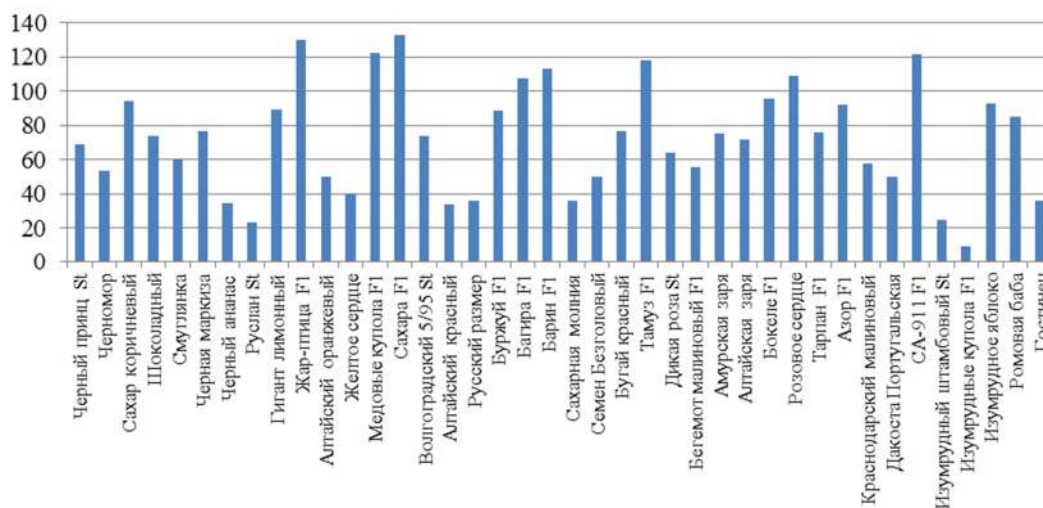


Рисунок – Средняя урожайность изучаемых сортов/гибридов, т/га, 2018-2020 гг.

Figure – Average yield of the studied varieties / hybrids, t / ha, 2018-2020

Адаптивность – это способность сортов реализовывать свою потенциальную урожайность в определенных климатических условиях.

Коэффициент адаптивности рассчитывали исходя из отношения урожайности конкретного сортообразца к среднесортовой урожайности всей коллекции.

В результате проведенной оценки адаптивности в коллекции томатов выделились наиболее адаптированные к условиям с коэффициентом адаптивности больше 1: Черный принц St, Сахар коричневый, Шоколадный, Черная маркиза, Гигант лимонный, Жар-птица

F₁, Медовые купола F₁, Сахара F₁, Волгоградский 5/95 St, Буржуй F₁, Багира F₁, Барин F₁, Бугай красный, Тамуз F₁, Бокеле F₁, Розовое сердце, Азор F₁, СА-911 F₁, Изумрудное яблоко, Ромовая баба (таблица). У остальных сортов и гибридов адаптивность была низкой.

Таблица – Урожайность и параметры адаптивной способности сортов и гибридов томатов с разной окраской плодов

Table – Productivity and parameters of adaptive ability of varieties and hybrids of tomatoes with different fruit colors

Сорт / гибрид / Variety / Hybrid	Коэф- фициент адаптив- ности / Adaptability coefficient	Ymin- Ymax	(Ymin+Y max) / 2	Индекс эколо- гичес- кой пла- стич- ности / Ecological plasticit y index	Индекс ста- биль- ности урожа я / Crop stability index (YSI)	Индекс восприим- чивости к стрессам / Stress sus- ceptibility index (SSPI)	Σ ран- гов / ranks
1	2	3	4	5	6	7	8
Коричневоплодные / Brown							
Черный принц St / Black Prince St	1,04	-14,0	68,9	1,04	0,82	9,89	85
Черномор / Chernomor	0,81	-5,9	53,1	0,81	0,89	4,17	86
Сахар коричневый / Brown sugar	1,42	-8,1	94,1	1,42	0,92	5,72	43
Шоколадный / Chocolate	1,12	-9,7	73,8	1,12	0,88	6,86	71
Смуглянка / Smuglyanka	0,91	-17,4	61,2	0,91	0,75	12,30	101
Черная маркиза / Black marquise	1,16	-5,0	76,1	1,16	0,94	3,53	54
Черный ананас / Black pineapple	0,53	-6,7	34,8	0,53	0,82	4,74	114
Желтоплодные / Yellow							
Руслан St / Ruslan St	0,28	-8,5	24,0	0,28	0,70	4,72	131
Гигант лимонный / Lemon giant	1,06	-16,2	87,5	1,06	0,83	8,99	76
Жар-птица F ₁ / Firebird F ₁	1,55	-28,1	126,6	1,55	0,80	15,60	49
Алтайский оранжевый / Altai orange	0,59	-1,7	49,7	0,59	0,97	0,94	96
Желтое сердце / Yellow heart	0,48	-9,2	39,4	0,48	0,79	5,11	121
Медовые купола F ₁ / Honey domes F ₁	1,46	-12,7	122,9	1,46	0,90	7,05	44
Сахара F ₁ / Sahara F ₁	1,58	-17,0	133,9	1,59	0,88	9,44	38
Красноплодные / Red							
Волгоградский 5/95 St / Volgogradskiy 5/95 St	1,01	-9,9	74,7	1,01	0,88	6,06	79
Алтайский красный / Altai red	0,46	-14,6	31,7	0,46	0,63	8,94	140
Русский размер / Russian size	0,48	-4,0	35,1	0,49	0,89	2,45	109
Буржуй F ₁ / Bourgeois F ₁	1,21	-1,9	88,8	1,21	0,98	1,16	39

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
Багира F ₁ / Bagira F ₁	1,47	-53,3	108,2	1,46	0,60	32,64	62
Барин F ₁ / Barin F ₁	1,54	-43,8	107,9	1,55	0,66	26,82	57
Сахарная молния / Sugar Lightning	0,49	-6,6	36,0	0,49	0,83	4,04	115
Семен Безголовый / Semyon the Headless	0,68	-9,6	50,1	0,68	0,83	5,88	107
Бугай красный / Bugai red	1,04	-13,7	77,5	1,04	0,84	8,39	78
Тамуз F ₁ / Tamuz F ₁	1,61	-18,5	118,9	1,61	0,86	11,33	42
Розовоплодные / Pink							
Дикая роза St / Wild Rose St	0,81	-5,6	64,6	0,81	0,92	3,20	81
Бегемот малиновый F ₁ / Hippopotamus crimson F ₁	0,70	-32,1	51,2	0,71	0,52	18,37	125
Амурская заря / Amur dawn	0,95	-24,9	78,9	0,96	0,73	14,25	94
Алтайская заря / Altai dawn	0,91	-6,0	71,9	0,91	0,92	3,43	77
Бокеле F ₁ / Bokele F ₁	1,21	-10,9	94,2	1,21	0,89	6,24	55
Розовое сердце / Pink heart	1,38	-27,2	107,5	1,37	0,78	15,57	66
Тарпан F ₁ / Tarpan F ₁	0,96	-8,5	75,3	0,96	0,89	4,86	75
Азор F ₁ / Azor F ₁	1,17	-10,8	93,1	1,17	0,89	6,18	61
Краснодарский малиновый / Krasnodar raspberry	0,73	-20,2	55,6	0,74	0,69	11,56	113
Дакоста Португальская / Dacosta Portuguese	0,64	-23,1	53,6	0,63	0,65	13,22	123
СА-911 F ₁	1,54	-18,9	121,3	1,54	0,86	10,82	49
Зеленоплодные / Green							
Изумрудный штабмовый St / Emerald stamp St	0,50	-6,5	25,6	0,50	0,77	6,06	116
Изумрудные купола F ₁ / Emerald domes F ₁	0,19	-4,5	9,4	0,18	0,61	4,19	125
Изумрудное яблоко / Emerald apple	1,87	-9,9	93,4	1,87	0,90	9,23	32
Ромовая баба / Rum woman	1,72	-10,9	85,7	1,72	0,88	10,16	41
Гостинец / Fairing	0,73	-4,2	36,3	0,73	0,89	3,91	92

По данным Rossielle и Hemblin (1981), устойчивость к стрессу является надежной характеристикой сортов в различных условиях возделывания [14]. По А.А. Гончаренко (2005), стрессоустойчивость имеет отрицательные значения, чем меньше разрыв между минимальным и максимальным показателями, тем выше стрессоустойчивость и шире диапазон приспособительных возможностей [3]. В нашем опыте высокую стрессоустойчивость показали Черная маркиза (-5,0), Черномор (-5,9), Алтайский оранжевый (-1,7), Буржуй F₁ (-1,9), Русский размер (-4,0), Дикая роза St (-5,6), Алтайская заря (-6,0), Гостинец (-4,2), Изумрудные купола F₁ (-4,5) (таблица).

При оценке стрессоустойчивости также важна компенсаторная способность, которая выражает степень соответствия генотипа сорта факторам среды. По полученным данным, высокой компенсаторной способностью в своих цветовых группах обладали

сорта/гибриды: Сахар коричневый – 94,1, Жар-птица F₁ – 126,6, Медовые купола F₁ – 122,9, Сахара F₁ – 133,9, Багира F₁ – 108,2, Барин F₁ – 107,9, Тамуз F₁ – 118,9, Розовое сердце – 107,5, СА-911 F₁ – 121,3, Изумрудное яблоко – 93,4.

Предложенный А. А. Грязновым (1996) индекс экологической пластичности позволяет оценить пластичность урожайности у сортов томата в регионах с неблагоприятными климатическими условиями. Если индекс выше 1, то сорт характеризуется как пластичный. Проведенные расчеты показали, что в нашем опыте наиболее пластичными являются: из томатов с коричневой окраской плодов – Черный принц St – 1,04, Сахар коричневый – 1,42, Шоколадный – 1,12, Черная маркиза – 1,16; из томатов с желтой окраской – Гигант лимонный – 1,06, Жар-птица F₁ – 1,55, Медовые купола F₁ – 1,46, Сахара F₁ – 1,59; из красных томатов – Волгоградский 5/95 St – 1,01, Буржуй F₁ – 1,21, Багира F₁ – 1,46, Барин F₁ – 1,55, Бугай красный – 1,04, Тамуз F₁ – 1,61; из розовых томатов – Бокеле F₁ – 1,21, Розовое сердце – 1,37, Азор F₁ – 1,17, СА-911 F₁ – 1,54; из зеленых – Изумрудное яблоко – 1,87, Ромовая баба – 1,72.

Проведенный расчет индекса стабильности урожая (YSI) показал насколько сорта/гибриды стабильны в условиях возделывания. К устойчивым можно отнести Сахар коричневый, Черная маркиза, Алтайский оранжевый, Медовые купола F₁, Сахара F₁, Волгоградский 5/95 St, Русский размер, Буржуй F₁, Тамуз F₁, Дикая роза St, Алтайская заря, Бокеле F₁, Тарпан F₁, Азор F₁, СА-911 F₁, Изумрудное яблоко F₁, Ромовая баба, Гостинец с показателями индекса 0,86...0,98.

Наиболее восприимчивыми к стрессовым условиям произрастания по индексу восприимчивости к стрессам, имеющими самый низкий процентный показатель (1,16...7,05 %), были сорта/гибриды крупноплодных томатов: Черномор, Сахар коричневый, Черная маркиза, Черный ананас из томатов с коричневой окраской плодов; Руслан St, Желтое сердце, Медовые купола F₁ из желтоплодных образцов; Русский размер, Буржуй F₁, Сахарная молния, Семен безголовый из томатов с красной окраской плодов; Дикая роза St, Алтайская заря, Бокеле F₁, Тарпан F₁, Азор F₁ из образцов с розовой окраской плодов; Изумрудные купола F₁, Гостинец из томатов с зеленой окраской плодов.

Для оценки комплекса показателей адаптивности был применен принцип ранжирования от 1 до 40, где 1 более высокий ранг, а 40 низкий. По сумме рангов (от 32 до 54) установлены наиболее приспособленные к условиям возделывания сорта/гибриды томатов, такие как Сахар коричневый и Черная маркиза из коричневоплодных, Сахара F₁, Медовые купола F₁ и Жар-птица F₁ из желтоплодных, Буржуй F₁ и Тамуз F₁ из красноплодных, СА-911 F₁ из розовоплодных, Изумрудное яблоко и Ромовая баба из зеленоплодных (таблица).

Выводы. По результатам комплексной оценки коллекции томатов с различной окраской плодов для возделывания в почвенно-климатических условиях Нижнего Поволжья можно рекомендовать сорта/гибриды, формирующие высокую, стабильную урожайность на уровне 76,7-133,0 т/га, имеющие высокую адаптивность, пластичность и стрессоустойчивость: Сахар коричневый, Черная маркиза (с коричневой окраской плодов), Сахара F₁, Медовые купола F₁, Жар-птица F₁ (с желтой окраской плодов), Буржуй F₁, Тамуз F₁ (с красной окраской плодов), СА-911 F₁, Бокеле F₁ (с розовой окраской плодов), Изумрудное яблоко, Ромовая баба (с зеленой окраской плодов), которые формируют стабильную по годам, высокую урожайность плодов в засушливых условиях Нижнего Поволжья.

Библиографический список

1. Кондратьева И. Ю., Ахмедова Б. А. Новый оригинальный оранжевоплодный сорт томата для открытого грунта Долгоносик // Овощи России. 2016. № 1 (30). С. 50-51.
2. Мухортова Т. В., Мягкова Е. Г., Петров Е. Н. Особенности изучения адаптивности томатов при их интродукции в аридных условиях северо-западного Прикаспия // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2019. № 1 (53). С. 89-96.

3. Николаев П. Н. Адаптивный потенциал сортов ярового овса по признаку «масса 1000 зерен» в условиях Омского Прииртышья // *Агрофизика*. 2019. № 2. С. 38-44.
4. Ноздрачева Р. Г. Эффективность применения регулятора роста Энергия-м на томате // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2017. № 3 (54). С. 43-49.
5. Приемы повышения продуктивности томата и картофеля при орошении в Поволжье / Н. Ю. Петров, Е. В. Калмыкова, В. Б. Нарушев, Т. И. Хоришко // *Аграрный научный журнал*. 2017. № 4. С. 36-40.
6. Редичкина Т. А. Создание и изучение крупноплодных гибридов томата со сливовидной (i=1,20-1,30) формой плода // *Плодоводство и виноградарство юга России*. 2016. № 38 (02). С. 171-181.
7. Соболева О. М., Сухих А. С. Томаты с антоциановой окраской плодов – перспективное направление в овощеводстве России // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2019. № 4 (174). С. 12-20.
8. Bhagya S., Deepak M. The colourful world of tomato // *Everyman's Science*. Vol. LIV. No. 5. P. 321-323.
9. Bouslama M., Schapaugh W. T. Stress tolerance in soybeans. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance // *Crop Science*. 1984. № 24. P. 933-937.
10. Gonzali S., Mazzucato A., Perata P. Purple as a tomato: towards high anthocyanin tomatoes // *Trends Plant Sci*. 2009. Vol. 14 (5). P. 237-241.
11. Miréia Aparecida Bezerra Pereira Adaptability and productive stability of tomato genotypes in high temperature // *Revista Ciência Agronômica*. 2012. V. 43. N. 2. P. 330-337.
12. Moosavi S. S. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes // *Desert*. 2008. № 12. P. 165-178.
13. Mrema E. J. Yield and Adaptability Evaluation of Newly Introduced Tomato (*Solanum lycopersicum*) Varieties in Tabora Region // *Tanzania Journal of Agricultural Sciences*. 2014. Vol. 13. No. 1. P. 67-73.
14. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // *Crop Sci*. 1981. V. 21 (6). P. 943-946.
15. Singh Shrawan Breeding and genomic investigations for quality and nutraceutical traits in vegetable crops-a review // *Indian Journal of Horticulture*. 2020. V. 71. P. 1-40.
16. Tumanyan A., Keegoui Gertrude Impact of agrochemicals on the productivity of various tomato cultivars // *Res. on Crops*. 2020. V. 21 (2). P. 301-305.

Conclusions. Based on the results of a comprehensive assessment of a collection of tomatoes with different fruit colors for cultivation in the soil and climatic conditions of the Lower Volga region, it is possible to recommend varieties / hybrids that form a high, stable yield at the level of 76.7-133.0 t / ha, having high adaptability, plasticity and stress resistance : Brown sugar, Black marquis (with brown fruit color), Sahara F1, Honey domes F1, Firebird F1 (with yellow fruit color), Bourgeois F1, Tamuz F1 (with red fruit color), CA-911 F1, Bokele F1 (with pink fruit color), Emerald apple, Rum baba (with green fruit color), which form a stable over the years, high fruit yield in arid.

References

1. Kondrat'eva I. Yu., Ahmedova B. A. Novyj original'nyj oranzhevoplodnyj sort tomata dlya otkrytogo grunta Dolgonosik // *Ovoschi Rossii*. 2016. № 1 (30). P. 50-51.
2. Muhortova T. V., Myagkova E. G., Petrov E. N. Osobennosti izucheniya adaptivnosti tomatov pri ih introdukcii v aridnyh usloviyah severo-zapadnogo Prikaspiya // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa*. 2019. № 1 (53). P. 89-96.
3. Nikolaev P. N. Adaptivnyj potencial sortov yarovogo ovsa po priznaku “massa 1000 zeren” v usloviyah Omского Priirtysh'ya // *Агрофизика*. 2019. № 2. P. 38-44.
4. Nozdacheva R. G. Jefferktivnost' primeneniya reguljatora rosta Jenergiya-m na tomate // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. № 3 (54). P. 43-49.
5. Priemy povysheniya produktivnosti tomata i kartofelya pri oroshenii v Povolzh'e / N. Yu. Petrov, E. V. Kalmykova, V. B. Narushev, T. I. Horishko // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2017. № 4. P. 36-40.

6. Redichkina T. A. Sozdanie i izuchenie krupnoplodnyh gibridov tomatov so slivovidnoj (i=1,20-1,30) formoj ploda // Plodovodstvo i vinogradarstvo yuga Rossii. 2016. № 38 (02). P. 171-181.
7. Soboleva O. M., Suhin A. S. Tomaty s antocianovoj okrasкой plodov - perspektivnoe napravlenie v ovoshevodstve Rossii // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 4 (174). P. 12-20.
8. Bhagya S., Deepak M. The colourful world of tomato // Everyman's Science. Vol. LIV. No. 5. P. 321-323.
9. Bouslama M., Schapaugh W. T. Stress tolerance in soybeans. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance // Crop Science. 1984. № 24. P. 933-937.
10. Gonzali S., Mazzucato A., Perata P. Purple as a tomato: towards high anthocyanin tomatoes // Trends Plant Sci. 2009. Vol. 14 (5). P. 237-241.
11. Miréia Aparecida Bezerra Pereira Adaptability and productive stability of tomato genotypes in high temperature // Revista Ciência Agronômica. 2012. V. 43. N. 2. P. 330-337.
12. Moosavi S. S. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes // Desert. 2008. № 12. P. 165-178.
13. Mrema E. J. Yield and Adaptability Evaluation of Newly Introduced Tomato (*Solanum lycopersicum*) Varieties in Tabora Region // Tanzania Journal of Agricultural Sciences. 2014. Vol. 13. No. 1. P. 67-73.
14. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Sci. 1981. V. 21 (6). P. 943-946.
15. Singh Shrawan Breeding and genomic investigations for quality and nutraceutical traits in vegetable crops-a review // Indian Journal of Horticulture. 2020. V. 71. P. 1-40.
16. Tumanyan A., Keegoui Gertrude Impact of agrochemicals on the productivity of various tomato cultivars // Res. on Crops. 2020. V. 21 (2). P. 301-305.

Authors Information

Keegoui Gertrude - graduate student, Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (416251, Astrakhsanskaya obl., Chernoyarskiy r-on, s. Solenoe Zajmishhe, ul. Stepnaya, 8), tel. 8 (927) 562-19-50, e-mail: rexham@rambler.ru

Zaitsev Sergei Viktorovich - Junior Researcher Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (416251, Astrakhsanskaya obl., Chernoyarskiy r-on, s. Solenoe Zajmishhe, ul. Stepnaya, 8), tel. 8 (927) 562-19-50, e-mail: rexham@rambler.ru

Информация об авторах

Кигуи Гертруде, аспирант, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный д. 8.) e-mail: Rexham@rambler.ru, тел.: 89275621950

Зайцев Сергей Викторович, младший научный сотрудник ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный д. 8.), e-mail: Rexham@rambler.ru, тел.: 89275621950

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-20

INFLUENCE OF BASIC SOIL TREATMENT METHODS ON THE YIELD OF GRAIN CROPS IN THE NORTHERN CASPIAN

D.P. Polyakov, A.V. Tyutyuma

Federal State Budget Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan Region

Received 02.07.2021

Submitted 30.08.2021

Summary

The article presents experimental studies to improve the zonal soil cultivation technology for the cultivation of spring grain crops (Vakula barley and Saratovskaya 70 wheat). Such options for basic tillage are considered, such as the use of SibIME, RANCHO and ROPA tools.

Abstract

Introduction. The soil cultivation system, developed by scientists agrarians, allows you to increase and maintain the fertility of the used lands, effectively and efficiently use organic and mineral fertilizers. Scientifically based land cultivation is the key to success in combating negative phenomena such as erosion, deflation and drought. That is, without a properly selected soil cultivation system, it is impossible to create optimal conditions for obtaining a high yield of any agricultural crop. In the Astrakhan region, most of which belongs to the semi-desert, the main factor when choosing one or another method of soil cultivation is the possibility of the latter's influence on the accumulation and optimal use of moisture. Since it is moisture supply that is a decisive factor in our region for growing grain in rainfed conditions. The state program for the development of the Agro-Industrial Complex of the Russian Federation is designed to introduce all-agricultural production of new highly efficient, energy and resource-saving technologies. One of the main elements of such technologies is the basic tillage. Therefore the line of research is important and relevant.

Object. The object of research is the sowing of spring barley Vakula Iyar wheat Saratovskaya 70, as well as various methods of soil cultivation.

Materials and methods. The research was carried out in the fields of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences». The setting of the experiment and observation of zayar grain crops were carried out according to the generally accepted methods of B.A. Dospekhov, A.F. Vadyunina and Z.A. Korchagina.

Results and conclusions. the climatic conditions of the region related to the semi-desert, the use of a tillage tool with the working parts of the soil-cultivating unit «ROPA» tillage unit makes it possible to grow spring barley and wheat on non-irrigated lands with a yield of 0.99 and 0.81 t / ha, respectively. The increased yield of spring grain crops in areas with deep loosening of the soil, in comparison with the control, is explained by a better assimilation of precipitation, as well as a more complete supply of productive moisture in the autumn-winter and spring periods. In addition to improving the moisture supply of crops, the use of the working parts of the soil-cultivating unit «ROPA» activates the activity of soil microflora and accelerates the mineralization and humification of organic matter. Therefore, we can conclude that the use of this unit preserves and increases the fertility of light chestnut soils. The level of profitability of grain cultivation in this variant of the experiment was 24% for Vakula barley, and 2% for Saratovskaya 70 spring wheat.

Key words: *basic tillage, tools, barley, wheat, yield.*

Citation. Polyakov D. P., Tyutyuma A. V. Influence of basic soil treatment methods on the yield of grain crops in the Northern Caspian. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 199-208 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-20.

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

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

УДК 631.51.01:633.16

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В СЕВЕРНОМ ПРИКАСПИИ

Д. П. Поляков, младший научный сотрудник

А. В. Тютюма младший научный сотрудник

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Астраханская область, Россия

Дата поступления в редакцию 02.07.2021

Дата принятия к печати 30.08.2021

Актуальность. Система обработки почвы, разработанная учеными аграриями, позволяет повышать и сохранять плодородие используемых земель, эффективно и рационально использовать органические и минеральные удобрения. Научно-обоснованная обработка земель является залогом успеха в борьбе с такими негативными явлениями, как эрозия, дефляция и засуха. Следовательно, без правильно подобранной системы обработки почвы невозможно создать оптимальные условия для получения высокого урожая любой сельскохозяйственной культуры. В Астраханской области, большая часть которой относится к полупустыне, основным фактором при выборе того или иного

способа обработки почвы является возможность влияния последнего на накопление и оптимального использования влаги, так как именно влагообеспеченность является в нашем регионе решающим фактором для выращивания зерновых в богарных условиях. Государственная программа развития агропромышленного комплекса РФ рассчитана на внедрение всецельскохозяйственное производство новых высокоэффективных, энерго- и ресурсосберегающих технологий. Одним из основных элементов таких технологий является основная обработка почвы, поэтому направление исследований является важным и актуальным. **Объект.** Объектом исследований являются посевы ярового ячменя Вакула и яровой пшеницы Саратовская 70, а также различные способы обработки почвы. **Материалы и методы.** Исследования проводились на полях ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук». Закладка опыта и наблюдения за яровыми зерновыми культурами проводились согласно общепринятым методикам Доспехова Б. А., Вадюниной А. Ф. и Корчагиной З. А. **Результаты и выводы.** В климатических условиях региона, относящегося к полупустыне, применение почвообрабатывающего орудия с рабочими органами РОПА позволяет выращивать на неорошаемых землях яровые ячмень и пшеницу с урожайностью 0,99 и 0,81 т/га, соответственно. Повышенная урожайность яровых зерновых культур на участках с глубоким рыхлением почвы по сравнению с контролем объясняется лучшим усвоением осадков, а также более полным запасом продуктивной влаги в осенне-зимний и весенний периоды. Помимо улучшения влагообеспеченности посевов, использование рабочих органов РОПА активизирует активность почвенной микрофлоры и ускоряет минерализацию и гумификацию органического вещества. Поэтому можно сделать вывод, что использование этого агрегата сохраняет и повышает плодородие светло-каштановых почв. Уровень рентабельности возделывания зерновых на данном варианте опыта составил 24 % для ячменя Вакула, и 2 % для яровой пшеницы Саратовская 70.

Ключевые слова: основная обработка почвы, способы обработки почвы, урожайность зерновых культур.

Цитирование. Поляков Д. П., Тютюма А. В. Влияние способов основной обработки почвы на урожайность зерновых культур в Северном Прикаспии. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 199-208. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-20.

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. Система обработки почвы, разработанная учеными-аграриями, позволяет повышать и сохранять плодородие используемых земель, эффективно и рационально использовать органические и минеральные удобрения. Научно-обоснованная обработка земель является залогом успеха в борьбе с такими негативными явлениями, как эрозия, дефляция и засуха. Следовательно, без правильно подобранной системы обработки почвы невозможно создать оптимальные условия для получения высокого урожая любой сельскохозяйственной культуры. Ошибки при разработке той или иной системы обработки почвы могут безосновательно увеличить энергозатраты и ухудшить водно-физические свойства почвы. Все вышеперечисленное либо снижает урожайность, либо делает возделывание сельскохозяйственных культур нерентабельным [11].

Яровые зерновые культуры всегда пользуются повышенным спросом на мировом сельскохозяйственном рынке. Это обусловлено тем, что яровой ячмень используется в кормопроизводстве, а яровая твердая пшеница является ценной продовольственной культурой, так как именно из нее получают хлебопекарную муку высшего качества [12, 13].

Каспийский регион играет важную роль в экономическом и экологическом развитии России. По своему географическому положению он является экономически выгодным для развития АПК в общем и производства зерна в частности. Однако внутренний спрос на сельскохозяйственную продукцию регион с трудом удовлетворяет [1].

Одной из важнейших задач для аграриев региона является на данный момент адаптация различных сельскохозяйственных культур ко все более усиливающейся аридизации климата. Для того чтобы при выращивании зерновых не нарушалось экологическое равновесие в регионе, т.е. для борьбы с опустыниванием земель сельскохозяйственного назначения, необходимо проводить научно обоснованные эксперименты по улучшению и сохранению плодородия почв. Распространенные в области светло-каштановые почвы имеют негативные для сельскохозяйственных культур водно-физические и агрохимические свойства [9, 10, 14].

Для приведения отрицательных значений физических свойств верхнего слоя почвы к оптимальным для возделывания зерновых решающей становится энергосберегающая система обработки почвы. Увеличение в почве гумуса и питательных веществ в Астраханской области, которая по своим климатическим условиям относится к полупустыне, невозможно без учета глубины обработки почвы. На каждом поле, в зависимости от его индивидуальных особенностей, таких как объемный вес почвы, гранулометрический состав, водопроницаемость, скважность и др., необходимо применять различные приемы и орудия обработки почвы [2, 3, 5, 6, 8].

В современном сельском хозяйстве нет и не может быть универсальных систем основной обработки почвы. В последние десятилетия используется множество систем и орудий для полосной безотвальной обработки сельхозугодий. Главными плюсами этих систем являются значительное снижение эрозии и дефляции почв, увеличение влагозапасов в почве, а также низкие затраты на проведение работ. Популярность данных технологий в последнее время возросла из-за резкого повышения стоимости средств производства [4, 7, 15].

В Астраханской области, большая часть которой относится к полупустыне, основным фактором при выборе того или иного способа обработки почвы является возможность влияния последнего на накопление и оптимального использования влаги, так как именно влагообеспеченность является в нашем регионе решающим фактором для выращивания зерновых в богарных условиях. Разработки ученых Нижнего Поволжья показывают, что для их региона оптимальные результаты дает применение обработки почвы орудиями, которые проводят рыхление почвы на различную глубину, а также позволяют обрабатывать землю без оборота пласта. Именно такие ресурсосберегающие орудия и были разработаны учеными ФГБНУ ВО «Волгоградский ГАУ». С их помощью можно значительно уменьшить материальные и экологические затраты [1].

Государственная программа развития агропромышленного комплекса РФ нацелена на внедрение в сельскохозяйственное производство новых высокоэффективных, энерго- и ресурсосберегающих технологий. Одним из основных элементов таких технологий является основная обработка почвы. Поэтому исследования, направленные на разработку зональной системы обработки почвы для возделывания зерновых культур, являются важными и актуальными.

Целью наших исследований являлась сравнительная оценка влияния разных методов обработки почвы на урожайность богарных яровых зерновых культур в зоне светло-каштановых почв Северного Прикаспия.

Материалы и методы. Эксперименты были заложены на богарном участке отдела земледелия и комплексной мелиорации ФГБНУ «ПАФНЦ РАН».

Преобладающими почвами на опытном поле являются светло-каштановые. Содержание гумуса в плодородном слое почвы колеблется в пределах 1,0...2,2 %. Реакция почвенного раствора в верхнем пахотном слое слабощелочная.

Плотность пахотного горизонта – 1,25-1,35 т/м³, водопроницаемость низкая – 0,30-0,40 мм/мин. В засушливые года весной глубина промачивания составляет 0,30...0,45 м, влажной весной глубина промачивания увеличивается до 0,80...1,00 м. Глубина залегания грунтовых вод 15...20 м не дает возможности растениям использовать их для питания.

Закладка опытов и экспериментальные исследования проводились в соответствии с методическими указаниями Доспехова Б. А.

Опыт – двухфакторный, заложен по методу расщепленных делянок.

Фактор А – культуры яровых зерновых культур: ячмень – Вакула, пшеница – Саратовская 70;

Фактор В – способы основной обработки почвы:

Первый вариант – вспашка, ПЛН-4-35, Н=0,20-0,22 м (контроль);

Второй вариант – рыхление стойкой СИБИМЭ, Н=0,30-0,35 м;

Третий вариант – рыхление рабочим органом «РОПА», Н=0,40-0,45 м;

Четвертый вариант – рыхление рабочим органом «РАНЧО», Н=0,35-0,40 м;

Пятый вариант – дискование, Н=0,10-0,12 м.

Повторность опыта трехкратная, площадь учетной делянки – 200 м², общая площадь под опытом – 20 га.

Объектами исследований являются посевы ярового ячменя Вакула и яровой пшеницы Саратовская 70, а также различные способы обработки почвы. Предшественником на всех вариантах опыта был пар черный.

Результаты и выводы. Метеорологические условия текущих лет можно характеризовать, как удовлетворительные для возделывания яровых ячменя и пшеницы. Среднесуточная температура воздуха превысила среднемноголетние показатели на 2,8 °С (рисунки 1, 2). Сумма осадков за период вегетации варьировала от 26,3 до 52,2 мм и в среднем за годы исследований составила 36,9 мм, что на 38,1 мм ниже среднемноголетней нормы.

Относительная влажность воздуха была близка к многолетним показателям, но в наиболее засушливые месяцы (июнь – июль) опускалась до 34,0-40,3 %, так что во второй половине вегетации, несмотря на выпадавшие атмосферные осадки, которые носили ливневый характер, как правило, наблюдалась засуха.

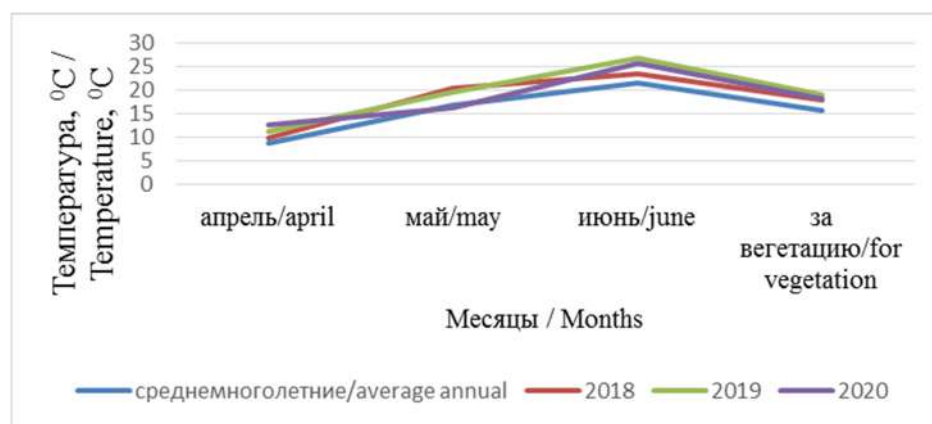


Рисунок 1 – Среднесуточная температура воздуха вегетационного периода яровых зерновых культур, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2018-2020 гг.

Figure 1 – Average daily air temperature of the growing season of spring grain crops, FSBSI «PAFNC RAS», 2018-2020

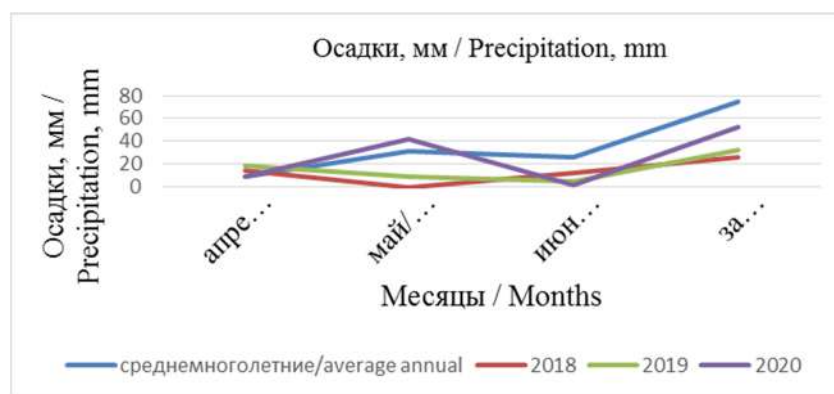


Рисунок 2 – Количество осадков за вегетационный период яровых зерновых культур, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2018-2020 гг.

Figure 2 – Rainfall during the growing season of spring grain crops, FSBSI «PAFNC RAS», 2018-2020

В период посева яровых зерновых культур общий запас влаги в слое почвы 0,0...1,0 м на вариантах с классическим оборотом пласта (контроль) в среднем за годы исследований составил 135,9 мм (рисунок 3).

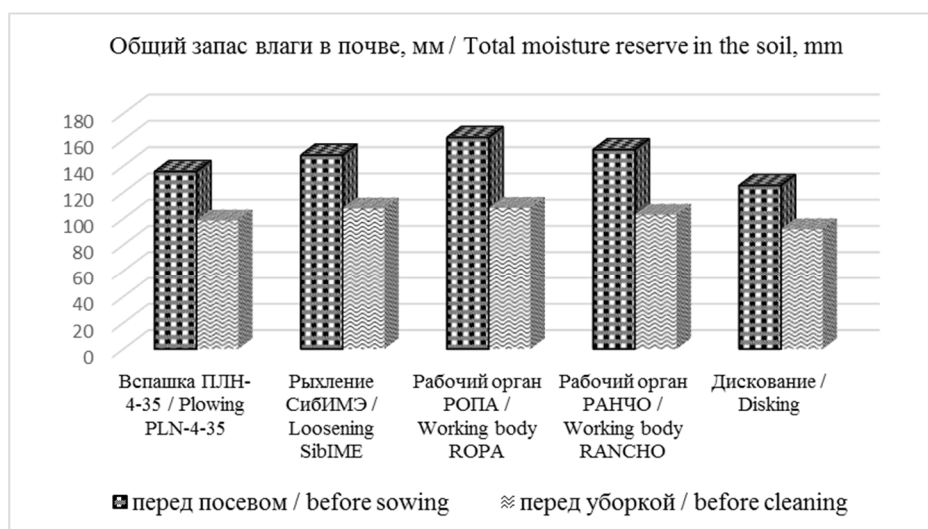


Рисунок 3 – Общий запас влаги в почве на посевах яровых зерновых культур,

ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», среднее 2018-2020 гг.

Figure 3 – Total moisture reserve in soil on crops of spring grain crops, FSBSI «PAFNCRAS», average 2018-2020

Запасы влаги на дату весеннего сева на участках с более глубокой обработкой почвы (РОПА и РАНЧО) были значительно выше и составили в среднем 161,8 и 152,5 мм, соответственно. На варианте опыта с применением орудия СибИМЭ общий запас влаги также превысил контроль и составил 148,3 мм. И только вариант с дискованием показал результат меньший, чем на контроле – 125,3 мм.

Перед уборкой зерновых культур также были определены запасы почвенной влаги. Результаты показали, что более глубокая обработка почвы дает более высокие запасы. Обработка почвы на глубину 0,30...0,45 м увеличивает запас влаги в почве до 100,0 мм и выше. Менее глубокая обработка почвы и классический оборот пласта показали результат 92,0...98,6 мм.

Полученные данные можно объяснить тем, что при более глубокой обработке лучше усваиваются и задерживаются в почве атмосферные осадки, выпавшие в период от обработки почвы до сева яровых культур. Глубина рыхления еще и значительно увеличивает использование запасов влаги растениями.

Анализ продуктивности изучаемых культур показал, что максимальная продуктивность была на тех вариантах опыта, где использовали рабочие органы с глубокой обработкой. В первую очередь это связано с тем, что при увеличении глубины обработки почвы создаются более высокие запасы влаги в почве. При использовании плуга и дискатора количество почвенной влаги было значительно ниже, так как влага интенсивно испарялась из верхних слоев почвы, что значительно снизило продуктивность изученных сортов ярового ячменя и пшеницы (рисунок 4).

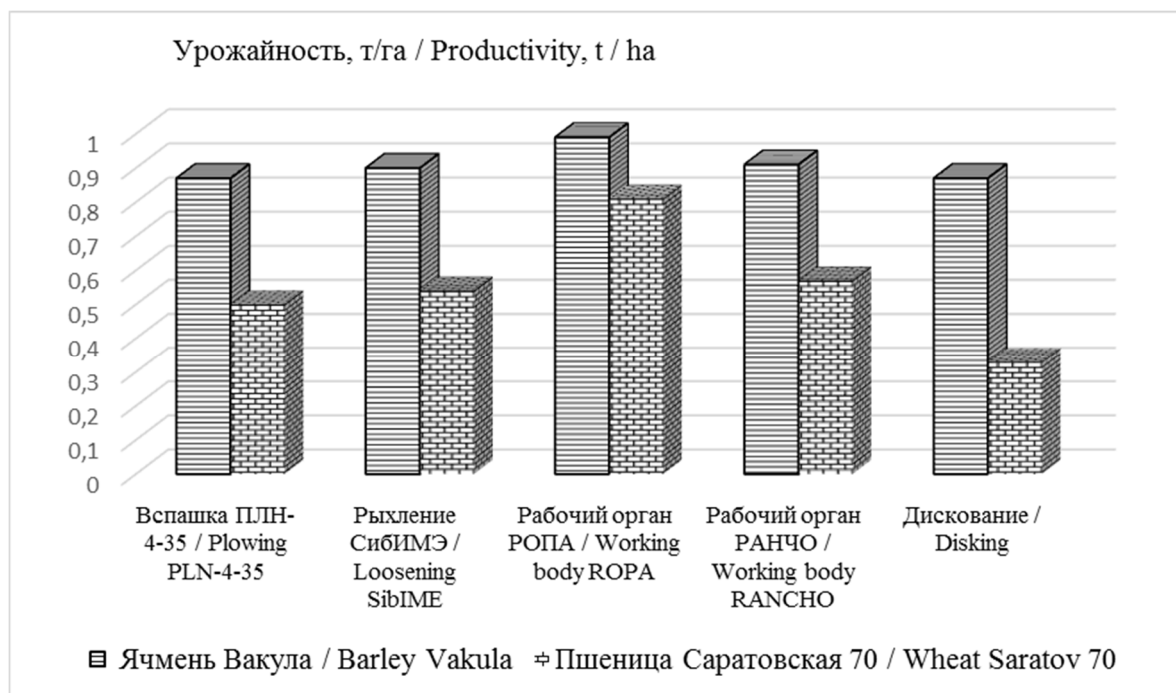


Рисунок 4 – Урожайность яровых зерновых культур в зависимости от способов основной обработки почвы, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», среднее за 2018-2020 гг.

Figure4 – Yield of spring grain crops, depending on the methods of basic tillage, FSBSI «PAFNC RAS», average for 2018-2020

Применение в системе обработки почвы орудия РОПА показало его преимущество перед другими вариантами опыта при возделывании ячменя и пшеницы. На этом варианте опыта продуктивность ячменя Вакула составила 0,99 т/га или +0,12 т/га к контролю, а пшеницы Саратовская 70-0,81 т/га или +0,31 т/га, соответственно. Однако обработка дискатором показала отрицательное значение (- 0,17 т/га).

Расчет экономической эффективности возделывания яровых пшеницы и ячменя в опыте отражен в таблице 1.

Из таблицы видно, что глубокое рыхление рабочим органом РОПА положительно повлияло на формирование достаточной урожайности для получения положительного экономического эффекта. Максимальная прибыль при обработке рабочим органом РОПА: у ячменя Вакула – 2121 р./га. У яровой пшеницы Саратовская 70 всего один плюсовой показатель при обработке рабочим органом РОПА – 141 р./га.

Таблица 1 – Экономическая эффективность возделывания яровых зерновых культур в зависимости от способа основной обработки почвы, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», среднее 2018-2020 гг.

Table 4 – Economic efficiency of the cultivation of spring grain crops, depending on the method of basic tillage, FSBSI «PAFNC RAS», average 2018-2020

Способ основной обработки почвы / Method of basic tillage	Урожайность, т/га / Productivity, t / ha	Себестоимость, р./га / Cost price, rubles / t	Прибыль, р./га / Profit, r / ha	Рентабельность, % / Profitability, %
Ячмень Вакула / Barley Vakula				
Вспашка ПЛН-4-35, h=0,20-0,21 м / Plowing PLN-4-35, h = 0,20-0,21 m	0,87	10079	801	10
Рыхление СибИМЭ, h=0,30-0,35 м / Loosening SibIME, h = 0,30-0,35 m	0,90	9743	1131	13
Рабочий орган РОПА, h=0,40-0,45 м / Working body ROPA, h = 0,40-0,45 m	0,99	8857	2121	24
Рабочий орган РАНЧО, h=0,35-0,40 м / Working body of the RANCHO, h = 0,35-0,40 m	0,91	9636	1241	14
Дискование, h=0,10-0,12 м / Disking, h = 0,10-0,12 m	0,87	10079	801	10
Пшеница Саратовская 70 / Wheat Saratov 70				
Вспашка ПЛН-4-35, h=0,20-0,21 м / Plowing PLN-4-35, h = 0,20-0,21 m	0,50	17538	-3269	-38
Рыхление СибИМЭ, h=0,30-0,35 м / Loosening SibIME, h = 0,30-0,35 m	0,54	16238	-2829	-32
Рабочий орган РОПА, h=0,40-0,45 м / Working body ROPA, h = 0,40-0,45 m	0,81	11538	141	2
Рабочий орган РАНЧО, h=0,35-0,40 м / Working body of the RANCHO, h = 0,35-0,40 m	0,57	15384	-2499	-28
Дискование, h=0,10-0,12 м / Disking, h = 0,10-0,12 m	0,33	26572	-5139	-59

Выводы. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы. В полупустынных условиях региона применение более глубокого рыхления почвообрабатывающего орудия с рабочими органами РОПА дает возможность получать на неорошаемых землях у яровых ячменя и пшеницы урожайность 0,99 и 0,81 т/га, соответственно. Повышенная урожайность яровых зерновых культур на участках с более глубокой обработкой почвы по сравнению с контролем объясняется лучшим усвоением осадков, а также более высоким запасом продуктивной влаги в период посева культур. Кроме улучшения влагообеспеченности посевов, применение более глубокой обработки почвы способствует более высокой активности почвенной микрофлоры, что, в свою очередь, ускоряет накопление гумуса в верхнем слое почвы. Поэтому можно сделать вывод, что использование данного метода основной обработки почвы способствует повышению плодородия зональных почв.

Библиографический список

1. Зеленев А. В., Маркова И. Н., Чамурлиев Г. О. Динамика роста и развития видов яровой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2020. № 2 (58). С. 45-57.
2. Зинченко С. Н. Особенности развития корневой системы зерновых культур // Земледелие. 2015. № 6. С. 32-35.
3. Ивченко В. К., Михайлова З. И. Влияние различных обработок почвы и средств интенсификации на продуктивность зерновых культур // Вестник КрасГАУ. 2017. № 4. С. 3-10.
4. Кирюшин В. И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований // Земледелие. 2013. № 7. С. 3-6.
5. Перфильев Н. В., Вьюшина О. А. Изменение питательного режима темно-серой лесной почвы в посевах ячменя при различных системах основной обработки // Земледелие. 2019. № 5. С. 21-24.
6. Поляков Д. П., Федорова В. А., Еремин В. А. Влияние способа основной обработки почвы и урожайность яровых зерновых культур (ячменя и пшеницы) в полупустынной зоне Северного Прикаспия // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 36-41.
7. Прогрессивный способ основной обработки почвы под ячмень в условиях полупустынной зоны Северного Прикаспия / В. А. Федорова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2019. № 11. С. 40-45.
8. Технология минимизации основной обработки почвы / И. Б. Борисенко [и др.] // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2018. № 1. С. 35-42.
9. Трофимова Т. А. Влияние приемов основной обработки почвы и удобрений на агрохимические свойства черноземов // Аграрный научный журнал. 2019. № 4. С. 38-44.
10. Улучшенная ресурсосберегающая технология обработки почвы и применения биопрепаратов под яровые зерновые культуры в условиях центральной зоны Северо-Востока европейской части России / Л. М. Козлова [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 3 (58). С. 43-48.
11. Чурзин В. Н., Асирифи Амрако О. Водопотребление и его составляющие в посевах ярового ячменя в зависимости от предшественников и способов основной обработки почвы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2013. № 1 (29). С. 61-64.
12. Correlation, path analysis and stepwise regression in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under rainfed conditions / A. Hannachi [et al.] // J. of Agriculture and Sustainability. 2013. Vol. 3 (2). P. 122-131.
13. Correlation and path analysis of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *Durum*) / A. A. Khan [et al.] // Bangladesh J. Agr. Res. 2013. Vol. 38 (3). P. 515-521.
14. Nadew B. B. Effects of Climatic and Agronomic Factors on Yield and Quality of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) // A Review on Selected Factors. Advances in Crop Science and Technology. 2018. № 6 (2). P. 356-360.
15. Piskaeva A. I., Babich O. O. Analysis of influence of biohumus on the basis of consortium of effective microorganisms on the productivity of winter wheat // Foods and Raw materials. 2017. Vol. 5. № 1. P. 90-99.

Conclusions. Based on the conducted research, the following conclusions can be drawn. In the semi-desert conditions of the region, the use of deeper loosening of a tillage tool with working ROPA organs makes it possible to obtain a yield of 0.99 and 0.81 t/ha on non-irrigated lands for spring barley and wheat, respectively. The increased yield of spring grain crops in areas with deeper tillage, compared with the control, is explained by a better assimilation of precipitation, as well as a higher supply of productive moisture during the sowing period. In addition to improving the moisture supply of crops, the use of deeper tillage contributes to a higher activity of the soil microflora, which, in turn, accelerates the accumulation of humus in the upper layer of the soil. Therefore, it can be concluded that the use of this method of basic tillage contributes to increasing the fertility of zonal soils.

References

1. Zelenev A. V., Markova I. N., Chamurlijev G. O. Dinamika rosta i razvitiya vidov yarovoj pshenicy v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2020. № 2 (58). P. 45-57.
2. Zinchenko S. N. Osobennosti razvitiya kornevoj sistemy zernovykh kul'tur // Zemledelie. 2015. № 6. P. 32-35.
3. Ivchenko V. K., Mihajlova Z. I. Vliyanie razlichnykh obrabotok pochvy i sredstv intensifikacii na produktivnost' zernovykh kul'tur // Vestnik KrasGAU. 2017. № 4. P. 3-10.
4. Kiryushin V. I. Problema minimizacii obrabotki pochvy: perspektivy razvitiya i zadachi issledovaniy // Zemledelie. 2013. № 7. P. 3-6.
5. Perfil'ev N. V., V'yushina O. A. Izmenenie pitatel'nogo rezhima temno-seroj lesnoj pochvy v posevakh yachmenya pri razlichnykh sistemah osnovnoj obrabotki // Zemledelie. 2019. № 5. P. 21-24.
6. Polyakov D. P., Fedorova V. A., Eremin V. A. Vliyanie sposoba osnovnoj obrabotki pochvy n urozhajnost' yarovykh zernovykh kul'tur (yachmenya i pshenicy) v polupustynnoj zone Severnogo Prikaspiya // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 8. P. 36-41.
7. Progressivnyj sposob osnovnoj obrabotki pochvy pod yachmen' v usloviyah polupustynnoj zony Severnogo Prikaspiya / V. A. Fedorova [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2019. № 11. P. 40-45.
8. Tehnologiya minimizacii osnovnoj obrabotki pochvy / I. B. Borisenko [i dr.] // Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. 2018. № 1. P. 35-42.
9. Trofimova T. A. Vliyanie priemov osnovnoj obrabotki pochvy i udobrenij na agrohimiicheskie svoystva chernozemov // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2019. № 4. P. 38-44.
10. Uluchshennaya resursosberegayuschaya tehnologiya obrabotki pochvy i primeneniya biopreparatov pod yarovye zernovye kul'tury v usloviyah central'noj zony Severo-Vostoka evropejskoj chasti Rossii / L. M. Kozlova [i dr.] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2017. № 3 (58). P. 43-48.
11. Churzin V. N., Asirifi Amrako O. Vodopotreblenie i ego sostavlyayushchie v posevakh yarovogo yachmenya v zavisimosti ot predshestvennikov i sposobov osnovnoj obrabotki pochvy // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2013. № 1 (29). P. 61-64.
12. Correlation, path analysis and stepwise regression in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under rainfed conditions / A. Hannachi [et al.] // J. of Agriculture and Sustainability. 2013. Vol. 3 (2). P. 122-131.
13. Correlation and path analysis of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *Durum*) / A. A. Khan [et al.] // Bangladesh J. Agr. Res. 2013. Vol. 38 (3). P. 515-521.
14. Nadew B. B. Effects of Climatic and Agronomic Factors on Yield and Quality of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) // A Review on Selected Factors. Advances in Crop Science and Technology. 2018. № 6 (2). P. 356-360.
15. Piskaeva A. I., Babich O. O. Analysis of influence of biohumus on the basis of consortium of effective microorganisms on the productivity of winter wheat // Foods and Raw materials. 2017. Vol. 5. № 1. P. 90-99.

Author's Information

Polyakov Dmitry Pavlovich, junior researcher of the laboratory of the FSBSI "Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoe Zaimishte, Severny block, house 8), dmitriy-polykov-83@mail.ru, Tel. 8927-582-77-30.

Tyutyuma Andrey Vladimirovich, junior researcher of the laboratory of the FSBSI "Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoe Zaimishte, Severny block, house 8), pniiaz@mail.ru, tel. 8927-578-29-01.

Информация об авторах

Поляков Дмитрий Павлович, младший научный сотрудник лаборатории ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, дом 8), dmitriy-polykov-83@mail.ru, тел. 8927-582-77-30.

Тютюма Андрей Владимирович, младший научный сотрудник лаборатории ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, дом 8), pniiaz@mail.ru, тел. 8927-578-29-01.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-21

HEMATOLOGICAL INDICATORS OF BULLS WHEN INTRODUCING SELENIUM-CONTAINING ADDITIVES IN DIETS

A. T. Varakin¹, A.A. Ryadnov¹, V. V. Salomatin¹, D. K. Kulik²,
R. N. Murtazaeva¹, V. A. Khazykov³

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

³Agricultural production cooperative «Tundutovo», Republic of Kalmykia

Received 21.05.2021

Submitted 26.07.2021

Summary

In physiological research, conducted against the background of scientific and economic experience, positive impact was found use of preparation diacetophenonyl selenide-25 in diets separately and in combination with a feed additive - benut, on the morphological and biochemical parameters of the blood of fattening gobies. As a result of experience they had a higher average daily gain in live weight, while increasing the level of profitability of beef production.

Abstract

Introduction. When fattening young beef cattle provides for the provision of rations with standardized nutrients, in particular mineral. Concerning, very relevant is the use for aberdeen angus bulls selenium-containing feed additives, contributing to compensation for the lack of selenium in the rations.

Materials and methods. Physiological studies to study the morphological and biochemical parameters of the blood of bulls were carried out during the scientific and economic experiment, that is, against its background. The hematological parameters in the experimental young animals were studied according to generally accepted methods. To carry out the experiment, according to the analogy principle, 3 groups of bulls, 15 heads each, were formed. Its duration was 172 days, including the main period - 150. In the main period, the animals of the I control group received the main diet; Experimental II - basic diet + diacetophenonylselenide-25 (1.6 mg / kg concentrates); Experimental III - the main diet + 0.5 kg of feed additive - benut (instead of the equivalent amount of concentrates) + diacetophenonyl selenide-25 to ensure the selenium content, as in the diet of group II. **Results and conclusion.** During scientific and economic experience experimental bulls had hematological parameters, corresponding to the physiological norm. At the end of the experiment control animals were inferior to groups II and III by the number of erythrocytes in the blood, respectively, by 1.8 and 2.1%; hemoglobin concentration - 1.1 and 3.0%. The gobies of the II and III groups had serum total protein content higher by 1.5 and 2.3%, than in the control. Also in groups II and III an increase in the content of albumin was found in blood serum by 1.6 and 4.0%. Young animals of groups II and III had in blood serum the level of calcium is higher by 3.27-4.73% and phosphorus - by 1.18-2.37%. Carotene content in blood serum of bulls of groups II and III was 7.46 and 13.43% higher, than in the control. In the experiment young animals of groups II and III also had an advantage by the average daily gain in live weight by 4.4 and 14.2%. In groups II and III the level of profitability of beef production was higher, respectively, by 1.2 and 13.2%, than in the control (27.3%).

Key words: young cattle of the Aberdeen-Angus breed, fattening, rations, organoselenium preparation diacetophenonylselenide-25, fodder additive - benut, hematological indicators.

Citation. Varakin A. T., Ryadnov A.A., Salomatin V. V., Kulik D. K., Murtazaeva R. N., Khazykov V. A. Hematological indicators of bulls when introducing selenium-containing additives in diets. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3 (63). 209-218 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-21.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

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

УДК 636.2.084:636.087.7

**ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЫЧКОВ
ПРИ ВВЕДЕНИИ В РАЦИОНЫ СЕЛЕНСОДЕРЖАЩИХ ДОБАВОК****А. Т. Варакин**¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**А. А. Ряднов**¹, доктор биологических наук, профессор**В. В. Саломатин**¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**Д. К. Кулик**², кандидат сельскохозяйственных наук**Р. Н. Муртазаева**¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**В. А. Хазыков**³, председатель¹Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград²Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, Волгоград³СПК «Тундутово», Республика Калмыкия

Дата поступления в редакцию 21.05.2021

Дата принятия к печати 26.07.2021

Актуальность. При откорме молодняка мясного скота предусматривается обеспеченность рационов нормируемыми питательными веществами, в частности минеральными. В связи с этим весьма актуальным является использование для бычков абердин-ангусской породы селенсодержащих кормовых добавок, способствующих компенсации недостатка селена в рационах. **Материалы и методы.** Физиологические исследования по изучению морфологических и биохимических показателей крови бычков выполнили во время проведения научно-хозяйственного опыта, то есть на его фоне. Гематологические показатели у подопытного молодняка исследовали по общепринятым методикам. Для выполнения опыта по принципу аналогов сформировали 3 группы бычков по 15 голов в каждой. Его продолжительность составила 172 дня, в том числе главный период – 150. В главном периоде животные I контрольной группы получали основной рацион (ОР); II опытной – ОР + ДАФС-25 (1,6 мг/кг концентратов); III опытной – ОР + 0,5 кг кормовой добавки – бенут (взамен эквивалентного количества концентратов) + ДАФС-25 для обеспечения содержания селена, как в рационе II группы. **Результаты и выводы.** В течение научно-хозяйственного опыта подопытные бычки имели гематологические показатели, соответствовавшие физиологической норме. По завершении опыта животные в контроле уступали II и III группам по количеству в крови эритроцитов, соответственно, на 1,8 и 2,1 %; концентрации гемоглобина – 1,1 и 3,0 %. Бычки II и III групп имели содержание в сыворотке крови общего белка выше на 1,5 и 2,3 %, чем в контроле. Также во II и III группах было установлено повышение содержания альбуминов в сыворотке крови на 1,6 и 4,0 %. Молодняк II и III групп имел в сыворотке крови уровень кальция выше на 3,27-4,73 % и фосфора – на 1,18-2,37 %. Содержание каротина в сыворотке крови бычков II и III групп было выше на 7,46 и 13,43 %, чем в контроле. В опыте молодняк II и III групп также имел преимущество по среднесуточному приросту живой массы на 4,4 и 14,2 %. Во II и III группах уровень рентабельности производства говядины был выше, соответственно, на 1,2 и 13,2 %, чем в контроле (27,3 %).

Ключевые слова: молодняк абердин-ангусской породы, откорм бычков, рационы бычков, селеноорганические препараты, ДАФС-25, бенут, гематологические показатели бычков.

Цитирование. Варакин А. Т., Ряднов А. А., Саломатин В. В., Кулик Д. К., Муртазаева Р. Н., Хазыков В. А. Гематологические показатели бычков при введении в рационы селенсодержащих добавок. *Известия НВ АУК*. 2021. 3 (63). 209-218. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-21.

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. В научных исследованиях и в практике животноводства проводят большую работу по наиболее полной реализации продуктивных качеств сельскохозяйственных животных [4, 14, 15, 17, 20].

При этом реализации потенциала продуктивности животных способствует разработка и использование рационов с включением в их состав высококачественных кормов и необходимых балансирующих кормовых средств [5, 7, 23].

Обеспечение биологической полноценности кормления животных находит положительное отражение на физиологических показателях, и в частности на гематологических [3, 13, 22].

Значительный интерес в современных условиях ведения животноводства вызывают органические и неорганические источники микроэлементов для использования в рационах животных [12], например, с учетом недостатка селена в кормах, селенсодержащих препаратов в органической форме [18].

Для сельскохозяйственных животных селен является жизненно необходимым (биогенным, биотическим) микроэлементом в питании. Его содержание в организме очень мало, и в связи с этим он был отнесен к ультрамикроэлементам.

Введение препаратов селена в состав рационов улучшает обмен веществ у животных и способствует увеличению продуктивных показателей. Например, в птицеводстве рекомендуется использовать селен в кормлении гарантированно в расчете 0,2 г/т полнорационного комбикорма.

Поэтому существенный научный и практический интерес вызывает проведение работ по использованию селенсодержащих кормовых добавок и препаратов при производстве говядины; исследованию гематологических показателей откармливаемого мясного скота.

Целью наших исследований являлось изучение морфологических и биохимических показателей крови выращиваемых на мясо бычков абердин-ангусской породы при введении в рационы селеноорганического препарата ДАФС-25 отдельно и в комплексе с селенсодержащей кормовой добавкой – бенут.

Материалы и методы. Физиологические исследования по определению морфологических и биохимических показателей крови бычков выполнили при проведении научно-хозяйственного опыта. Опыт на откармливаемом молодняке мясного скота был проведен в АО КХК «Краснодонское» Иловлинского района Волгоградской области.

Для научно-хозяйственного опыта по принципу аналогов сформировали 3 группы бычков в возрасте 9 месяцев по 15 голов в каждой. Его продолжительность составила 172 дня, в том числе главный период – 150.

В главном периоде животные I контрольной группы получали основной рацион (ОР); II опытной – ОР + ДАФС-25 (1,6 мг/кг концентратов); III опытной – ОР + 0,5 кг кормовой добавки – бенут (взамен эквивалентного количества концентратов) + ДАФС-25 для обеспечения содержания селена, как в рационе II группы.

У бычков в возрасте 10 и 15 месяцев изучали гематологические показатели по общепринятым методикам. Для этого использовали аналогов по 5 животных из каждой группы. Содержание в крови эритроцитов и лейкоцитов определяли подсчетом в камере Горяева, гемоглобина – по Сали, общего белка в сыворотке крови – рефрактометрически, белковых фракций – методом электрофореза в модификации Юделовича, кальция – по Де-Ваарду, фосфора – фотометрически, каротина – на спектрофотометре.

Результаты. В научно-хозяйственном опыте бычкам I контрольной и II опытной групп (в связи с возрастом, живой массой и планируемым приростом – 900–1000 г на голову/сутки) задавали суточные рационы, состоящие из бобового сена, от 2,0 до 2,7 кг, пшеничной соломы – от 1,5 до 2,0 кг, кукурузного силоса – от 11,1 до 15,1 кг, концентратов – от 2,2 до 3,0 кг. Животным III опытной группы задавали аналогичные суточные рационы, с той разницей, что концентраты использовали в количестве от 1,7 до 2,5

кг, и дополнительно 0,5 кг кормовой добавки – бенут. Потребности подопытных животных всех групп в недостающих до нормы кормления минеральных веществах и витамине D обеспечивали введением в рационы, соответственно, кормовых минеральных добавок и препарата данного витамина.

При проведении научно-исследовательских работ постоянное большое внимание уделяется изучению особенностей интерьера у разных видов и половозрастных групп сельскохозяйственных животных, и в частности их гематологических показателей [1, 19, 21].

Необходимо отметить, что характеристику физиологического состояния животного во многом определяют морфологические и биохимические показатели крови. Результаты наших исследований свидетельствовали о том, что во время проведения научно-хозяйственного опыта подопытные бычки имели гематологические показатели, соответствовавшие физиологической норме.

В исследованиях установлено, что в начале опыта морфологические показатели крови у подопытного молодняка по группам находились примерно на одном уровне. Однако при анализе в 15-месячном возрасте данных показателей бычков по сравниваемым группам было отмечено положительное влияние введения в состав рационов испытуемых селенсодержащих добавок (таблица 1).

Таблица 1 – Морфологические показатели крови бычков по завершении научно-хозяйственного опыта ($M \pm m$), ($n=5$)

Table 1 – Morphological parameters of the blood of bulls upon completion of scientific and economic experience ($M \pm m$), ($n=5$)

Группа / Group	Показатель / Indicator		
	эритроциты, $10^{12}/л$ / erythrocytes, $10^{12}/l$	лейкоциты, $10^9/л$ / leukocytes, $10^9/l$	гемоглобин, г/л / hemoglobin, g/l
I контрольная / I control	$7,05 \pm 0,18$	$8,19 \pm 0,33$	$120,1 \pm 0,92$
II опытная / II experienced	$7,18 \pm 0,13$	$8,27 \pm 0,26$	$121,4 \pm 0,51$
III опытная / III experienced	$7,20 \pm 0,15$	$8,12 \pm 0,24$	$123,7 \pm 0,71^*$

Примечание: * $P \geq 0,95$; ** $P \geq 0,99$; *** $P \geq 0,999$

Согласно полученным результатам исследования, бычки в контроле уступали II и III опытным группам в среднем по количеству в крови эритроцитов, соответственно на 1,8 и 2,1 %; концентрации гемоглобина – 1,1 и 3,0 % ($P > 0,95$).

Приведенные данные морфологических показателей крови откармливаемого молодняка при использовании испытуемых кормовых добавок показывают, что у животных опытных групп был более высокий уровень обменных процессов в организме.

Белки, являющиеся важной составной частью крови, играют большую роль в физиологических процессах в организме животного. Следует отметить, что по содержанию общего белка и его фракций в сыворотке крови бычки всех групп в начале опыта не имели существенных различий.

При анализе белкового состава крови подопытного молодняка в 15-месячном возрасте были выявлены различия в пользу животных опытных групп, получавших в составе рационов испытуемые селенсодержащие добавки (таблица 2).

В результате исследования установлено, что бычки II и III опытных групп имели в среднем содержание в сыворотке крови общего белка выше, соответственно, на 1,5 ($P > 0,95$) и 2,3 % ($P > 0,999$), чем животные в контроле. Молодняк III группы был с преимуществом по данному показателю, по сравнению со II, на 0,8 % ($P > 0,95$).

Таблица 2 – Содержание общего белка и его фракций в сыворотке крови бычков ($M \pm m$), ($n=5$)

Table 2 – Content of total protein and its fractions in the blood serum of bulls ($M \pm m$), ($n=5$)

Группа / Group	Показатель / Indicator		
	общий белок, г/л / total protein, g/l	альбумины, г/л / albumin, g/l	глобулины, г/л / globulins, g/l
I контрольная / I control	81,3 $\pm$ 0,29	37,6 $\pm$ 0,15	43,7 $\pm$ 0,11
II опытная / II experienced	82,5 $\pm$ 0,22*	38,2 $\pm$ 0,17*	44,3 $\pm$ 0,15*
III опытная / III experienced	83,2 $\pm$ 0,19***	39,1 $\pm$ 0,14***	44,1 $\pm$ 0,12*

По уровню общего белка в сыворотке крови в опытных группах отмечено увеличение в основном за счет его альбуминовой фракции, служащей пластическим материалом при синтезе мышечной ткани у животного. Так, во II и III группах было установлено повышение содержания альбуминов в сыворотке крови, соответственно, на 1,6 ($P>0,95$) и 4,0 % ($P>0,999$), чем у бычков в контроле. Бычки III группы имели преимущество по изучаемому показателю, в сравнении с животными II группы, на 2,3 % ($P>0,99$).

Характеризуя уровень глобулиновой фракции в сыворотке крови бычков, можем отметить, что ее содержание было выше во II и III опытных группах, соответственно, на 1,4 ($P>0,95$) и 0,9 % ($P>0,95$), чем в контроле.

В % к общему белку уровень альбуминов в сыворотке крови у молодняка I, II и III групп составил, соответственно, 46,2; 46,3 и 47,0; глобулинов – 53,8; 53,7 и 53,0.

Приведенные выше данные по уровню альбуминовой и глобулиновой фракций общего белка в сыворотке крови бычков опытных групп нашли положительное отражение на показателе их белкового коэффициента (А/Г), составившего во II и III группах, соответственно, 0,86 и 0,89, по сравнению с I группой – 0,86.

Концентрация общего кальция и неорганического фосфора в сыворотке крови бычков сравниваемых групп в 10-месячном возрасте существенно не различалась. По завершении опыта в сыворотке крови подопытных животных по группам были выявлены определенные различия по вышеуказанным показателям и каротину (таблица 3).

Таблица 3 – Концентрация минеральных элементов и каротина в сыворотке крови бычков по завершении опыта ($M \pm m$), ($n=5$)

Table 3 – Concentration of mineral elements and carotene in the blood serum of bulls at the end of the experiment ($M \pm m$), ($n=5$)

Группа / Group	Показатель / Indicator		
	кальций, ммоль/л / calcium, mmol/l	фосфор, ммоль/л / phosphorus, mmol/l	каротин, мг/100 мл / carotene, mg/ 100 ml
I контрольная / I control	2,75 $\pm$ 0,11	1,69 $\pm$ 0,10	0,67 $\pm$ 0,02
II опытная / II experienced	2,88 $\pm$ 0,07	1,71 $\pm$ 0,09	0,72 $\pm$ 0,01**
III опытная / III experienced	2,84 $\pm$ 0,08	1,73 $\pm$ 0,05	0,76 $\pm$ 0,01**

По результатам исследования установлено, что молодняк II и III опытных групп имел в сыворотке крови уровень общего кальция выше, соответственно, на 3,27-4,73 % и неорганического фосфора – на 1,18-2,37 %, чем в контроле.

Характеризуя содержание каротина в сыворотке крови бычков, необходимо отметить, что II и III группы имели преимущество по изучаемому показателю, соответственно, на 7,46 ($P>0,99$) и 13,43 % ($P>0,99$), по сравнению с контролем. У животных III группы в сыворотке крови содержание каротина было выше на 5,55 % ($P>0,99$), чем во II.

Полученные результаты исследования крови свидетельствуют о том, что введение в состав рационов селенсодержащих добавок способствует улучшению обмена веществ у откармливаемых бычков, что нашло положительное отражение на их гематологических показателях и энергии роста.

В научно-исследовательских работах, направленных на увеличение производства мяса, находят отражение полученные результаты показателей мясной продуктивности животных [10, 24].

При этом значителен интерес к изучению прижизненных показателей у откармливаемых животных, например среднесуточного прироста их живой массы [9].

Так, за главный период опыта у молодняка I контрольной группы выявлен показатель среднего суточного прироста живой массы равным 926,0 г, а во II и III опытных группах он был выше, соответственно на 4,4 ($P>0,95$) и 14,2 % ($P>0,999$). По сравнению со II группой, у животных III установлено преимущество по данному показателю – 9,3 % ($P>0,999$).

Использование при производстве говядины данных селенсодержащих кормовых добавок экономически выгодно. Во II и III группах уровень рентабельности был выше, соответственно, на 1,2 и 13,2 %, чем в контроле (27,3 %).

Обсуждение. Увеличиваются продуктивные качества сельскохозяйственных животных при включении в состав рационов необходимых кормов и балансирующих добавок [6, 8], биологически активных веществ [11, 16]. В нашем исследовании введение в ОР препарата ДАФС-25 отдельно и вместе с кормовой добавкой – бенут – также способствовало повышению продуктивности бычков на откорме, а именно интенсивности их роста, по сравнению животными, получавшими ОР. Так, у подопытного молодняка при использовании испытуемого препарата и кормовой добавки установлено преимущество по среднему суточному приросту живой массы, соответственно на 4,4 и 14,2 %.

Исследователи отмечают существование взаимосвязи показателей интерьерера, в частности гематологических показателей, с продуктивными качествами животных [2].

Кроме того, выявлено влияние особенностей фактора кормления на показатели состава крови у молодого скота [25].

В нашем исследовании также установлена взаимосвязь состава испытуемых рационов с морфологическими и биохимическими показателями крови подопытных бычков; их продуктивности с гематологическими показателями. У животных при использовании в рационах испытуемых кормовых средств были выше показатели количества в крови эритроцитов, соответственно, на 1,8 и 2,1 %; концентрации гемоглобина - 1,1 и 3,0 %, а также увеличилось содержание в сыворотке крови общего белка на 1,5 и 2,3 %; альбуминов – на 1,6 и 4,0 %; каротина – на 7,46 и 13,43 %, чем у молодняка, при скармливании ОР.

Таким образом, согласно полученным результатам исследования крови, введение в состав рационов испытуемого селенсодержащего препарата и кормовой добавки позволило улучшить обмен веществ в организме откармливаемых бычков, что положительно отразилось на их гематологических показателях и энергии роста. При этом важно отметить, что подопытный молодняк имел морфологические и биохимические показатели крови, которые соответствовали физиологической норме.

Экономическая оценка выполненных исследований показала целесообразность использования в рационах откармливаемого молодняка испытуемого препарата и кормовой добавки, так как при этом показатель уровня рентабельности производства говядины был выше, соответственно на 1,2 и 13,2 %, чем у животных, которым задавали ОР (27,3 %).

Выводы. В мясном скотоводстве целесообразно вводить в состав рационов селеноорганический препарат ДАФС-25 отдельно и в комплексе с селенсодержащей кормовой добавкой – бенут, что оказывает положительное влияние на гематологические показатели бычков на откорме. Использование в рационах испытуемых кормовых средств также способствует повышению интенсивности роста подопытных животных и экономически выгодно при производстве говядины.

Библиографический список

1. Баймишев М. Х., Еремин С. П., Баймишев Х. Б. Коррекция показателей метаболизма у высокопродуктивных коров иммуномодулятором в сухостойный период // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. Вып. 1. С. 52-57.
2. Взаимосвязь интерьерных показателей ягнят разных генотипов с их продуктивностью / Х. Б. Баймишев [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. Вып. 2. С. 32-38.
3. Влияние минеральной добавки на показатели гемограммы, функциональную активность глутатиона и лейкоцитарную формулу крови телят / В. В. Саломатин [и др.] // Ветеринария. 2020. № 3. С. 44-48.
4. Григорьев В. С., Молянова Г. В., Коханов А. П. Влияние коралловой воды на клеточный состав крови и массу тела телят молочного периода // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 226-237.
5. Дуборезов В. Адресные комбикорма для лактирующих коров // Комбикорма. 2020. № 6. С. 28-30.
6. Использование комбикормов и балансирующих добавок при кормлении высокопродуктивных коров Московской области / Р. В. Некрасов [и др.] // Зоотехния. 2017. № 4. С. 5-9.
7. Комлацкий Г. В., Величко В. А., Величко Л. Ф. Влияние кормового концентрата ФУ-РОР на интенсивность роста свиней // Труды Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина. 2019. № 80. С. 209-214.
8. Кормовые подкормки Reasil HumicVet и Reasil Humic Health на основе гуминовых кислот в рационе телят-молочников / А. И. Фролкин [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. Вып. 2. С. 64-70.
9. Кулик Д. К., Варакин А. Т., Харламова Е. А. Продуктивные показатели баранчиков при выращивании на мясо в условиях естественного пастбища // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 174-179.
10. Мясные качества свиней при использовании экстракта двенадцатиперстной кишки и пробиотиков / Е. И. Федюк [и др.] // Аграрный научный журнал. 2017. № 5. С. 54-58.
11. Некрасов Р. В., Чабаев М. Г., Зеленченкова А. А. Ферментные препараты для повышения уровня обмена веществ и продуктивности молодняка // Свиноводство. 2019. № 4. С. 39-40.
12. Особенности действия органических и неорганических источников микроэлементов в питании животных (обзор) / В. С. Крюков [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. 2020. № 3. С. 27-54.
13. Полозюк О. Н., Лапина Т. И. Влияние биологически активных веществ на интерьерные показатели поросят в ранний постнатальный период // Аграрный научный журнал. 2019. № 7. С. 22-23.
14. Полозюк О. Н., Лапина Т. И. Влияние пребиотика на основе сине-зеленой микроводоросли на репродуктивные качества первопоросков // Аграрный научный журнал. 2021. № 1. С. 65-67.
15. Полозюк О. Н., Полозюк Е. С. Влияние пробиотиков на воспроизводительную функцию свиноматок // Аграрный научный журнал. 2020. № 7. С. 32-34.
16. Полозюк О. Н., Полотовский К. А. Влияние «Глималаск Лакт» и «Агроцид супер олиго» на воспроизводительную функцию свиноматок // Аграрный научный журнал. 2017. № 8. С. 21-23.
17. Проблемы реализации потенциала продуктивности молочного скота / Р. В. Некрасов [и др.] // Зоотехния. 2017. № 3. С. 7-12.
18. Продуктивные качества дойных коров при оптимизации минеральной обеспеченности рационов / М. А. Степурина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 269-280.
19. Саломатин В. В., Ряднова Т. А., Ряднов А. А. Влияние адаптогена стресс-корректора Лигфол в сочетании с ростостимулирующим препаратом Селенолин на гематологические показатели молодняка свиней // Ветеринария. 2020. № 12. С. 55-58.

20. Чабаев М. Г., Некрасов Р. В., Романов В. Н. Молочная продуктивность, обменные процессы и показатели воспроизводства у высокопродуктивных коров под влиянием защищенного L-карнитина // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 6. С. 1169-1179.

21. Batanov S. D., Starostina O. S. Blood parameters as indicators of physiological condition of animals // Tierärztliche Umschau. 2018. № 1-2. P. 14-19.

22. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet / A. T. Varakin [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 3837-3841.

23. Perevozchikov A. L., Batanov S. D., Atnabaeva N. A. The use of vitamin-mineral preparation in the feeding of sows for reproduction level // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2017. № 23 (2). P. 298-303.

24. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets / A. T. Varakin [et al.] // Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference. E3S Web of Conf. 2020. Vol. 222. P. 1-8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202041>

25. Residual feed intake and blood variables in young Nellore cattle / C. F. Nascimento [et al.] // Journal of Animal Science. 2015. Vol. 93 (3). P. 1318-1326.

Conclusions. In beef cattle breeding it is advisable to introduce into the diet organic selenium preparation DAFS-25 separately and in combination with a selenium-containing feed additive - benut, which has a positive effect on the hematological parameters of the fattening bulls. Use of test feeds in diets also helps to increase the intensity of growth of experimental animals and cost effective in beef production.

References

1. Baimishev M. Kh., Eremin S. P., Baimishev Kh. B. Correction of metabolic parameters in highly productive cows immunomodulator during dry periods // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2021. Iss. 1. P. 52-57.

2. Interrelation of interior indicators of lambs of different genotypes with their productivity / Kh. B. Baimishev [et al.] // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2021. Iss. 2. P. 32-38.

3. The effect of a mineral supplement on hemogram indicators, functional activity of glutathione and leukocyte blood count of calves / V. V. Salomatin [et al.] // Veterinary medicine. 2020. No. 3. P. 44-48.

4. Grigoriev V. S., Molyanova G. V., Kokhanov A. P. Influence of coral water on the cellular composition of the blood and body weight of milk-producing calves // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. № 4 (60). P. 226-237.

5. Duborezov V. Targeted feed for lactating cows // Compound feed. 2020. No. 6. P. 28-30.

6. Use of compound feed and balancing additives when feeding highly productive cows in the Moscow region / R. V. Nekrasov [et al.] // Animal science. 2017. No. 4. P. 5-9.

7. Komlatsky G. V., Velichko V. A., Velichko L. F. Influence of FUROR feed concentrate on the growth rate of pigs // Proceedings of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin. 2019. No. 80. P. 209-214.

8. Reasil HumicVet and Reasil Humic Health feed supplements based on humic acids in the diet of dairy calves / A. I. Frolkin [et al.] // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2021. Iss. 2. P. 64-70.

9. Kulik D. K., Varakin A. T., Kharlamova E. A. Productive indicators of rams when grown for meat in natural pasture conditions // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2017. No. 3 (47). P. 174-179.

10. Meat quality of pigs using duodenum extract and probiotics / E. I. Fedyuk [et al.] // Agrarian scientific journal. 2017. No. 5. P. 54-58.

11. Nekrasov R. V., Chabaev M. G., Zelenchenkova A. A. Enzyme preparations to increase the level of metabolism and productivity of young animals // Pig breeding. 2019. No. 4. P. 39-40.

12. Features of the action of organic and inorganic sources of trace elements in animal nutrition (review) / V. S. Kryukov [et al.] // Problems of the biology of productive animals. 2020. No. 3. P. 27-54.
13. Polozyuk O. N., Lapina T. I. Influence of biologically active substances for interior performance of piglets in the early postnatal period // Agrarian scientific journal. 2019. No. 7. P. 22-23.
14. Polozyuk O. N., Lapina T. I. Influence of a prebiotic based on blue-green microalgae on the reproductive qualities of the first litters // Agrarian scientific journal. 2021. No. 1. P. 65-67.
15. Polozyuk O. N., Polozyuk E. S. Influence of probiotics on the reproductive function of sows // Agrarian scientific journal. 2020. No. 7. P. 32-34.
16. Polozyuk O. N., Polotovskiy K. A. Influence of "Glimalask Lact" and "Agroside super oligo" on the reproductive function of sows // Agrarian scientific journal. 2017. No. 8. P. 21-23.
17. Problems of realizing the productivity potential of dairy cattle / R. V. Nekrasov [et al.] // Animal science. 2017. No. 3. P. 7-12.
18. Productive qualities of dairy cows while optimizing the mineral supply of rations / M. A. Stepurina [et al.] // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. 4 (60). P. 269-280.
19. Salomatin V. V., Ryadnova T. A., Ryadnov A. A. Influence of Ligfol stress corrector adaptogen in combination with growth-stimulating drug Selenolin on hematological parameters of young pigs // Veterinary medicine. 2020. No. 12. P. 55-58.
20. Chabaev M. G., Nekrasov R. V., Romanov V. N. Milk productivity, metabolic processes and reproduction rates in highly productive cows under the influence of protected L-carnitine // Agricultural biology. 2018. Vol. 53. No. 6. P. 1169-1179.
21. Batanov S. D., Starostina O. S. Blood parameters as indicators of physiological condition of animals // Tierärztliche Umschau. 2018. № 1-2. P. 14-19.
22. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet / A. T. Varakin [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 3837-3841.
23. Perevozchikov A. L., Batanov S. D., Atnabaeva N. A. The use of vitamin-mineral preparation in the feeding of sows for reproduction level // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2017. № 23 (2). P. 298-303.
24. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets / A. T. Varakin [et al.] // Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference. E3S Web of Conf. 2020. Vol. 222. P. 1-8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202041>
25. Residual feed intake and blood variables in young Nellore cattle / C. F. Nascimento [et al.] // Journal of Animal Science. 2015. Vol. 93 (3). P. 1318-1326.

Author's Information

Varakin Aleksandr Tikhonovich, Professor of the Department «Private Animal Science» of Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26); Doctor of Agricultural Sciences, Professor; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0375-7108>; E-mail: varakinat58@mail.ru

Ryadnov Alexey Anatolevich, professor of the Department «Veterinary and sanitary examination, infectious diseases and morphology» of Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskii Ave., 26.); Doctor of Biological Sciences, Professor; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6381-9353>; E-mail: radnov@mail.ru

Salomatin Viktor Vasilievich, Professor of the Department «Private Animal Science» of Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26); Doctor of Agricultural Sciences, Professor; E-mail: zootexnia@mail.ru

Kulik Dmitry Konstantinovich, senior researcher of the department of intensive cultivation technologies of All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (Russia, 400002, Volgograd, ul. Timiryazev, 9); Candidate of Agricultural Sciences; E-mail: galstuk107@yandex.ru

Murtazaeva Ryashidya Nazirovna, Professor of the Department «Management and logistics in the agro-industrial complex» of Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26); Doctor of Agricultural Sciences, Professor; E-mail: rmurtazaeva@mail.ru

Khazykov Valery Alexandrovich, Chairman of the SPC «Tundutovo» (Russia, 359420, Republic of Kalmykia, Maloderbetovskiy district, the village of Tundutovo).

Информация об авторах

Варакин Александр Тихонович, профессор кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); д. с.-х. н., профессор; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0375-7108>; Email: varakinat58@mail.ru

Ряднов Алексей Анатольевич, профессор кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.) доктор биологических наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6381-9353>; E-mail: radnov@mail.ru

Саломатин Виктор Васильевич, профессор кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); доктор сельскохозяйственных наук, профессор; E-mail: zootexnia@mail.ru

Кулик Дмитрий Константинович, старший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия (Россия, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9); кандидат сельскохозяйственных наук; E-mail: galstuk107@yandex.ru

Муртазаева Ряшида Назировна, профессор кафедры «Менеджмент и логистика в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); доктор сельскохозяйственных наук, профессор; E-mail: rmurtazaeva@mail.ru

Хазыков Валерий Александрович, председатель СПК «Тундутово» (Россия, 359420, Республика Калмыкия, Малодербетовский район, село Тундутово).

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-22

FISH, WATER AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SIBERIAN STURGEON WHEN GROWING ON THE BASIS OF COMPOUND FEEDS WITH A PROTEIN CONCENTRATE FROM WHITE LUPINE

**D. A. Randelin¹, M. I. Slozhenkina^{2,3}, A. M. Ya. Elebyari Mohsen^{1,4},
E. S. Vorontsova^{1,3}, Yu. M. Batrakova¹**

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Volgograd State Technical University, Volgograd*

³*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd*

⁴*National Institute of Oceanography and Fisheries, Hurghada, Egypt*

Received 02.07.2021

Submitted 07.09.2021

Summary

The paper presents the results of studies on the effect of replacing fish meal in mixed feeds with protein concentrate from white lupine and meat and bone meal in fractions of 25, 50 and 75% on the fish-breeding and biological indicators of Siberian sturgeon juveniles.

Abstract

Introduction. The main component of compound feeds for aquaculture facilities is fishmeal. But due to the fact that domestic producers of fishmeal do not meet the needs of industries for it, import supplies due to the high cost of this product increase the cost of final products, an important task is to find alternative raw materials with a high protein content. **Object.** The object of research is various doses of protein concentrate containing vegetable protein from white lupine and meat and bone meal. **Materials and methods.** The research was carried out on the basis of the fish farming of the Bykovskiy district of the Volgograd region. Four experimental groups of juveniles of the Siberian sturgeon species at the age of 1 year were formed. The control group of fish consumed standard mixed feed, and I, II and III experimental groups, respectively, mixed feed with the replacement of 25, 50 and 75% fish meal, protein concentrate from white lupine and meat and bone meal. **Results and conclusions.** The introduction of protein concentrate from white lupine and meat and bone meal into mixed feed for Siberian

sturgeon juveniles had a negative impact on fish-breeding and biological indicators, namely live weight, average daily gain, fatness, payment for feed products, as well as a number of hematological indicators. Thus, the young Siberian sturgeon of the control group after 6 months of observation had a live weight greater than the analogues of I, II and III experimental groups by 2.49, 6.09 and 10.24% and an average daily increase - by 2.85, 6.84 and 11.69%. In terms of fatness, the young of the control group exceeded the analogues of I, II and III experimental groups by 6.8; 10.3 and 10.5 points. For 1 kg of body weight gain, the young of the control group spent less feed than the analogues of I, II and III experimental groups by 1.5, 2.3 and 4.5%.

Key words: *Siberian sturgeon juveniles, compound feed, protein concentrate, fish-breeding and biological indicators.*

Citation. Randelin D.A., Slozhenkina M.I., El'byari Mokhsen A.M.Ya, Vorontsova E.S., Batrakova Yu.M. Fish, water and biological characteristics of the siberian sturgeon when growing on the basis of compound feeds with a protein concentrate from white lupine. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 218-226 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-22.

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 639.3.07:639.3.043

РЫБОВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИБИРСКОГО ОСЕТРА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ОСНОВЕ КОМБИКОРМОВ С БЕЛКОВЫМ КОНЦЕНТРАТОМ ИЗ БЕЛОГО ЛЮПИНА

Д. А. Ранделин¹, доктор биологических наук, профессор
М. И. Сложеникина^{2,3}, доктор биологических наук,
член-корреспондент РАН, профессор РАН
А. М. Я. Эльебери Мохсен^{1,4}, аспирант
Е. С. Воронцова^{1,3}, кандидат биологических наук
Ю. М. Батракова¹, аспирант

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

³ГНУ Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград, Россия

⁴Национальный Институт океанографии и рыболовства, Хургада, Египет

Дата поступления в редакцию 02.07.2021

Дата принятия к печати 07.09.2021

Актуальность. Основным компонентом комбикормов для объектов аквакультуры служит рыбная мука. Но в связи с тем, что отечественные производители рыбной муки не обеспечивают потребности отрасли в полной мере, импортные поставки из-за высокой стоимости этого продукта повышают себестоимость конечной продукции, поэтому важной задачей является поиск альтернативного сырья с высоким содержанием протеина. **Объект.** Объектом исследований являются различные дозы белкового концентрата, содержащего растительный белок из белого люпина и мясокостную муку. **Материалы и методы.** Исследования проводились на базе рыбоводческого хозяйства Быковского района Волгоградской области. Были сформированы 4 опытные группы молоди вида сибирского осетра в возрасте 1 года. Контрольная группа рыб потребляла стандартный комбикорм, а I, II и III опытные группы соответственно комбикорм с заменой 25, 50 и 75 % рыбной муки белковым концентратом из белого люпина и мясокостной мукой. **Результаты и выводы.** Введение в комбикорм для молоди сибирского осетра белкового концентрата из белого люпина и мясокостной муки оказало отрицательное влияние на рыбоводно-биологические показатели, а именно живую массу, среднесуточный прирост, упитанность, оплату корма продукцией, а также ряд гематологических показателей. Так, молодь сибирского осетра контрольной группы после 6 месяцев наблюдений имела живую массу больше, чем аналоги I, II и III опытных групп на 2,49; 6,09 и 10,24 % и среднесуточный прирост – на

2,85; 6,84 и 11,69 %. По упитанности молодь контрольной группы превосходила аналогов I, II и III опытных групп на 6,8; 10,3 и 10,5 пункта. На 1 кг прироста массы тела молодь контрольной группы затрачивала корма меньше, чем аналоги I, II и III опытных групп на 1,5; 2,3 и 4,5 %.

Ключевые слова: молодь сибирского осетра, кормление осетров, белковые концентраты, рыбоводно-биологические показатели осетров.

Цитирование: Ранделин Д. А., Сложенкина М. И., Эльбеяри Мохсен А. М. Я., Воронцова Е. С., Батракова Ю. М. Рыбоводно-биологическая характеристика сибирского осетра при выращивании на основе комбикормов с белковым концентратом из белого люпина. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 218-226. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-22.

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. В последние годы интенсивное развитие в России и других странах получила аквакультура [7, 8, 11-13]. Однако имеется ряд факторов, сдерживающих этот процесс. Главным из них является слабая кормовая база. Основным компонентом комбикормов для объектов аквакультуры служит рыбная мука. Отечественные производители рыбной муки не обеспечивают потребности в ней отраслей [4, 5, 14]. Импортные поставки из-за высокой стоимости этого продукта повышают себестоимость конечной продукции аквакультуры и снижают рентабельность ее производства [2, 6].

В связи с этим перед учеными и специалистами стоит проблема поиска альтернативного сырья с высоким содержанием протеина. Одним из источников белка предлагается использование мясокостной муки, жмыхов, жиров, белковых концентратов бобовых культур [3, 4, 10].

Целью наших исследований было изучение эффективности использования в комбикормах осетровых рыб вместо рыбной муки различных доз белкового концентрата, содержащего растительный белок из белого люпина и мясокостную муку.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования были проведены на базе рыбоводческого хозяйства «ИП Калмыков» Быковского района Волгоградской области. Для проведения опыта на предприятии были сформированы 4 опытные группы молоди вида сибирского осетра в возрасте 1 года (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема проведения научно-хозяйственного опыта

Figure 1 – Scheme of scientific and economic experience

Контрольная группа рыб потребляла стандартный комбикорм, а I, II и III опытные группы соответственно комбикорм с заменой 25, 50 и 75 % рыбной муки белковым концентратом из белого люпина и мясокостной мукой.

Подопытное поголовье рыб кормили опытными партиями комбикормов, изготовленных в соответствии с нормами кормления осетровых видов рыб. В составе комбикормов присутствовали рыбная мука, пшеничная мука, мясокостная мука, растительный белковый концентрат из белого люпина.

При расчете рационов для подопытной молодежи использовали программу «КормОптим». Комбикорма для рыб были выработаны на комбикормовом заводе ООО «Фабрика белковых кормов» (г. Волгоград).

Подопытный молодняк получал корм четыре раза в сутки. Рацион корректировался ежемесячно, согласно результатам контрольного взвешивания.

Молодь рыб содержалась в садках площадью 10 м². Плотность посадки молодежи составляла 30 кг/м².

Садки были установлены на реке Волге. Глубина реки на месте установления садков составляла 5-7 м, скорость течения воды в реке варьировалась от 0,2 до 0,4 м в секунду.

В изучаемых комбикормах определяли сырой протеин, жир, клетчатку, углеводы, энергетическую ценность.

Питательную ценность кормов и добавок определяем по общепринятым методикам (Лебедев П. Т. и др., 1976; Аликаев В. А. и др., 1976).

Пищевую активность рыб изучали методом наблюдения за количеством схватываний и отверганий пищи.

Показатели продуктивности выращиваемых осетров оценивали по изменениям роста линейных и весовых значений рыб, коэффициенту упитанности и сохранности поголовья.

Для анализа динамики роста рыб проводили ежедекадные контрольные взвешивания, по результатам которых проводили расчет абсолютного, среднесуточного и относительного приростов.

Взвешивание, линейное измерение, а также расчёт коэффициента упитанности рыб проводили в соответствии с методами, предложенными И. Ф. Правдиным (1966).

Сохранность поголовья определяли по числу выжившей и павшей рыбы. Кровь у рыбы брали из хвостовой вены в пробирки с антикоагулянтом сразу после извлечения из воды.

Концентрацию гемоглобина в крови определяли фотометрически цианметгемоглобиновым методом с помощью фотоэлектроколориметра КФК-3.

Скорость оседания эритроцитов (СОЭ) определяли по общепринятому методу с использованием аппарата Панченкова.

Экономическую эффективность выращивания сибирского осетра рассчитывали по методике, предложенной МСХ СССР и ВАСХНИЛ (1983).

Биометрическую обработку данных проводили по методике Лакина (Лакин Г. Ф., 1990) и программы «Microsoft Office Excel». Достоверность различий между признаками определяли путем сопоставления с критерием по Стьюденту. При этом определяли три порога достоверности: *P>0,95; **P>0,99; ***P>0,999.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что при замене в комбикормах рыбной муки на белковый концентрат снижается интенсивность развития молодежи осетровых. Так, при практически равной постановочной живой массе рыб подопытных групп (122,6-123,5 г) при снятии с опыта масса осетров варьировала от 876,8 до 966,5 г (таблица 1).

При этом по мере увеличения массы белкового концентрата в комбикорме с 25 до 75 % снижалась интенсивность роста молоди.

Таблица 1 – Рыбоводно-биологические показатели выращивания сибирского осетра на изучаемых комбикормах

Table 1 – Fish-breeding and biological indicators of growing Siberian sturgeon on the studied compound feeds

Показатель / Indicator	Подопытные группы / Experimental groups			
	Контрольная / Control	Опытные / Experienced		
		I	II	III
Масса постановочная, г / Production weight, g	123,5±5,16	123,2±4,17	122,6±5,10	123,2±4,72
Масса съёмная, г / Removable weight, g	966,5±10,52	943,1±9,80	911,4±7,96	876,8±8,98
Абсолютный прирост массы, г / Absolute weight gain, g	843,0±10,60	819,9±9,84	788,8±8,10	753,6±9,08
Среднесуточный прирост массы, г / Average daily weight gain, g	4,68±0,07	4,55±0,09	4,38±0,09	4,19±0,05
Примеры длины туловища при постановке, см / Examples of the length of the trunk when setting, cm	37,42±1,52	37,28±1,47	37,40±1,49	37,44±1,51
Примеры длины туловища при снятии, см / Examples of the length of the trunk when removed, cm	48,81±1,85	47,63±1,81	46,88±1,86	46,76±1,87
Упитанность / Fatness	1,32	1,34	1,35	1,38
Кормовой коэффициент / Feed ratio	92,5	92,5	90,0	87,5

Средняя масса осетров I, II и III опытных групп в конце исследований была меньше, чем в контроле, соответственно на 23,4 г, или 2,42 %; 55,1 г, или 5,70 % ($P>0,95$) и 89,7 г, или 9,28 % ($P>0,99$). Абсолютный прирост массы осетров варьировал от 843,0 (контроль) до 753,6 г (III группа). Среднесуточный прирост молоди в контроль был выше, чем у аналогов I, II и III опытных групп соответственно на 2,86; 6,85 ($P>0,95$) и 11,70 % ($P>0,99$).

О более высокой степени развития молоди контрольной группы свидетельствуют и промеры длины их туловища. Так, длина туловища при снятии с опыта осетров контрольной группы была больше, чем у аналогов, потреблявших белковый концентрат, соответственно на 1,18 см, или 2,48 %; 1,93 см, или 4,12 % и 2,05 см, или 4,38 %.

Показатель упитанности осетров также снижается по мере увеличения доли белкового концентрата в комбикорме с 25 до 75 %. Так показатель упитанности рыб в контроле составил 112,1, что выше, чем у аналогов I, II и III групп на 6,8; 10,3 и 10,5 единиц.

У молоди, потребляемой белковый концентрат, повысились затраты корма на единицу продукции соответственно на 0,2; 0,3 и 0,6 ед. Отмечено снижение в опытных группах выживаемости рыб с 92,5 до 87,5 %.

Таким образом, замена рыбной муки на белковый концентрат в комбикорме для рыб, способствовала снижению отдельных рыбоводно-биологических показателей.

Следует отметить, что показатели продуктивности животных, в том числе и рыб тесно взаимосвязаны с их гематологическим составом.

В процессе изучения влияния на гематологический состав подопытной молоди рыб частичного замещения в комбикормах рыбной муки белковым концентратом из растительного сырья в комплексе с мясокостной мукой была исследована динамика морфологических и биохимических показателей её крови (таблица 2).

Таблица 2 – Гематологические показатели подопытной молоди

Table 2 – Hematological parameters of experimental juveniles

Показатель / Indicator	Контрольная / Control	I опытная / I experienced	II опытная / II experienced	III опытная / III experienced
Глюкоза / Glucose	110,63±2,01	112,40±2,61	116,71±2,20	117,38±1,94
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	31,85±1,26	30,27±1,03	27,12±1,32	25,15±1,54
Эритроциты, 10 ¹² /л / Red blood cells, 10 ¹² /l	0,627±0,07	0,604±0,04	0,581±0,05	0,560±1,54
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	59,21±0,21	58,54±0,25	56,22±0,23	55,71±0,21
Холестерин, ммоль/г / Cholesterol, mmol/g	2,90±0,08	2,98±0,05	3,26±0,06	3,49±0,08
СОЭ, мм/г / ESR, mm/g	2,45±0,21	2,31±0,19	2,25±0,22	2,18±0,20
Лейкоциты, 10 ⁹ /л в т.ч.: / White blood cells, 10 ⁹ /l including:	38,74±1,95	38,10±2,01	37,46±1,75	37,23±16,6
Нейтрофилы, % / Neutrophils, %	23,94±0,84	24,11±0,72	21,76±0,65	21,19±0,97
Эозинофилы, % / Eosinophils, %	5,61±0,31	5,38±0,20	5,47±0,36	5,26±0,29
Моноциты, % / Monocytes, %	4,36±0,29	4,41±0,18	4,68±0,22	5,08±0,36
Лимфоциты, % / Lymphocytes, %	66,09±1,25	66,10±0,96	68,09±1,10	68,47±0,88

Одним из важных факторов, характеризующих физиологическое состояние рыб, является белковая картина крови. Высокое содержание белка в сыворотке крови рыб в пределах установленных норм является благоприятным признаком. Значительное снижение содержания белка связано с потерей жизнестойкости и может сопровождаться гибелью рыбы [1, 4, 9].

Содержание общего сывороточного белка у рыб контрольной группы было выше по сравнению с аналогами из опытных групп, что может свидетельствовать о более интенсивном процессе белкового обмена в их организме.

Молодь I, II и III опытных групп по содержанию белка в сыворотке крови уступала по сравнению с контролем, соответственно на 5,03; 14,80 (P>0,95) и 21,7 % (P>0,95) и по концентрации гемоглобина на 1,20; 5,10 (P>0,59) и 6,88 % (P>0,99).

Важным информативным биохимическим показателем физиологического состояния рыб служит количество глюкозы (сахара) в их крови. Результаты исследований свидетельствуют, что содержание глюкозы в крови молоди опытной группы находится в пределах нормы 110,6-117,3 мг/л. При этом более высокое ее содержание при недостоверной и низко достоверной разнице установлено у рыб, потреблявших белковый концентрат из белого люпина и мясокостной муки. Различия в пользу молоди I, II и III опытных групп в сравнении с контролем составили соответственно 1,60; 5,50 (P>0,95) и 6,10 % (P>0,95).

Результаты проведенных анализов показали, что в крови рыб опытных групп в сравнении с контролем, повысилось содержание холестерина на 2,76; 12,4 (P>0,95) и 20,34 % (P>0,99).

По мнению ряда ученых, такое наблюдается при недостатке в рационе рыб протеина. Наиболее высокое содержание холестерина отмечалось в крови молоди III группы, в рацион которой вводился белковый концентрат в количестве 75 %.

Показатель скорости оседания эритроцитов (СОЭ) варьировал по группе в пределах ошибки выборки.

При этом замена в комбикорме молоди рыбной муки белковым концентратом оказала негативное влияние на содержание в их крови эритроцитов. Так, в крови осетров I, II и III опытных групп содержание эритроцитов снизилось соответственно на 3,67; 7,34 ($P>0,99$) и 10,69 % ($P>0,99$).

Снижение в крови молоди концентрации эритроцитов повлияло на содержание гемоглобина. Снижение содержания гемоглобина в крови рыб опытных групп, в сравнении с контролем составило 1,13; 5,05 ($P>0,99$) и 5,92 % ($P>0,999$).

Следует отметить, что по группам подопытной молоди отмечены различия по содержанию в крови лейкоцитов и лейкоцитарной картины в целом. Так, лейкоцитов в крови осетровых контрольной группы содержалось больше, чем в опытных, соответственно на 1,68; 3,42 и 4,05 % при недостоверной разнице. При этом концентрация нейтрофилов была выше в крови молоди I опытной группы в сравнении с контролем на 0,71 % и аналогами II и III опытных групп – на 10,80 ($P>0,95$) и 13,78 % ($P>0,95$). Однако в связи с более низкой стоимостью белкового концентрата экономический эффект выращивания осетров был выше в I опытной группе.

Выводы. Таким образом, введение в комбикорм для молоди сибирского осетра белкового концентрата из белого люпина и мясокостной муки оказало отрицательное влияние на рыбоводно-биологические показатели, а именно живую массу, среднесуточный прирост, упитанность, оплату корма продукции, а также на ряд гематологических показателей. Так, молодь сибирского осетра контрольной группы после 6 месяцев наблюдений имела живую массу больше, чем аналоги I, II и III опытных групп, на 2,49; 6,09 и 10,24 % и среднесуточный прирост – на 2,85; 6,84 и 11,69 %. По упитанности молодь контрольной группы превосходила аналогов I, II и III опытных групп на 6,8; 10,3 и 10,5 пункта. На 1 кг прироста массы тела молодь контрольной группы затрачивала корма меньше, чем аналоги I, II и III опытных групп на 1,5; 2,3 и 4,5 %. При этом все гематологические показатели варьировали по группам в пределах физиологических норм.

Библиографический список

1. Высокоэффективные комбикорма – основа повышения рыбопродуктивности / А. А. Васильев [и др.]. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, 2020. 240 с.
2. Комплексная добавка на основе муки из ракообразных в комбикормах для осетровых рыб / А. А. Бахарева [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 3. С. 66-73.
3. Кошак Ж. В., Рукшан Л. В., Гадлевская Н. Н. Влияние продолжительности хранения экструдированного комбикорма для осетровых рыб на его качество // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. 2018. № 2(25). С. 59-64.
4. Особенности выращивания ремонтно-маточного стада осетровых рыб с применением нового высокоэффективного преднерестового комбикорма / А. А. Бахарева [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21. № 2-2 (88). С. 169-174.
5. Технологии производства кормов для аквакультуры / Л. Ю. Коноваленко [и др.]. Москва: Росинформгрупп, 2020. 80 с.
6. Эффективность использования белкового концентрата из белого люпина в комплексе с мясокостной мукой в комбикормах при выращивании молоди сибирского осетра / С. И. Николаев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 146-152.
7. Amvrosov D. Y., Rachev E. I. Cultivation of triple hybrids of Russian, Siberian, and Amur sturgeons at a warm-water fish farm // Russian Journal of Marine Biology. 2020. № 46 (7). P. 600-610.

8. Effects of insect diets on the gastrointestinal tract health and growth performance of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* brandt, 1869) / A. Józefiak [et al.] // BMC Veterinary Research. 2019. V. 15(1).
9. Effects of early long-chain n-3HUFAs programming on growth, antioxidant response and lipid metabolism of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt) / Lin Luo [et al.] // Aquaculture. 2019. V. 509. P. 96-103.
10. Effect of the extract of lemon verbena (*Aloysia citrodora*) on the growth performance, digestive enzyme activities, and immune-related genes in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) / Milad Adel [et al.] // Aquaculture. 2021. V. 541. 736797.
11. Effects of the supplementation of vitamin D3 on the growth and vitamin D metabolites in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) / L. Wang [et al.] // Fish Physiology and Biochemistry. 2017. V. 43 (3). P. 901-909.
12. Gorjipour E. Effects of water type (river and well) on hematological parameters in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) // Journal of Fisheries and Aquatic Science. 2014. V. 9 (4). P. 213-220.
13. Jafari N., Falahatkar B. Growth performance and physiological changes of holding juvenile Siberian sturgeon at different sizes in rearing units // Aquaculture Research. 2019. V. 50 (3). P. 699-706.
14. Supplementation of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) diet with barberry (*Berberis vulgaris*) fruit extract: Growth performance, hemato-biochemical parameters, digestive enzyme activity, and growth-related gene expression / Farshad Ramezani [et al.] // Aquaculture. 2021. V. 540. 736750.

Conclusions. Thus, the introduction of protein concentrate from white lupine and meat and bone meal into mixed feed for Siberian sturgeon juveniles had a negative impact on fish-breeding and biological indicators, namely live weight, average daily gain, fatness, payment for feed products, as well as a number of hematological indicators. Thus, the young Siberian sturgeon of the control group after 6 months of observation had a live weight greater than the analogues of the I, II and III experimental groups by 2.49, 6.09 and 10.24% and an average daily increase - by 2.85, 6.84 and 11.69%. In terms of fatness, the young of the control group exceeded the analogues of the I, II and III experimental groups by 6.8; 10.3 and 10.5 points. For 1 kg of body weight gain, the young of the control group spent less feed than the analogues of the I, II and III experimental groups by 1.5, 2.3 and 4.5%. At the same time, all hematological parameters varied by groups within the physiological norms.

References

1. Vysokojeffektivnye kombikorma - osnova povysheniya ryboproduktivnosti / A. A. Vasil'ev [i dr.]. Saratov: Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. N. I. Vavilova, 2020. 240 p.
2. Kompleksnaya dobavka na osnove muki iz rakoobraznyh v kombikormah dlya osetrovyyh ryb / A. A. Bahareva [i dr.] // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe hozyajstvo. 2019. № 3. P. 66-73.
3. Koshak Zh. V., Rukshan L. V., Gadlevskaya N. N. Vliyanie prodolzhitel'nosti hraneniya jekstrudirovannogo kombikorma dlya osetrovyyh ryb na ego kachestvo // Vestnik Mogilevskogo gosudarstvennogo universiteta prodovol'stviya. 2018. № 2(25). P. 59-64.
4. Osobennosti vyraschivaniya remontno-matochnogo stada osetrovyyh ryb s primeneniem novogo vysokojeffektivnogo prednerestovogo kombikorma / A. A. Bahareva [i dr.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2019. T. 21. № 2-2 (88). P. 169-174.
5. Tehnologii proizvodstva kormov dlya akvakul'tury / L. Yu. Konovalenko [i dr.]. Moskva: Rosinformagroteh, 2020. 80 p.
6. Jekfektivnost' ispol'zovaniya belkovogo koncentrata iz belogo lyupina v komplekse s myasokostnoj mukoj v kombikormah pri vyraschivanii molodi sibirskogo osetra / S. I. Nikolaev [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 4 (56). P. 146-152.
7. Amvrosov D. Y., Rachev E. I. Cultivation of triple hybrids of Russian, Siberian, and Amur sturgeons at a warm-water fish farm // Russian Journal of Marine Biology. 2020. № 46 (7). P. 600-610.
8. Effects of insect diets on the gastrointestinal tract health and growth performance of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* brandt, 1869) / A. Józefiak [et al.] // BMC Veterinary Research. 2019. V. 15(1).

9. Effects of early long-chain n-3HUFA programming on growth, antioxidant response and lipid metabolism of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt) / Lin Luo [et al.] // *Aquaculture*. 2019. V. 509. P. 96-103.

10. Effect of the extract of lemon verbena (*Aloysia citrodora*) on the growth performance, digestive enzyme activities, and immune-related genes in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) / Milad Adel [et al.] // *Aquaculture*. 2021. V. 541. 736797.

11. Effects of the supplementation of vitamin D3 on the growth and vitamin D metabolites in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) / L. Wang [et al.] // *Fish Physiology and Biochemistry*. 2017. V. 43 (3). P. 901-909.

12. Gorjipour E. Effects of water type (river and well) on hematological parameters in juvenile siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) // *Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 2014. V. 9 (4). P. 213-220.

13. Jafari N., Falahatkar B. Growth performance and physiological changes of holding juvenile siberian sturgeon at different sizes in rearing units // *Aquaculture Research*. 2019. V. 50 (3). P. 699-706.

14. Supplementation of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) diet with barberry (*Berberis vulgaris*) fruit extract: Growth performance, hemato-biochemical parameters, digestive enzyme activity, and growth-related gene expression / Farshad Ramezani [et al.] // *Aquaculture*. 2021. V. 540. 736750.

Author's Information

Randelin Dmitry Aleksandrovich - Head of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002, Russia), Doctor of Biological Sciences. E-mail: randelin_dm@mail.ru.

Slozhenkina Marina Ivanovna - Corresponding Member of RAS, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (6 Rokossovsky St., Volgograd, 400131, Russia), tel. (8442) 39-10-48, 39-11-01, 37-38-09; Professor of the Department "Food Production Technologies" of the Volgograd State Technical University (28 V. I. Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>. E-mail: slozhenkina@mail.ru.

El'byari Mokhsen A.M.Ya - Assistant Teacher, National Institute of Oceanography and Fisheries, Hurghada, Egypt (Egypt, Hurghada, Alahia region, Niof 102 home), postgraduate student of Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002, Russia).

Vorontsova Elena Sergeevna - Candidate of Biological Sciences, Volga Research Institute of Manufacture and Processing of Meat and Dairy Production (6 Rokossovsky Str., Volgograd, 400131, Russia); Volgograd State Agrarian University (26 University Ave., Volgograd, 400002, Russia).

Batrakova Yulia Mikhailovna - Graduate Student, Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002, Russia).

Информация об авторах

Ранделин Дмитрий Александрович - заведующий кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор биологических наук
E-mail: randelin_dm@mail.ru.

Сложенкина Марина Ивановна - член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, 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 «Технологии пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>. E-mail: niimmp@mail.ru.

Эльбяри Мохсен А.М.Я. - ассистент-преподаватель, Национальный институт океанографии и рыболовства, Хургада, Египет (Египет, Хургада, регион Алахия, Niof 102 home); аспирант Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26).

Воронцова Елена Сергеевна - кандидат биологических наук, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6); Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26).

Батракова Юлия Михайловна – аспирант Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26).

THE INFLUENCE OF NON-TRADITIONAL FEED ADDITIVES IN FEEDING CATTLE ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF BEEF IN YAKUTIA

M.F. Grigorev

Arctic State Agro-Technological University, Yakutsk

Received 21.05.2021

Submitted 09.08.2021

Summary

The article presents data on the chemical composition of beef obtained from fattening cattle that consumed non-traditional feed additives from local natural raw materials. The experiments were organized into 3 groups of culled cattle. At the end of the experiment, a control slaughter of experimental animals was carried out. Average samples of beef for further chemical analysis were taken.

Abstract

As a result of the research, the effect of experimental feed additives on the content nutrients, minerals, and vitamins in meat was established. The samples of the control group exceeded the experimental groups in terms of water content in meat by 2,33 % and 1,23 %. The experimental groups in terms of the content of nutrients as protein exceeded the control group by 2,04 % and 1,07 %, in terms of fat by 0,40 % and 0,20 %. In the meat of the experimental groups in relation to the control group, the content of calcium increased by 3.81 % and 1.50 %, phosphorus by 21.05 % and 10.53 %, iron by 6.72 % and 3.95 %, copper by 31,34 % and 7.46 %, magnesium at 12.86 % and 7.62 %, selenium at 10.70 % and 3.21 %. In the meat of the experimental groups, the content of zinc decreased to level 10.27 ± 2.91 mg/kg, lead to level 0.063 ± 0.009 mg/kg, cadmium to level 0.001 ± 0.000 mg/kg. At the same time, in the meat of the experimental groups, the content of vitamin A increased by 26.67 % and 13.33 %, vitamin C by 50.00 % and 25.00 %, vitamin E by 44.44 % and 22.22 %, vitamin B₁ by 9.38 % and 6.25 %, vitamin B₂ by 23.08 % and 7.69 %, vitamin B₃ by 8.33 % and 5.83 %. Studies have shown that the use of non-traditional feed substances in cattle feeding can improve the chemical composition of meat and reduce the content of heavy metals in meat products.

Key words: *cattle breeding, feeding, feed additives, chemical composition, meat productivity.*

Citation. Grigorev M.F. The influence of non-traditional feed additives in feeding cattle on the chemical composition of beef in Yakutia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 227-234 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-23.

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

УДК 636.084.522.2

ВЛИЯНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК В КОРМЛЕНИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГОВЯДИНЫ В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ

М. Ф. Григорьев, кандидат сельскохозяйственных наук

*ФГБОУ ВО Арктический государственный агротехнологический университет
г. Якутск, Россия*

Дата поступления в редакцию 21.05.2021

Дата принятия к печати 09.08.2021

Аннотация. В статье представлены данные о химическом составе говядины. Ранее крупный рогатый скот на откорме потреблял нетрадиционные кормовые добавки из местного природного сырья. Опыты организованы на 3 группах выбракованного крупного рогатого скота. В конце опыта проведен контрольный убой подопытных животных. Были отобраны средние пробы говядины для дальнейшего химического анализа. В результате исследо-

ваний было установлено влияние экспериментальных кормовых добавок на содержание питательных и минеральных веществ, а также витаминов в мясе. Образцы контрольной группы превосходили опытные группы по содержанию в мясе влаги на 2,33 % и 1,23 %. Опытные группы по содержанию питательных веществ, таких как белок превосходили контрольную группу на 2,04 % и 1,07 %, жир – на 0,40 % и 0,20 %. В мясе опытных групп по отношению к контрольной группе увеличилось содержание кальция на 3,81 % и 1,50 %, фосфора – на 21,05 % и 10,53 %, железа – на 6,72 % и 3,95 %, меди – на 31,34 % и 7,46 %, магния – на 12,86 % и 7,62 %, селена – на 10,70 % и 3,21 %. В мясе опытных групп уменьшилось содержание цинка на $10,27 \pm 2,91$ мг/кг, свинца – до $0,063 \pm 0,009$ мг/кг, кадмия – до $0,001 \pm 0,000$ мг/кг. При этом в мясе опытных групп содержание витамина А увеличилось на 26,67 % и 13,33 %, витамина С – на 50,00 % и 25,00 %, витамина Е – на 44,44 % и 22,22 %, витамина В₁ – на 9,38 % и 6,25 %, витамина В₂ – на 23,08 % и 7,69 %, витамина В₃ – на 8,33 % и 5,83 %. Исследования показали, что использование нетрадиционных кормовых добавок в кормлении крупного рогатого скота позволяет улучшить химический состав мяса и уменьшить содержание тяжелых металлов в продукции.

Ключевые слова: кормление КРС, нетрадиционные кормовые добавки, химический состав говядины, мясная продуктивность КРС, условия содержания КРС.

Цитирование. Григорьев М. Ф. Влияние нетрадиционных кормовых добавок в кормлении крупного рогатого скота на химический состав говядины в условиях Якутии. *Известия НВ АУК*. 2021. 3 (63). 227-234. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-23.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Для реализации продуктивного потенциала сельскохозяйственных животных в суровых природно-климатических условиях необходимо разработать технологии разведения животных с учетом хозяйственных факторов [8, 10, 14].

По мнению исследователей [2, 9], решение проблемы повышения продуктивности животных можно решить рациональным кормлением: при условии, что рационы животных будут оптимальны по количеству белков, жиров и углеводов, а также минеральной части, ввиду того, что при его недостаточном количестве усвоение органической части не будет эффективно. Поэтому значение минерального питания в животноводстве трудно переоценить.

Для лучшего восполнения дефицитных минеральных веществ в рационы животных включают такие нетрадиционные кормовые добавки, как хвойная мука, природные цеолиты и минеральные соли.

При этом существует другая информация [6], в которой указывается, что поступление солей тяжёлых металлов из состава цеолита в организм овец и кур, вызывает стресс, который в свою очередь влечен угнетение функций клеточных структур органов иммунитета.

Свойства детоксикации являются важным ценным качеством минеральных сорбентов – в пищеварительной системе происходит связывание токсичных и вредных веществ, в том числе патогенной флоры и радиоактивных веществ. По характеру связывающие свойства сорбентов делятся на адсорбцию и абсорбцию. Первое происходит, когда связываемое вещество поглощается поверхностью сорбента. Во втором случае, при абсорбции вещества, поглощается всем объемом минерала. В практике животноводства и птицеводства в основном применяются адсорбенты, к которым относят бентониты, цеолиты, трепел, вермикулит, глауконит, аэросил, диатомит и другие минералы. Природные минеральные сорбенты обладают сравнительно стабильными качествами, они термостабильны. Также отмечается, что в основном природные сорбенты не связывают витамины, макро- и микроэлементы кормов. Обнаружение сорбционных свойств у природных минералов, таких как цеолиты, бентониты, сапониты, глаукониты, алунинов, анальцимов и других минералов;

а также содержание в них дефицитных микроэлементов, стало основанием для проведения поисковых работ по возможности их практического использования в животноводстве и птицеводстве [11].

Витаминные кормовые добавки являются эффективным средством, обеспечивающим восполнение дефицита витаминов у животных [1, 7]. К таким добавкам относят хвою и хвойную муку, включение их в рационы сельскохозяйственных животных способствует улучшению производственных показателей животноводства.

В условиях Якутии к эффективным кормовым добавкам относят хвойную муку, цеолит хонгурин и Кемпендйскую соль [12, 13, 15].

Необходимо отметить, что в отдельных публикациях упоминается о накоплении тяжелых металлов в получаемой продукции. В связи с этим возникает необходимость изучения влияния нетрадиционных кормовых добавок (хвойной муки, цеолита и минеральной соли).

Цель исследования: изучение влияния нетрадиционных кормовых добавок в кормлении выбракованного скота на химический состав говядины.

Задачи исследований:

- определение показателей содержания отдельных макро- и микроэлементов в мясе;
- оценка содержания витаминов в мясе.

Материалы и методы. Исследования организованы на выбракованном крупном рогатом скоте симментальской породы в условиях КФХ Лонкур Сунтарского района Республики Саха (Якутия).

Таблица 1 – Схема опытов на выбракованном крупном рогатом скоте

Table 1 – Scheme of experiments on cattle

№	Группа / Group	n	Условия опыта / Experimental conditions
1	I - контрольная / I - control	10	Основной рацион / Basic ration
2	II - опытная / II - experimental	10	Основной рацион + хвойная мука 75 г + цеолит хонгурин 0,7 г/кг живой массы + Кемпендйская соль 65 г / Basic ration + flour green mass of coniferous tree 75 g + zeolite hongurin 0,7 g / kg live weight + Kempendyai salt 65 g
3	III - опытная / III - experimental	10	Основной рацион + хвойная мука 120 г + цеолит хонгурин 0,8 г/кг живой массы + Кемпендйская соль 65 г / Basic ration + flour green mass of coniferous tree 120 g + zeolite hongurin 0,8 g / kg live weight + Kempendyai salt 65 g

В конце опыта проведен контрольный убой животных и взяты пробы мяса для химического анализа.

Химический состав цеолита хонгурина представлен в работах [3-5]. Хвойная мука содержит в составе сухое вещество – 20,7 %, сырой протеин – 6,9 %, углеводы – 32,8 %, сырой жир – 9,6 %, сырая клетчатка – 10,5 %, органические кислоты – 9,6 %, другие органические вещества – 2,5 %, сырая зола – 7,4 мг%, кальций – 0,5 %, фосфор – 0,4 %, калий – 2,3 %, магний – 0,3 %, железо – 174 мг, медь – 12,6 мг, марганец – 197 мг, каротин – 168 мг, Витамин Е – 220 мг, Витамин В₁ – 8,0 мг%, Витамин С – 127,3 мг, Витамин Р_Р – 27,8 мг.

Результаты. Расход корма на период откорма выбракованного скота симментальской породы представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Потребность в кормах выбракованного скота

Table 2 – The need for feed for cattle

№	Показатель / Indicator	Средне-суточная дача, кг / Average per day, kg	Продол-жительность периода, дней / Duration, days	Потребность на период, кг / Required for the period, kg	Содержание в кормах / Contained in feed	
					ЭКЕ / EFU	переваримого протеина, кг / digestible protein, kg
1	Норма / Norm				372,0	
2	Сено луговое / Meadow hay	12,0	30	360	216,0	15,69
3	Сенаж разнотравный / Herb haylage	5,0	30	150	45,0	4,68
4	Комбикорм / Compound feed	4,0	30	120	117,6	12,84
5	Итого / Total				378,6	33,21
6	Обеспеченность, % / Corresponds, %				101,77	

Таким образом, анализ кормления выбракованного скота симментальской породы на откорме показал, что по ряду минеральных веществ имелся недостаток. Включение комплексных кормовых добавок в рационы животных позволило улучшить показатели обеспеченности биологически активными веществами.

В целях определения влияния комплексных кормовых добавок на качество мясной продукции изучили химический состав мяса, данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав мяса, (M±m)

Table 3 – Chemical composition of meat, (M ± m)

№	Показатели / Indicators	Группы / Groups		
		I – контрольная / I – control	II – опытная / II – experimental	III – опытная / III – experimental
1	2	3	4	5
1	Массовая доля влаги, % / Moisture content, %	73,50±7,03	71,17±4,19	72,27±4,89
2	Массовая доля белка, % / Protein mass fraction, %	21,03±1,77	23,07±1,53	22,10±2,05
3	Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	5,50±0,81	5,90±0,35	5,70±0,42
4	Ca, мг/100 г / Ca, mg/100 g	8,67±2,60	9,00±1,37	8,80±1,52
5	P, мг/100 г / P, mg/100 g	0,19±0,05	0,23±0,04	0,21±0,04
6	Fe, мг/кг / Fe, mg/kg	26,33±7,32	28,10±4,56	27,37±4,89
7	Cu, мг/кг / Cu, mg/kg	0,067±0,025	0,088±0,005	0,072±0,016
8	Zn, мг/кг / Zn, mg/kg	16,57±5,54	10,27±2,91	12,20±2,77
9	Mg, мг/100 г / Mg, mg/100 g	21,00±1,06	23,70±0,72	22,60±1,10
10	Se, мг/кг / Se, mg/kg	1,87±0,84	2,07±0,59	1,93±0,57
11	Pb, мг/кг / Pb, mg/kg	0,081±0,027	0,063±0,009	0,070±0,010
12	Cd, мг/кг / Cd, mg/kg	0,003±0,001	0,001±0,000	0,002±0,001
13	Витамин А, мг/100 г / Vitamin A, mg/100 g	0,15±0,03	0,19±0,02	0,17±0,05
14	Витамин С, мг/100 г / Vitamin C, mg/100 g	0,04±0,01	0,06±0,01	0,05±0,01

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5
15	Витамин Е, мг/100 г / Vitamin E, mg/100 g	0,09±0,01	0,13±0,01*	0,11±0,01
16	Витамин В ₁ , мг/100 г / Vitamin B ₁ , mg/100 g	0,032±0,010	0,035±0,007	0,034±0,007
17	Витамин В ₂ , мг/100 г / Vitamin B ₂ , mg/100 g	0,13±0,03	0,16±0,02	0,14±0,03
18	Витамин В ₃ , мг/100 г / Vitamin B ₃ , mg /100 g	3,60±0,10	3,90±0,02*	3,81±0,03

Примечание: достоверность * $P > 0,95$; норма для свинца не более 0,5 мг/кг; норма для кадмия не более 0,05 мг/кг

Обсуждение. Первичные данные химического состава мяса, такие как влага, белок, жир, без учета золы показали разницу между группами. По показателю влаги в мясе контрольная группа превосходила II и III опытные группы на 2,33 % и 1,23 % соответственно. По основным питательным веществам в мясе наблюдалось превосходство опытных групп над контрольной группой по белку на 2,04 % и 1,07 %, жиру – на 0,40 % и 0,20 %.

По содержанию минеральных веществ в мясе опытные группы превосходили контрольную группу за исключением показателей цинка, свинца и кадмия. Содержание кальция в мясе контрольной группы в среднем составило 8,67±2,60 мг/100 г, что меньше показателей II и III опытных групп на 3,81 % и 1,50 %. Контрольная группа уступила опытным группам по содержанию фосфора в мясе на 21,05 % и 10,53 %, по содержанию железа – на 6,72 % и 3,95 %, а также по содержанию меди в мясе – на 31,34 % и 7,46 %.

По содержанию цинка в мясе контрольная группа составляла 16,57±5,54 мг/кг, а в II и III опытных группах – на 10,27±2,91 и 12,20±2,77 мг/кг. В мясе контрольной группы содержание магния в среднем составило 21,00±1,06 мг/100 г, что меньше показателей опытных групп на 12,86 % и 7,62 %. По содержанию селена в мясе контрольной группы в среднем равнялось 1,87±0,84 мг/кг или меньше показателей II и III опытных групп на 10,70 % и 3,21 % соответственно.

Содержание свинца в мясе составляло в контрольной группе – 0,081±0,027 мг/кг, в II опытной группе – 0,063±0,009 мг/кг, в III опытной группе – 0,070±0,010 мг/кг. Данная тенденция прослеживалась и в содержании кадмия в мясе: контрольная группа – 0,003±0,001 мг/кг, II опытная группа – 0,001±0,000 мг/кг, III опытная группа – 0,002±0,001 мг/кг.

Содержание витаминов в мясе по группам также отличалось в пользу опытных групп. Контрольная группа по содержанию витамина А в мясе уступила опытным группам на 26,67 % и 13,33 %, по витамину С – на 50,00 % и 25,00 %, по витамину Е – на 44,44 % ($P > 0,95$) и 22,22 %, по витамину В₁ – на 9,38 % и 6,25 %, по витамину В₂ – на 23,08 % и 7,69 %, по витамину В₃ – на 8,33 % ($P > 0,95$) и 5,83 %.

Выводы. Изучение химического состава мяса показало, что образцы опытных групп превосходили контрольную группу по белку на 2,04 % и 1,07 %, по жиру – на 0,40 % и 0,20 %. По содержанию макро- и микроэлементам в мясе опытных групп было больше по сравнению с образцами контрольной группы по кальцию на 3,81 % и 1,50 %, фосфору – на 21,05 % и 10,53 %, железу – на 6,72 % и 3,95 %, меди – на 31,34 % и 7,46 %, магния – на 12,86 % и 7,62 %, селена – на 10,70 % и 3,21 %.

Концентрация цинка в мясе опытных групп составила 10,27±2,91 и 12,20±2,77 мг/кг против показателя контрольной группы 16,57±5,54 мг/кг. Данная тенденция сохранялась в содержании свинца и кадмия в мясе опытных групп. В мясе II и III опытных

ных групп содержание свинца составляло $0,063 \pm 0,009$ и $0,070 \pm 0,010$ мг/кг, а в образцах контрольной группы – $0,081 \pm 0,027$ мг/кг. В мясе опытных групп содержание кадмия достигало $0,001 \pm 0,000$ и $0,002 \pm 0,001$ мг/кг, в то время как в контрольной группе показатель был равен $0,003 \pm 0,001$ мг/кг.

Включение кормовых добавок в рационы крупного рогатого скота способствовало повышению содержания витаминов в мясе, увеличилось содержание витамина А на 26,67 % и 13,33 %, витамина С – на 50,00 % и 25,00 %, витамина Е – на 44,44 % ($P > 0,95$) и 22,22 %, витамина В₁ – на 9,38 % и 6,25 %, витамина В₂ – на 23,08 % и 7,69 %, витамина В₃ – на 8,33 % ($P > 0,95$) и 5,83 %.

Таким образом, использование комплексных кормовых добавок в кормлении выбранного скота на откорме способствовало улучшению химического состава мяса, повысило содержание кальция, фосфора, железа, меди, магния, а также витаминов А, С, Е, В₁, В₂, В₃, а также способствовало снижению концентрации цинка, свинца и кадмия в мясе.

Библиографический список

1. Бурцева С. В., Пушкарев И. А. Воспроизводительные качества свиноматок крупной белой породы при скормливании витаминной кормовой добавки // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (162). С. 116-120.
2. Значение, теория и практика использования гуминовых кислот в животноводстве / А. А. Васильев [и др.] // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 3-6.
3. Использование нетрадиционных кормовых добавок в коневодстве Якутии / А. А. Сидоров [и др.] // Ветеринария и кормление. 2020. № 5. С. 40-41.
4. Использование хонгурина при выращивании ремонтного молодняка симментальской породы крупного рогатого скота в Якутии / В. В. Панкратов [и др.] // Международный научный журнал. 2016. № 2. С. 57-61.
5. Использование цеолита Хонгурина месторождения в животноводстве Якутии / М. Ф. Григорьев [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 4 (44). С. 108-116.
6. Кириллов Н. А., Волкова А. И. Реакция иммунной системы на воздействие стрессового фактора // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 2 (26). С. 189-191.
7. Красочко П. А., Новожилова И. В. Кормовая добавка с пробиотиком "Муцинол" в рационе телят // Животноводство и ветеринарная медицина. 2018. № 4. С. 42-45.
8. Особенности создания отрасли специализированного мясного скотоводства на востоке России / В. А. Солошенко [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (198). С. 79-87.
9. Полноценное кормление молочного скота – основа реализации генетического потенциала продуктивности: монография / В. И. Волгин [и др.]. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных. 2018. 260 с.
10. Солошенко В. А., Магер С. Н., Инербаев Б. О. Основные принципы создания модели эффективной отрасли мясного скотоводства на северных территориях РФ // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103. № 3. С. 46-57.
11. Чернышков А. С. Влияние различных минеральных сорбентов на продуктивность цыплят – бройлеров // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2019. № 2-1 (32). С. 32-37.
12. Grigorev M. F., Grigoreva A. I., Popova A. V. Nutrient Metabolism of Young Cattle in the Conditions of Yakutia When Non-Traditional Feed Additives are Included in Their Rations // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. "International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020)". 2021. Vol. 1079. 062050.
13. Grigoreva A. I., Grigorev M. F., Sysolyatina V. V. Physiological Characteristics of Young Cattle in Central Yakutia When Using Local Non-Traditional Feed Additives in Their Rations // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. "International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020)". 2021. Vol. 1079. 062051.

14. Hereford and simmental cattle breeds in siberia: implementation of the adaptive and productive potential in the cold climate / G. I. Ragimov [et al.] // International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. Vol. 8. No. 4. Pp. 9631-9636.

15. Influence of Non-Traditional Feed Additives on the Quality of Horse Breeding Products / A. A. Sidorov [et al.] // Proceedings of IV International Scientific and Practical Conference "Modern S&T Equipments and Problems in Agriculture". Kemerovo (Russia), 2020. P. 197-205. <https://doi.org/10.32743/kuz.mepa.2020.197-205>.

Conclusions.

The study of the chemical composition of meat showed that the samples of the experimental groups exceeded the control group in protein by 2.04 % and 1.07 %, fat by 0.40 % and 0.20 %. The content of macro- and microelements in the meat of the experimental groups was higher compared to the data of the control group for calcium by 3.81 % and 1.50 %, phosphorus by 21.05 % and 10.53 %, iron by 6.72 % and 3.95 %, copper at 31.34 % and 7.46 %, magnesium at 12.86 % and 7.62 %, selenium at 10.70 % and 3.21 %.

The concentration of metals such as zinc in the meat of the experimental groups was 10.27 ± 2.91 and 12.20 ± 2.77 mg/kg versus 16.57 ± 5.54 mg/kg in the control group. This tendency is typical for the content of lead and cadmium in the meat of the experimental groups. In the meat of the II and III experimental groups, the lead content was 0.063 ± 0.009 and 0.070 ± 0.010 mg/kg, and in the samples of the control group - 0.081 ± 0.027 mg/kg. In the meat of the experimental groups, the cadmium content reached 0.001 ± 0.000 and 0.002 ± 0.001 mg / kg, while in the control group the indicator was 0.003 ± 0.001 mg/kg.

The inclusion of feed additives in the diets of cattle contributed to an increase in the content of vitamins in meat of vitamin A by 26.67 % and 13.33 %, vitamin C by 50.00 % and 25.00 %, vitamin E by 44.44 % ($P > 0.95$) and 22.22 %, vitamin B₁ by 9.38 % and 6.25 %, vitamin B₂ by 23.08 % and 7.69 %, vitamin B₃ by 8.33 % ($P > 0,95$) and 5.83 %.

Thus, the use of complex feed additives in feeding fattening cattle contributed to the improvement of the chemical composition of meat, increased the content of calcium, phosphorus, iron, copper, magnesium, as well as vitamins A, C, E, B₁, B₂, B₃, and also contributed reducing the concentration of zinc, lead and cadmium in meat.

References

1. Burceva S. V., Pushkarev I. A. Vosproizvoditel'nye kachestva svinomatok krupnoj beloј porody pri skarmlivanii vitaminnoj kormovoj dobavki // Vestnik Altaјskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 4 (162). P. 116-120.
2. Znachenie, teoriya i praktika ispol'zovaniya guminovyh kislot v zhivotnovodstve / A. A. Vasil'ev [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2018. № 1. P. 3-6.
3. Ispol'zovanie netradicionnyh kormovyh dobavok v konevodstve Yakutii / A. A. Sidorov [i dr.] // Veterinariya i kormlenie. 2020. № 5. P. 40-41.
4. Ispol'zovanie hongurina pri vyraschivanii remontnogo molodnyaka simmental'skoј porody krupnogo roгатого skota v Yakutii / V. V. Pankratov [i dr.] // Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal. 2016. № 2. P. 57-61.
5. Ispol'zovanie ceolita Hongurinskogo mestorozhdeniya v zhivotnovodstve Yakutii / M. F. Grigor'ev [i dr.] // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2017. № 4 (44). P. 108-116.
6. Kirillov N. A., Volkova A. I. Reakciya immunnogo sistema na vozdejstvie stressovogo faktora // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. № 2 (26). P. 189-191.
7. Krasochko P. A., Novozhilova I. V. Kormovaya dobavka s probiotikom "Mucinol" v racione telyat // Zhivotnovodstvo i veterinarnaya medicina. 2018. № 4. P. 42-45.
8. Osobennosti sozdaniya otrasli specializirovannogo myasnogo skotovodstva na vostoке Rossiі / V. A. Soloshenko [i dr.] // Vestnik Altaјskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 4 (198). P. 79-87.

9. Polnocennoe kormlenie molochного skota - osnova realizacii geneticheskogo potentsiala produktivnosti: monografiya / V. I. Volgin [i dr.]. M.: Vserossiyskij nauchno-issledovatel'skij institut genetiki i razvedeniya sel'skokozyajstvennyh zhivotnyh. 2018. 260 p.

10. Soloshenko V. A., Mager S. N., Inerbaev B. O. Osnovnye principy sozdaniya modeli jef-fektivnoj otrasli myasnogo skotovodstva na severnyh territoriyah RF // Zhivotnovodstvo i kormopro-izvodstvo. 2020. T. 103. № 3. P. 46-57.

11. Chernyshkov A. S. Vliyanie razlichnyh mineral'nyh sorbentov na produktivnost' cyplyat - brojlerov // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 2-1 (32). P. 32-37.

12. Grigorev M. F., Grigoreva A. I., Popova A. V. Nutrient Metabolism of Young Cattle in the Conditions of Yakutia When Non-Traditional Feed Additives are Included in Their Rations // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. "International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020)". 2021. Vol. 1079. 062050.

13. Grigoreva A. I., Grigorev M. F., Sysolyatina V. V. Physiological Characteristics of Young Cattle in Central Yakutia When Using Local Non-Traditional Feed Additives in Their Rations // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. "International Science and Technology Conference (FarEastCon 2020)". 2021. Vol. 1079. 062051.

14. Hereford and simmental cattle breeds in siberia: implementation of the adaptive and pro-ductive potential in the cold climate / G. I. Ragimov [et al.] // International Journal of Recent Technol-ogy and Engineering. 2019. Vol. 8. No. 4. Pp. 9631-9636.

15. Influence of Non-Traditional Feed Additives on the Quality of Horse Breeding Products / A. A. Sidorov [et al.] // Proceedings of IV International Scientific and Practical Conference "Modern S&T Equipments and Problems in Agriculture". Kemerovo (Russia), 2020. P. 197-205. <https://doi.org/10.32743/kuz.mepa.2020.197-205>.

Authors Information

Grigorev Mikhail Fedoseevich, Associate Professor, Department of general animal husbandry, Faculty of Agricultural technology, Arctic State Agrotechnological University (Yakutsk, Sergelyakhskoe st., 3), tel. +7 (4112) 507-971, e-mail: grig_mf@mail.ru

Информация об авторе

Григорьев Михаил Федосеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общей зоотехнии агротехнологического факультета, ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротех-нологический университет» (г. Якутск, Сергеляхское ш., дом 3) тел. +7 (4112) 507-971, e-mail: grig_mf@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-24

PRODUCTIVE QUALITIES AND FEATURES OF THE METABOLIC BLOOD PROFILE IN THE MIDDLE OF LACTATION IN SAANEN GOATS (*CAPRA HIRCUS*) WITH DIFFERENT AGES OF THE FIRST KIDDING

V.B. Leibova, M.V. Pozovnikova

*All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals –
a branch of the Federal State Budget Scientific Institution
«Federal Research Center for Livestock - All-Russian Research Institute of Livestock named after
Academician L. K. Erns», St. Petersburg*

Received 19.05.2021

Submitted 30.08.2021

***The work was performed in the framework of the State Assignment,
project number 0445-2021-0011***

Summary

The article presents the results of a study of some indicators of productivity and metabolism in Saanen goats with different ages of the first kidding during intensive rearing in the North-West region of Rus-sia. A comparison was made of the productive traits of animals. The features of the growth of females in the prepubertal period, its effect on subsequent milk yield and reproduction are shown, the metabo-lic blood profile of animals in the middle of lactation is determined.

Abstract

Introduction. Decreasing the age of first lambing reduces the time and resources required to raise animals to productive age. A study was conducted comparing milk yield, some reproductive parameters and the metabolic profile of the blood serum of goats with different ages of first lambing. The aim of the study was to compare the productive qualities and metabolic blood profile in the middle of the first lactation in Saanen goats with different ages of the first lambing under intensive conditions in the climatic zone of the North-West region of Russia. **Object.** The records submitted by the holding for 36 goats were analyzed; the metabolic blood profile in the middle of lactation was determined in 22 goats. According to the age of the first lambing goats were divided into two groups - group I - the age of the first lambing 362-387 days. (n = 20 and n = 11) and group II - the age of the first calving is 631-717 days. (n = 16 and n = 11). **Materials and methods.** In blood serum samples, the concentration of cortisol, total protein, albumin, urea, glucose, triglycerides, cholesterol, bilirubin, the activity of aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase and alkaline phosphatase was determined. **Results and conclusions.** The study showed that in goats with an early age of first lambing, body weight at 5-6 months was higher ($p \leq 0.001$), and in case of fruitful insemination, it was lower ($p < 0.001$) compared to goats with a late age of first lambing. The number of kids in the first lactation was less in younger animals ($p = 0.008$). The milk yield in 200 days of the first lactation did not differ, and after 200 days of the second lactation it tended to increase in goats with an early age of the first lambing ($p = 0.052$). In goats with a late age of the first lambing, a positive correlation was found between milk yield in 200 days of first lactation and body weight at 6 months, as well as the number of kids in the litter ($p = 0.011$ and $p = 0.005$). The metabolic blood profile was similar in goats of the two groups, only the activity of alanine aminotransferase was higher in goats with a late age of first lambing ($p = 0.042$), but within the limits characteristic of this physiological period. The peculiarities of the correlation between cortisol and blood metabolites suggest a variable role of cortisol in the regulation of energy metabolism in these two groups of goats. In general, differences in the early stages of growth contributed to a decrease in the age of first lambing without compromising milk production; metabolic status in the middle of lactation showed the peculiarities of adaptation of goats with an early age of the first lambing.

Key words: Saanen goats, the first kidding age, milk yield, alanine aminotransferase.

Citation. Leibova V. B., Pozovnikova M. V. Productive qualities and features of the metabolic blood profile in the middle of lactation in Saanen goats (*Capra hircus*) with different ages at first kidding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 234-244 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-24.

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

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

УДК 636.39.034

ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА И ОСОБЕННОСТИ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ КРОВИ В СЕРЕДИНЕ ЛАКТАЦИИ У КОЗ ЗААНЕНСКОЙ ПОРОДЫ (CAPRA HIRCUS) С РАЗНЫМ ВОЗРАСТОМ ПЕРВОГО ОКОТА

В. Б. Лейбова, кандидат биологических наук
М. В. Позовникова, кандидат биологических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (ВНИИГРЖ), Санкт-Петербург, Пушкин

Дата поступления в редакцию 19.05.2021

Дата принятия к печати 30.08.2021

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 0445-2021-0011

Актуальность. Снижение возраста первого окота (ВПО) сокращает время и ресурсы, необходимые для выращивания животных до продуктивного возраста. Было проведено исследование, сравнивающее удой, некоторые репродуктивные параметры и метаболический про-

филь сыворотки крови коз с разным ВПО. **Цель исследования** – сравнение продуктивных качеств и метаболического профиля крови в середине первой лактации у зааненских коз с разным возрастом первого окота при интенсивных условиях содержания в климатической зоне Северо-Западного региона России. **Объект.** Были проанализированы записи, представленные хозяйством для 36 коз; был определён метаболический профиль крови в середине лактации у 22 коз. По возрасту первого окота козы были разделены на две группы: группа I – ВПО 362-387 дней ($n = 20$ и $n = 11$) и группа II – ВПО 631-717 дней ($n = 16$ и $n = 11$). **Материалы и методы.** В образцах сыворотки крови определяли концентрацию кортизола, общего белка, альбумина, мочевины, глюкозы, триглицеридов, холестерина, билирубина, активность аспартатаминотрансферазы (АСТ), аланинаминотрансферазы (АЛТ) и щелочной фосфатазы (ЩФ). **Заключение.** Исследование показало, что у коз с ранним ВПО масса тела в 5-6 месяцев была выше ($p \leq 0,001$), а при плодотворном осеменении - ниже ($p < 0,001$) по сравнению с козами с поздним ВПО. Количество козлят в первой лактации было меньше у более молодых животных ($p = 0,008$). Удой за 200 дней первой лактации не отличался, а за 200 дней второй лактации он имел тенденцию к увеличению у коз с ранним ВПО ($p = 0,052$). У коз с поздним ВПО была обнаружена положительная корреляция между надоями молока за 200 дней первой лактации и живой массой в 6 месяцев, а также количеством козлят в помёте ($p = 0,011$ и $p = 0,005$). Метаболический профиль крови был сходным у коз двух групп, только активность АЛТ была выше у коз с поздним ВПО ($p = 0,042$), но в пределах, характерных для данного физиологического периода. Особенности корреляции между кортизолом и метаболитами крови предполагают вариабельную роль кортизола в регуляции энергетического обмена у коз этих двух групп. В целом различия на ранних стадиях роста способствовали снижению ВПО без ущерба для надоев; метаболический статус в середине лактации показал особенности адаптации коз с ранней ВПО.

Ключевые слова: зааненские козы, возраст первого окота, удои коз, аланинаминотрансфераза.

Цитирование. Лейбова В. Б., Позовникова М. В. Продуктивные качества и особенности метаболического профиля крови в середине лактации у коз зааненской породы (*Capra hircus*) с разным возрастом первого окота. *Известия НВ АУК*. 2021. 3 (63). 234-244. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-24.

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. Одним из аспектов воспроизводства, представляющих интерес в повышении экономической эффективности отрасли, является возраст первого окота (ВПО). ВПО — это экономически важный показатель по причине затрат, связанных с кормлением, содержанием и ветеринарным обслуживанием непродуктивных животных. Кроме того, снижение ВПО способствует более быстрому генетическому улучшению популяции коз. Средний возраст при первой случке у коз зааненской породы составляет 9,7 месяца, но его минимальные и максимальные значения имеют существенные различия (6,6 и 12,2 месяцев) [11]. Решающим фактором вступления животного в первый сезон разведения считается живая масса животного [27]. Рекомендуются случать самок при наличии 60-70 % от живой массы взрослой особи [8, 29]. Соответственно, ВПО значительно варьируется и, по данным некоторых авторов, может составлять от 390 до 589 дней [2, 10, 11, 26].

Результаты исследований показывают, что ВПО можно снизить без ущерба для молочной продуктивности [5]. В этой связи представляет особый интерес метаболический профиль крови самок, поскольку даже незначительные сдвиги, происходящие в пределах общепринятых референсных значений, могут дать полезную информацию о физиологическом состоянии организма и адаптационной способности животных [6, 14].

Цель нашего исследования – сравнение продуктивных качеств и метаболического профиля крови в середине первой лактации у коз зааненской породы с разным возрастом первого окота в условиях интенсивного содержания Северо-Западного региона России.

Объект исследования. Работа была проведена в 2019-2020 гг. Для её проведения были отобраны две группы коз после первого окота без клинических признаков заболеваний.

Группа I – возраст первого окота 362-387 дней ($n=16$). Это козы, рождённые в январе и успешно осеменённые в августе-сентябре этого же года.

Группа II – возраст первого окота 631-717 дней ($n=20$). Эти козы были рождены в марте – мае, но они не показали результативного осеменения в первый сезон размножения, поэтому были осеменены в августе – сентябре следующего года (вместе с животными группы I).

Данные о показателях роста и развития, удоя и репродукции были взяты из журналов фермерского учёта.

Материалы и методы. Для биохимических исследований из каждой группы в середине лактации было отобрано по 11 голов, имеющих интервал между окотами не более 10 суток (144-154 дней). Кровь брали через 2 часа после утреннего кормления. Образцы крови центрифугировали через час после отбора проб. В сыворотке крови определяли концентрацию кортизола, общего белка, альбумина, мочевины, глюкозы, триглицеридов, общего холестерина, билирубина, а также активность ферментов аспаратаминотрансфераза (АСТ), аланинаминотрансфераза (АЛТ) и щелочная фосфатаза (ЩФ). Концентрацию кортизола в крови устанавливали на иммуноферментном анализаторе Stat Fax 2100 («Awareness Technology, Inc.», США) с использованием наборов фирмы «Алкор Био» (Россия). Биохимические показатели крови определяли с применением наборов фирмы «Randox» (Великобритания) на биохимическом анализаторе RX Daytona («Randox Laboratories», Великобритания).

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Sigma Plot 12,5 (SystatSoftware, Inc., США). Применяли методы однофакторного дисперсионного анализа (one-way ANOVA). Достоверность различия сравниваемых показателей оценивали с использованием критерия Холма – Сидака в случае их нормального распределения или критерия Данна при его отсутствии, был принят уровень значимости $p<0,05$. Корреляционный анализ проводили с использованием коэффициента Пирсона и коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

Результаты и обсуждение. Козы группы I имели большую живую массу в 5 и 6 месяцев ($\leq 0,001$), но меньшую массу при плодотворном осеменении в первом репродуктивном цикле ($p<0,001$) по сравнению с козами группы II (таблица 1, рисунок 1).

Количество козлят при первом окоте было выше у коз группы II ($p=0,008$). Во втором окоте количество приплода не имело различий между группами. Удой за 1-100 дней, 101-200 дней и суммарный удой за 200 дней 1-й лактации также не различался, но удой за 200 дней во 2-ю лактацию у коз группы I имел тенденцию к повышению ($p=0,052$) по сравнению с группой II. Интервал между окотами был сходным у животных обеих групп.

У коз группы II установлена положительная корреляция между живой массой козочек в 6 месяцев и удоём за 200 дней первой лактации: $r=0,555$ при $p=0,011$ (рисунок 2). Кроме того, у этих особей выявлена положительная связь между числом козлят в помёте и удоём за 200 дней как в первую, так и во вторую лактацию: $r=0,602$ ($p=0,005$) и $r=0,491$ ($p=0,028$) соответственно. У более молодых коз (группа I) во вторую лактацию установлена тенденция к этой связи: $r=0,462$ ($p=0,081$).

Таблица 1 – Некоторые показатели репродукции и удоя у коз с разным возрастом первого окота (Mean± SEM)

Table 1 – Some indicators of reproduction and milk yield in goats with different ages at first kidding (Mean ± SEM)

Показатель / Indicator	Группа / Group		P-value
	I(n=16)	II(n=20)	
Живая масса при плодотворном осеменении в первом репродуктивном цикле (кг) / Live weight with fruitful insemination in the first reproductive cycle (kg)	36,3 ± 0,5	50,0 ± 1,3	< 0,001
Количество козлят в 1-м окоте / Number of kids in the 1st kidding	1,73 ± 0,12	2,35 ± 0,17	0,008
Количество козлят во 2-м окоте / Number of kids in the 2 st kidding	2,13 ± 0,17	2,0 ± 0,13	0,500
Удой за 1-100 дн. 1-й лактации (кг) / Milk yield per 1-100 days 1st lactation (kg)	245 ± 15	241 ± 16	0,884
Удой за 101-200 дн. 1-й лактации (кг) / Milk yield per 101-200 days 1st lactation (kg)	262 ± 15	245 ± 15	0,408
Удой всего за 200 дн. 1-й лактации (кг) / Total milk yield in 200 days of 1st lactation (kg)	502 ± 28	490 ± 29	0,751
Удой за 200 дн. 2-й лактации (кг) / Milk yield in 200 days of 2nd lactation (kg)	703 ± 30	624 ± 26	0,052
Интервал между 1-2 окотом дн. / Kidding Interval between 1-2 lambing (days)	374 ± 5	368 ± 6	0,484

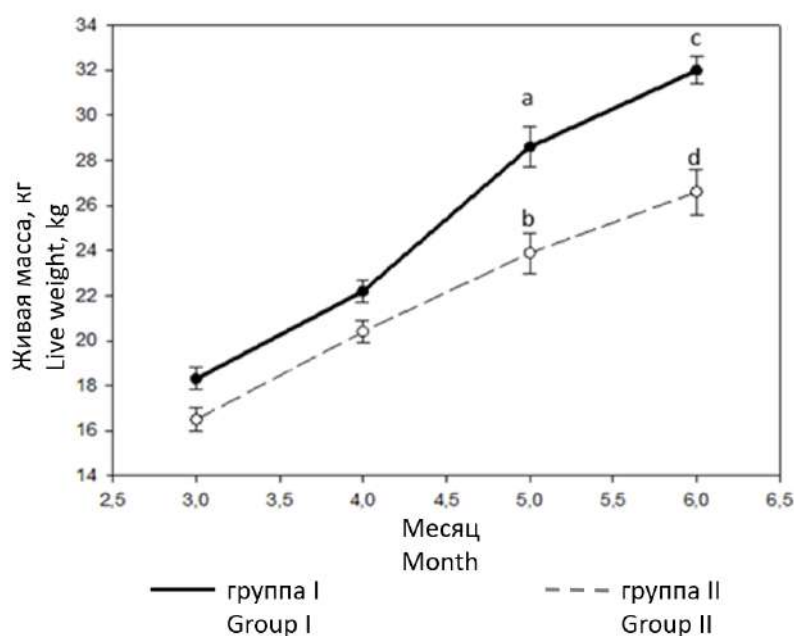


Рисунок 1 – Изменение живой массы с 3 до 6 месяцев у козочек группы I и группы II^{ab} p = 0,001; ^{cd} p = 0,0003

Figure 1 – Change in body weight from 3 to 6 months in goats of group I and group II^{ab} p = 0.001; ^{cd} p = 0.0003

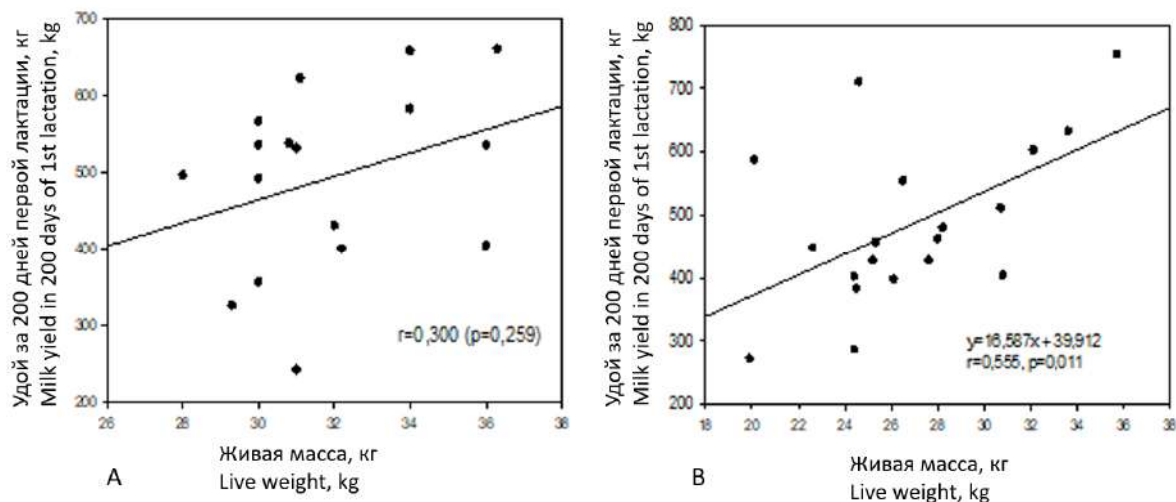


Рисунок 2 – Корреляционная связь между удоем за 200 дней первой лактации и живой массы коз в возрасте 6 месяцев:

А – группа I (возраст первого окота 362-387 дн.),
В – группа II (возраст первого окота 631-717 дн.)

Figure 2 – Correlation between milk yield in 200 days of first lactation and live weight of goats at the age of 6 months:

А – group I (age of the first kidding 362 - 387 days)
В – group II (age of first kidding 631-717days)

Сравнение метаболического профиля крови выявило более высокую активность АЛТ у коз группы II ($p=0,042$) (таблица 2). Остальные показатели достоверных различий не имели. Корреляционный анализ показал особенности связей между кортизолом и показателями белкового и липидного обмена у коз с разным ВПО (таблица 3). Кроме того, у коз группы II обнаружена положительная линейная зависимость между концентрацией мочевины и глюкозы в сыворотке крови ($p=0,029$). (рисунок 3).

Таблица 2 – Концентрация кортизола и метаболитов в крови у коз в середине лактации (144-154 дн) (Mean $\pm$ SEM)

Table 2 – Cortisol concentration and blood metabolites in mid-lactation (144-154 days) goats (Mean $\pm$ SEM)

Показатель / Indicator	Группа / Group		P-value
	I (n=11)	II (n=11)	
Кортизол, нмоль/л / Cortisol (nmol/l)	48,9 $\pm$ 13,4	27,5 $\pm$ 11,6	0,200
Общий белок, г/л / Total protein (g/L)	77,9 $\pm$ 1,9	78,0 $\pm$ 1,54	0,388
Альбумин, г/л / Albumin (g/L)	33,1 $\pm$ 0,7	33,4 $\pm$ 0,4	0,702
Мочевина, ммоль/л / Urea (mmol/L)	9,65 $\pm$ 0,24	9,18 $\pm$ 0,30	0,234
Глюкоза, ммоль/л / Glucose (mmol/L)	2,61 $\pm$ 0,12	2,74 $\pm$ 0,12	0,475
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides (mmol/L)	0,179 $\pm$ 0,037	0,120 $\pm$ 0,013	0,146
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol (mmol/L)	2,09 $\pm$ 0,11	2,20 $\pm$ 0,10	0,466
Общий билирубин, мкмоль/л / Total bilirubin (μ mol/L)	3,80 $\pm$ 0,14	3,40 $\pm$ 0,29	0,449
АСТ, ед/л / AST(U/L)	83,3 $\pm$ 3,5	86,1 $\pm$ 2,73	0,538
АЛТ, ед/л / ALT (U/L)	16,4 $\pm$ 1,4	20,1 $\pm$ 1,0	0,042*
ЩФ, ед/л / ALP (U/L)	104 $\pm$ 24	77,3 $\pm$ 5,4	0,503

Достоверные различия между группами животных: * $p<0,05$

Таблица 3 – Связь между содержанием кортизола в крови и показателями белкового и липидного обмена в середине лактации у коз с разным возрастом первого окота

Table 3 – The relationship between the content of cortisol in the blood and indicators of protein and lipid metabolism in the middle of lactation in goats with different ages of the first kidding

Показатель / Indicator		Коэффициент корреляции r / Correlation coefficient r		P-value
		Группа I Group I	Группа II / Group II	
Кортизол / Cortisol	Мочевина / Urea	0,39	0,66	0,026
Кортизол / Cortisol	Триглицериды / Triglycerides	-0,65	0,20	0,029

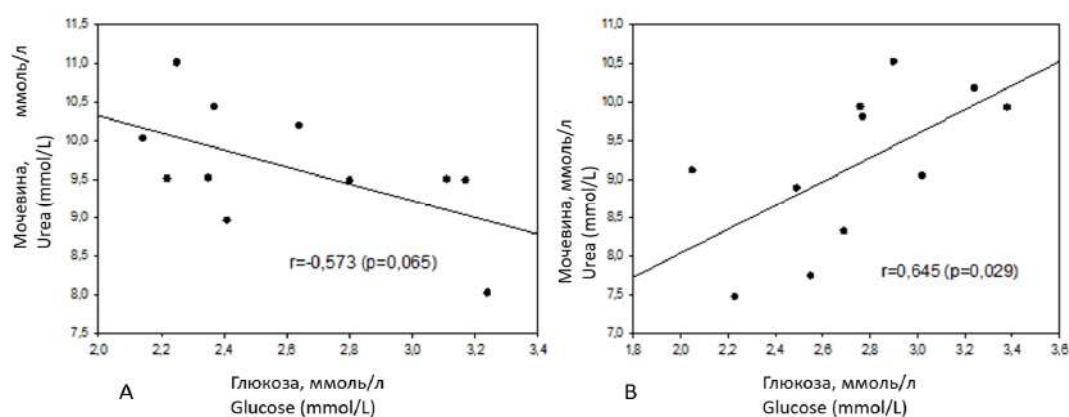


Рисунок 3 – Особенности корреляционной связи между концентрацией мочевины и глюкозы у коз с разным возрастом первого окота:

А – группа I (возраст первого окота 362-387 дн.),
В – группа II (возраст первого окота 631-717 дн.)

Figure 3 – Features of the correlation between the concentration of urea and glucose in goats with different ages of the first lambing:

А – group I (age of the first kidding 362 - 387 days)
В – group II (age of first kidding 631-717days)

Обсуждение. На ВПО могут влиять различные параметры роста, в том числе масса тела животного на определённых этапах развития [4]. Козы достигают половой зрелости в возрасте около 6 месяцев [8]. Низкий уровень роста самки до периода полового созревания увеличивает вероятность задержки первых родов [1], что согласуется с результатами нашей работы: в возрасте 5-6 месяцев у коз с ранним ВПО (группа I) масса тела была выше, чем у животных группы II (рисунок 1).

Результаты исследований по влиянию ускоренного роста до полового созревания на молочную продуктивность имеют противоречивый характер [15, 23]. Так как удой за 200 дней первой лактации был сходным у коз двух групп, то более высокая живая масса у коз группы I, а также наличие однонаправленной корреляционной связи между живой массой козочек в 6 месяцев и удоем за 200 дней первой лактации у коз группы II (рисунок 2) предполагают, что в нашем исследовании повышение массы тела в конце препубертатного периода положительно сказывалось на последующем удое. На скорость роста после рождения может оказывать влияние месяц и год окота [19]. Действительно, самки группы I родились в зимний период, а самки группы II были рождены весной предыдущего года.

Более высокий удой обычно имеют козы, принёсшие более одного козлёнка [9]. В нашем исследовании подобная зависимость наблюдалась внутри групп. Так, у коз группы II выявлена положительная корреляционная связь между числом козлят в помёте и удоём за 200 дней как в первую, так и во вторую лактацию: $r=0,602$ ($p=0,005$) и $r=0,491$ ($p=0,028$) соответственно. У более молодых коз установлена тенденция к этой связи для второй лактации: $r=0,462$ ($p=0,081$). Однако расхождение по численности помёта между животными разных групп не было сопряжено с различием по удою.

Козы, которые приносят первых козлят в более старшем возрасте, производят немного больше молока в первую лактацию, так как их живая масса приближена к массе половозрелого животного и, следовательно, они способны выделять больше ресурсов на лактацию [24]. Но средняя живая масса взрослых коз в хозяйстве составляет 70-75 кг. Следовательно, козы группы I пошли в разведение, имея 48-51,4 %, а козы группы II – 66,7-71,4 % живой массы взрослой особи. Тем не менее это различие не отразилось на удоё в первую лактацию, а во вторую лактацию он был даже немного выше у более молодых животных ($p=0,052$). Таким образом, из рассмотренных в нашем исследовании факторов, влияющих на удой, наиболее существенным был показатель живой массы самок на 5-6 месяце жизни.

Известно, что наиболее значительные метаболические изменения у молочных животных связаны с транзитным периодом [28, 30]. Однако у коз зааненской породы показано наличие отрицательного энергетического баланса как на ранних, так и на средних стадиях лактации [18], концентрация глюкозы может показывать минимальные значения на 140 день после окота [3].

В нашем исследовании биохимический профиль крови в середине лактации не имел достоверных различий, за исключением активности АЛТ, которая была выше у самок старшего возраста (группа II) ($p<0,05$). Изменение активности фермента в крови может быть следствием как его повышенной активности в клетках, так и результатом повреждения клеточной структуры, но активность АЛТ в анализируемых группах была в пределах значений, полученных нами ранее на козах зааненской породы аналогичного физиологического статуса [14]. Так как АЛТ участвует в интеграции белкового и углеводного обмена, являясь основным ферментом в цикле глюкоза-аланин [12, 21], его более низкая активность у коз группы I может быть обусловлена сниженным использованием аланина в качестве субстрата для глюконеогенеза [13, 20, 25]. Действительно, у молодых коз мобилизация внутренних ресурсов и захват питательных веществ лактирующей молочной железой ограничены, что обеспечивает их использование для собственного роста и развития [16].

Одним из регуляторов энергетического гомеостаза является кортизол. В работе на козах [17] было показано, что уровень глюкозы в переходный период сильно коррелирует с кортизолом, что, по-видимому, обусловлено состоянием метаболического стресса, в котором находятся животные в этот период. Наши наблюдения были проведены в середине лактации и подобной связи не показали. Однако у коз с разным ВПО были выявлены особенности корреляционных связей кортизола с некоторыми метаболитами крови. У коз из группы I установлена отрицательная связь между содержанием кортизола и концентрацией триглицеридов в крови ($p<0,05$), что может быть обусловлено участием кортизола в регуляции потребления липидов периферическими тканями у более молодых особей [22]. У самок группы II обнаружена как положительная корреляционная связь между концентрацией кортизола и мочевиной, так и линейная зависимость между содержанием мочевины и глюкозы в крови, предполагающие более активное использование мышечного белка в синтезе глюкозы у коз с поздним ВПО [7].

Таким образом, результаты корреляционного анализа указывают на переменную роль кортизола в регуляции энергетического обмена у коз с разным ВПО.

Выводы. Результаты исследования показали, что, несмотря на значительное расхождение в живой массе тела при плодотворном осеменении в первом репродуктивном цикле ($p < 0,001$), которое составляло 48-51,4 % и 66,7-71,4 % от живой массы взрослого животного, у особей с ранним (362-287 дней) и поздним (631-717) ВПО удои за 200 дней в первую лактацию и интервал между окотами были сходными. Во вторую лактацию удои у молодых коз по сравнению с более взрослыми животными были немногим выше ($p = 0,052$). Из рассмотренных нами факторов, оказывающих влияние на удои в первую лактацию (живая масса тела с 3 до 6 месяцев и при плодотворном осеменении, ВПО и число козлят в помёте), наиболее значимой являлась живая масса коз в 6 месяцев. Сравнение метаболического профиля показало, что у коз на 144-154 день после окота при сходности значений основных показателей крови активность АЛТ у молодых особей ниже ($p < 0,05$) по сравнению с более взрослыми животными. Ассоциативные исследования выявили различия в связях концентрации кортизола с показателями липидного и белкового обмена, что свидетельствует об особенностях адаптационных процессов в середине первой лактации у коз с разным возрастом первого окота.

В целом полученные результаты предполагают возможность получения ранних окотов у коз зааненской породы с учётом их развития в поздний препубертатный период.

Библиографический список / Reference

1. Ваттио М. Выращивание телят молочного направления. Орел, 2006. 142 с. / Vattio M. Vyrashchivanie telyat molochnogo napravleniya. Orel, 2006. 142 p.
2. Abdalla S. A., Ishag I. A., Ahmed M. K. A. Genetic and environmental factors affecting reproduction of Saanen goats raised under Sudan conditions // American J. Agric. Sci. 2015. V. 2. № 3. P. 75-79.
3. Blood metabolic profile and acid-base balance of dairy goats and their kids during lactation / Z. Antunovic [et al.] // Veterinarski arhiv. 2017. V. 87. № 1. P. 43-55.
4. Brickell J. S., Bourne N. Effect of growth and development during the rearing period on the subsequent fertility of nulliparous Holstein-Friesian heifers // Theriogenology. 2009. V. 72. № 3. P. 408-416.
5. Desire S. Pseudopregnancy and aseasonal breeding in dairy goats: Genetic basis of fertility and impact on lifetime productivity // Animal. 2018. V. 12. № 9. Pp. 1799-1806.
6. El-Tarabany M. S., El-Tarabany A. A., Atta M. A. Effect of season on hormonal profile and some biochemical parameters at different stages of estrous cycles in Baladi goats // Biological Rhythm Research. 2019. V. 50. № 2. P. 245-254.
7. Ershov Y. A. Kinetic models of conjugated metabolic cycles // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2016. V. 90. № 1. P. 22-24.
8. Fernandez C., Romero T. Energy Balance Data from Lactating Dairy Goats Offered Total Mixed Diets // Open Journal of Animal Sciences (Online). 2019. V. 9. № 4. P. 385-400.
9. Gamit K. C., Rao T. K. S. Udder Morphology Relationship with Milk Yield in Singlet and Twins Bearing Surti Goat // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2019. V. 8. № 8. P. 1484-1488.
10. Garcia-Peniche T. B., Montaldo H. H. Breed differences over time and heritability estimates for production and reproduction traits of dairy goats in the United States // Journal of dairy science. 2012. V. 95. № 5. P. 2707-2717.
11. Ince D. Reproduction performance of Saanen goats raised under extensive conditions // African Journal of Biotechnology. 2010. V. 9. № 48. P. 8253-8256.
12. Kim W. R., Flamm S. L., Di Bisceglie A. M. Public Policy Committee of the American Association for the Study of Liver Disease. Serum activity of alanine aminotransferase (ALT) as an indicator of health and disease // Hepatology. 2008. V. 47. № 4. P. 1363-1370.

13. Larsen M., Kristensen N. B. Effect of abomasal glucose infusion on splanchnic amino acid metabolism in periparturient dairy cows // *Journal of Dairy Science*. 2009. V. 92. № 7. P. 3306-3318.
14. Leibova V. B., Shapiev I. Sh., Lebedeva I. Yu. Blood enzymatic activity in Saanen goats during different periods of the reproductive cycle and their association with the completion of pregnancy // *Agricultural Biology*. 2016. V. 51. № 2. P. 238-246.
15. Lohakare J. D., Sudekum K. H., Pattanaik A. K. Nutrition-induced changes of growth from birth to first calving and its impact on mammary development and first-lactation milk yield in dairy heifers: a review // *Asian-Australasian journal of animal sciences*. 2012. V. 25. № 9. P. 1338.
16. Magistrelli D., Rosi F. Trend analysis of plasma insulin level around parturition in relation to parity in Saanen goats // *Journal of animal science*. 2014. V. 92. № 6. P. 2440-2446.
17. Mahmoud S., Azab M. Regulation of glucose level during late pregnancy and onset of lactation in Egyptian female Baladi goats // *Small Ruminant Research*. 2014. V. 121. № 2-3. P. 320-324.
18. Manuelian C. L., Maggiolino A., De Marchi M. Comparison of Mineral, Metabolic, and Oxidative Profile of Saanen Goat during Lactation with Different Mediterranean Breed Clusters under the Same Environmental Conditions // *Animals*. 2020. V. 10. № 3. P. 432.
19. McManus C., Soares Filho G. Growth of Saanen, Alpine and Toggenburg goats in the federal district, Brazil: genetic and environmental factors // *Ciencia Animal Brasileira*. 2008. V. 9. № 1. P. 68-75.
20. Mellado M., Olivares L. Influence of Lactation, Liveweight and Lipid Reserves at Mating on Reproductive Performance of Grazing Goats // *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2005. V. 4. № 4. P. 420-423.
21. Mendez G., Wieser W. Metabolic responses to food deprivation and refeeding in juveniles of *Rutilus rutilus* (Teleostei: Cyprinidae) // *Environmental Biology of Fishes*. 1993. V. 36. № 1. P. 73-81.
22. Pajor F., Kovacs A., Tozser J. The influence of temperament on cortisol concentration and metabolic profile in Tsigai lambs // *Archives Animal Breeding*. 2013. V. 56. № 1. P. 573-580.
23. Panzuti C., Duvaux-Ponter C., Dessauge F. High feeding level after early weaning had no impact on subsequent milk production in Alpine goats // *Journal of Applied Animal Research*. 2018. V. 46. № 1. P. 1344-1351.
24. Perez-Razo M. Risk factors associated with dairy goats stayability // *Livestock Production Science*. 2004. V. 89. № 2-3. P. 139-146.
25. Reynolds C. K., Aikman P. C. Splanchnic metabolism of dairy cows during the transition from late gestation through early lactation // *Journal of Dairy Science*. 2003. V. 86. № 4. P. 1201-1217.
26. Ribeiro A. C., Lui J. F. Genetic and environmental effects on the age at first kidding and kidding interval in a Saanen goat herd // *Ars Veterinaria*. 2000. V. 16. № 3. P. 192-197.
27. Serin I., Serin G., Yilmaz M. The effects of body weight, Body Condition Score, age, lactation, serum tryglyceride, cholesterol and paraoxanase levels on pregnancy rate of Saanen goats in breeding season // *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2010. V. 9. № 13. P. 1848-1851.
28. Soares G. S. L. Adaptive changes in blood biochemical profile of dairy goats during the period of transition // *Rev Med Vet*. 2018. V. 169. P. 65-75.
29. Sodiq A., Adjisoedarmo S., Tawfik E. S. Reproduction rate of Kacang and Peranakan Etawah goats under village production systems in Indonesia // *Internasional Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development*. 2003. V. 8. № 10. P. 1-7.
30. Zamuner F., DiGiacomo K., Cameron A. W. N. Endocrine and metabolic status of commercial dairy goats during the transition period // *Journal of dairy science*. 2020. V. 103. № 6. P. 5616-5628.

Conclusions. The results of the study showed that despite a significant discrepancy in BW with successful insemination in the first reproductive cycle ($p < 0.001$), which was 48-51.4% and 66.7-71.4% of the BW of an adult animal, in individuals with an early (362-287 days) and late (631-717) AFK milk yield in 200 days in the first lactation and the interval between lambing were similar. During the second lactation, the milk yield in young goats compared to older animals was slightly higher ($p = 0.052$). Of the factors that we considered that affect milk yield in the first lactation (BW from 3 to 6 months, BW with successful insemina-

tion, AFK and the number in the set of goatling), the most significant was the BW of goats at the age of 6 months ($p < 0.001$). Comparison of the metabolic profile showed that in goats on days 144-154 after lambing, with similar values of the main blood parameters, the ALT activity in young individuals is lower ($p < 0.05$) compared with older animals. Associative studies revealed differences in the relationships between lipid and protein metabolism and cortisol concentration, which indicates the peculiarities of adaptation processes in the middle of the first lactation in goats with different ages of the first lambing.

In general, the results obtained indicate the possibility of obtaining early lambing in Saanen goats, taking into account their development in the prepubertal period.

Author's Information

Leibova Viktoria Borisovna, Senior Researcher, Reproduction Department, RRIFAGB (Russian Federation, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Moskovskoe Highway 55A), Candidate of Biological Sciences, phone: 8 (952) 356-79-76, e-mail: leib1406@yandex.ru

Pozovnikova Marina Vladimirovna, Senior Researcher, Laboratory of Molecular Genetics, RRIFAGB (Russian Federation, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Moskovskoe highway 55A), Ph.D. in Biological Sciences, tel

Информация об авторах

Лейбова Виктория Борисовна, старший научный сотрудник отдела воспроизводства ВНИИГРЖ (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург, Пушкин, Московское ш. 55А), кандидат биологических наук, тел. 8 (952) 356-79-76, e-mail: leib1406@yandex.ru

Позовникова Марина Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург, Пушкин, Московское ш. 55А), кандидат биологических наук, тел. 8 (960) 231-03-21, e-mail: pozovnikova@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-25

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF OVARIES IN MEET CATTLE AT DYSFUNCTIONAL STATE OF THE GONAD

S. P. Pereryadkina¹, V. S. Avdeenko¹, V. A. Galchenko¹, E. A. Almtaev²

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, Saratov

Received 16.04.2021

Submitted 18.08.2021

Abstract

Introduction. Reproductive disorders are key determinants that significantly affect fertility and ultimately cause huge economic losses to livestock production. The ovaries are unique organs that control the estrous cycle, hormone production, fertilization, and maintenance of the embryo until it arrives in the uterus. Abnormal ovarian lesions are common diseases in domestic mammals, especially cattle. With ovarian dysfunction, a decrease in the number of secondary and tertiary follicles is recorded. Many follicles are in the position of atresia. Gaps narrowed blood, there is hyalinization connective tissue cells of the cortical substance, which eliminates the formation around the follicles morphogene active connective tissue sheath, resulting in increasing do not reach ovulatory maturity and undergo atresia. **Materials and methods.** The material for morphological studies was the ovaries of Aberdeen – Angus, Chevrolet and Kazakh white-headed cows, of medium fatness, 5 ... 7 years of age. The diagnosis of dysfunction was made on the basis of a double rectal examination with ultrasound control, which did not come to the hunt from 58 to 87 days after calving. **Results.** The presence of a large number of follicles at various stages of development was established. The walls of the tertiary follicles are represented by follicular cells located in 8-12 layers. Graph vesicles met with two eggs. In such cases, in terms of their size, usually one of them was noticeably larger than the other. In the tertiary follicles, atresia occurs in both obliterative and cystic types. It should be clarified that obliterative atresia was more common than cystic atresia (33.53% vs. 28.16 %). 61.68% of graaf vesicles with an average diameter of 2670.21 ± 242.21 microns were in the state of atresia. **Results and**

conclusion. Morphological studies have determined that in ovarian dysfunction, the total number of primordial, primary, secondary and tertiary follicles in the histological section is 103.44 ± 3.0 , of which 79.39% are primordial, 8.9% are secondary, and 11.71% are tertiary. A significant part of the tertiary follicles (61.68%), mainly of medium and small sizes with a diameter of 2406.4 ± 370.0 microns, are in a state of obliterative atresia, and 28.16% of large follicles with a diameter of 1353.43 ± 78.22 microns have cystic atresia.

Key words: Cows and heifers of similar age breeds (Aberdeen-Angus, Chevrolet and Kazakh bald), ovarian histology in their dysfunction.

Citation. Pereryadkina S. P., Avdeenko V. S., Galchenko V. A., Almtaev E. A. Morphological characteristics of ovaries in meat cattle at dysfunctional state of the gonad. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 244-254 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-25.

Author's contribution. All the authors of this scientific study were directly involved in the development, planning and analysis of the data obtained. All the authors reviewed and approved the received version of the article.

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

УДК 619:636.2

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЯИЧНИКОВ У МЯСНОГО СКОТА ПРИ ДИСФУНКЦИОНАЛЬНОМ СОСТОЯНИИ ГОНАД

С. П. Перерядкина¹, кандидат ветеринарных наук, доцент

В. С. Авдеев¹, доктор ветеринарных наук, профессор

В. А. Гальченко¹, аспирант

Э. А. Альмтаев², аспирант

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет
г. Волгоград, Россия

²ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова,
г. Саратов, Россия

Received 16.04.2021

Submitted 18.08.2021

Актуальность. Репродуктивные нарушения являются ключевыми детерминантами, в значительной степени влияющими на фертильность и, в конечном счете, причиняющими огромные экономические потери животноводству. Яичники – это уникальные органы, которые контролируют эстральный цикл, выработку гормонов, оплодотворение и поддержание эмбриона до его прибытия в матку. Патологические поражения яичников являются распространенными заболеваниями у домашних млекопитающих, особенно крупного рогатого скота. При дисфункции яичников фиксируется снижение количества вторичных и третичных фолликулов. Многие фолликулы в положении атрезии. Просветы кровеносных сужены, отмечается гиалинизация соединительнотканых клеток коркового вещества, что исключает формирование вокруг фолликулов морфогенно активной соединительнотканной оболочки, вследствие чего растущие не достигают овуляторной зрелости и претерпевают атрезию. **Материалы и методы.** Материалом для морфологических исследований служили яичники коров Абердин – ангусской, шевроле и казахской белоголовой породы, средней упитанности, 5-7 летнего возраста. Диагноз на дисфункцию ставили на основании двукратного ректального исследования с УЗИ-контролем у животных, которые не приходили в охоту от 58 до 87 дней после отела. **Результаты.** Установлено наличие большого количества фолликулов на различных стадиях развития. Стенки третичных фолликулов представлены располагающимися в 8-12 слоев фолликулярными клетками. Встречались с двумя яйцеклетками граафовы пузырьки. В таких случаях по своим размерам обычно одна из них была заметно больше другой. В третичных фолликулах атрезия происходит как по облитерационному, так и по

кистозному типам. Следует уточнить, что облитерационная атрезия встречалась чаще кистозной (33,53 % против 28,16 %). В состоянии атрезии находилось 61,68 % граафовых пузырьков, средней диаметр которых $2670,21 \pm 242,21$ мкм. **Обсуждения и заключение.** Морфологическими исследованиями определено, что при дисфункции яичников общее число примордиальных, первичных, вторичных и третичных фолликулов в гистологическом срезе составляет $103,44 \pm 3,0$, из которых 79,39 % – примордиальные, 8,9 % – вторичные и у 11,71 % – третичные. Значительная часть третичных фолликулов (61,68 %), преимущественно средних и мелких размеров, с диаметром $2406,4 \pm 370,0$ мкм, находится в состоянии облитерационной атрезии, а у 28,16 % крупных фолликулов с диаметром $1353,43 \pm 78,22$ мкм отмечается кистозная атрезия.

Ключевые слова: *телки случного возраста, абердин-ангусс, шевроле, казахская белоголовая порода КРС, гистология яичников коров, дисфункции яичников коров.*

Цитирование. Перерядкина С. П., Авдеенко В. С., Гальченко В. А., Альтмаев Э. А. Морфологическая характеристика яичников у мясного скота при дисфункциональном состоянии гонад. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 244-254. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-25.

Авторский вклад. Все авторы данного научного исследования принимали непосредственное участие в разработке, планировании и анализе полученных данных. Все авторы ознакомились и одобрили полученный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Интенсивное расширение мясного скотоводства сдерживается из-за большого распространения среди коров маточного стада репродуктивных заболеваний, приводящих к бесплодию различной длительности, уменьшению молочной продуктивности и преждевременной выбраковке животных [5, 6]. На данный момент разработаны научные основы коррекции нарушений функциональной деятельности яичников у коров молочного направления, однако нельзя считать, что вопросы управления процессами размножения у пород мясного направления решены [1]. Актуальным остается разработка новых и совершенствование существующих методов профилактики и терапии функциональных нарушений яичников у разных пород (абердин-ангусс, герефорд, шевроле и казахская белоголовая) мясного скота [2, 3]. Разработанные и широко используемые в ветеринарной практике способы восстановления плодовитости при дисфункции гонад не всегда оказывают должного положительного эффекта [4].

Поэтому изучение сравнительной оценки способов восстановления половой цикличности, увеличение оподотворяемости коров при дисфункциональном состоянии яичников на основе особенностей гистогенеза при данном функциональном нарушении яичников является актуальным направлением ветеринарной акушерской, гинекологической науки и практики [7, 8].

Целью настоящего исследования является изучение морфологических изменений в яичниках при нарушении функции в сравнении со стадией уравнивания полового цикла.

Материалы и методы. Материалом для морфологических исследований служили яичники коров абердин-ангусской, шевроле и казахской белоголовой пород средней упитанности 5...7-летнего возраста, находящихся на подсосе, и у телок случного периода с дисфункциональным состоянием и клинически здоровых животных в стадию возбуждения полового цикла. Диагноз на дисфункцию ставили на основании двукратного ректального исследования с УЗИ-контролем у животных, которые не приходили в охоту от 58 до 87 дней после отела. У клинически здоровых коров и телок случного возраста

стадию возбуждения полового цикла определяли на основании визуального учета признаков течки, полового возбуждения самок и охоты. Коров с дисфункцией яичников и в стадию уравнивания полового цикла (14 день полового цикла) убивали, яичники после экстирпации помещали в 10 % раствор нейтрального формалина с последующим гистологическим исследованием по общепринятой методике.

Результаты. Яичники при дисфункциональном состоянии имели гладкую поверхность, лишенной фолликулов или желтых тел. Длина яичников в среднем составляла $3,1 \pm 0,13$ см. Более близкими были величины в отношении их ширины (1,5 и 1,9 см). Незначительная толщина яичников (не более 1,1 см) придавала им характерную для данного функционального состояния бобовидную, плоскую форму. Консистенция яичников, как правило, плотная, однородная. Как показали микроскопические исследования, поверхностный слой яичников представлен преимущественно однослойным плоским эпителием. Ядра клеток круглые, округлые, компактные. Цитоплазма прозрачная, гомогенная. Отмечаются разрыхление связи между клетками покровного эпителия, десквамация отдельных клеток. В некоторых клетках – вакуольная и зернистая дистрофия с образованием капель секрета.

Белочная оболочка яичников состоит из коллагеновых волокон и веретенообразных соединительнотканых клеток, между которыми располагаются в небольшом количестве кровеносные и лимфатические сосуды с запустевшими, узкими просветами. В яичниках регистрируются примордиальные, растущие и третичные фолликулы (рисунок 1).

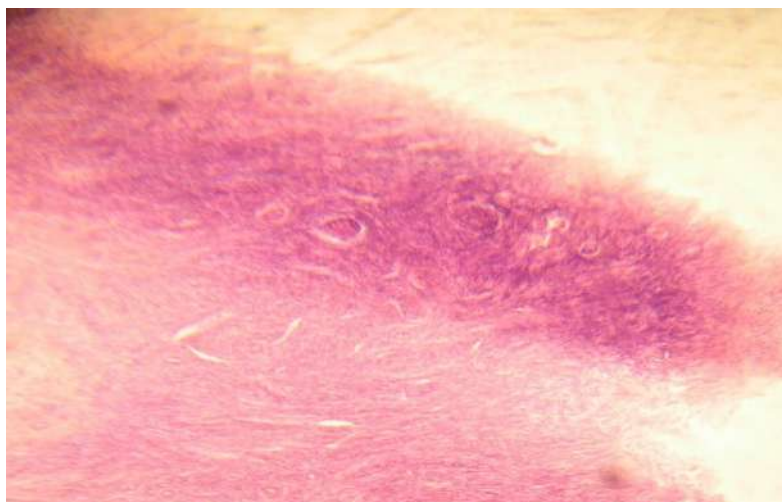


Рисунок 1 – Яичник. Овогенез на различных стадиях (примордиальные и растущие фолликулы). Гем. – Эоз. Ув. 120

Figure 1 – Ovary. Ovogenesis at various stages (primordial and growing follicles). Heme. - Eos. Uv. 120

У 4 коров, половые органы которых подвергались морфологическим исследованиям, общее количество фолликулов в срезе насчитывалось $80,22 \pm 2,5$, из которых 72,67 % составляли первичные, 15,83% – вторичные и на долю третичных приходилось 11,48 %.

Располагаются примордиальные фолликулы в корковом слое яичника довольно неравномерно. В некоторых из них видны дистрофические изменения, характеризующиеся скоплением в центральной части зернистой массы, почти не содержащей клеточных элементов (рисунки 2, 3).

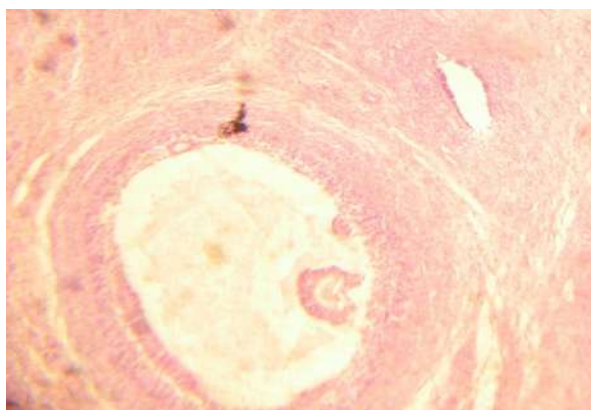


Рисунок 2 – Яичник. Третичный фолликул с яйцеклеткой. Гем. – Эоз. 120

Figure 2 – The Ovary. Tertiary follicle with egg. Heme. - Eos. 120

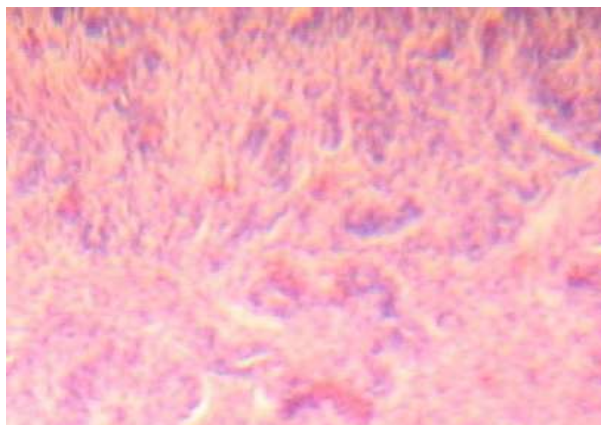


Рисунок 3 - Яичник. Атрезия примордиальных фолликулов. Гем.- Эоз. Ув.120

Figure 3 - The Ovary. Atresia of the primordial follicles. Heme. - Eos. Uv. 120

Во вторичных фолликулах наблюдается дискомплексация и десквамация фолликулярного эпителия. Яйцеклетки имеют в протоплазме вакуоли, подвергаются лизису. В корковом веществе отмечается гипоплазия соединительнотканых элементов (рисунок 4).

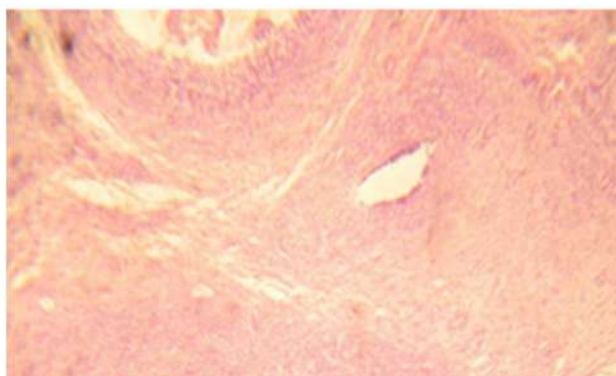


Рисунок 4 – Яичник. Атрезия третичного фолликула по облитерационному типу с образованием фиброзного атретического тела. Гем. – Эоз. 120

Figure 4 – The Ovary. Atresia of the tertiary follicle by obliteration type with the formation of a fibrous atretic body. Hem – - Eos. 120

Таблица 1 – Соотношение фолликулов в яичниках при их гипофункции у телок (в гистологическом срезе)

Table 1 – The ratio of follicles in the ovaries with their hypofunction in heifers (in a histological section)

Всего фолликулов / Total follicles	Из них: / Of them:					
	первичных / primary		вторичных / secondary		третичных / tertiary	
	количество / quantity	%	количество / quantity	%	количество / quantity	%
80,22 ± 2,5	58,3 ± 1,3	72,67	12,71 ± 0,2	15,83	9,21 ± 0,4	11,48

Третичные фолликулы имели различные размеры и функциональное состояние. Из приведенных в таблице 2 данных, третичных фолликулов в гистологическом срезе насчитывалось в среднем $9,21 \pm 0,4$, а их диаметр составлял $1381,5 \pm 152,22$ мкм. Подавляющая часть третичных фолликулов подвергалась атрезии по облитерационному типу (67,64 %).

Установлено, что облитерационная атрезия происходила преимущественно в фолликулах мелких и средних размеров, диаметр которых составлял в среднем $867,72 \pm 86,74$ мкм. Во всех случаях, когда удавалось отметить атрезию фолликула, мы не встречали нормальную яйцеклетку.

Таблица 2 – Характер атрезии третичных фолликулов при гипофункции яичников у телок

Table 2 – The nature of tertiary follicle atresia in ovarian hypofunction in heifers

Показатель / Indicator	Всего третичных фолликулов / Total tertiary follicles	В состоянии атрезии / In the state of atresia		
		Облитерационной / obliterative	кистозной / cystic	всего / total
В гистологическом срезе (кол-во) / In the histological section (qty)	9,21±0,30	6,23±0,21	1,32±0,01	7,55±0,08
Процент атрезии / The percentage of atresia	100	67,64	14,33	81,98
Диаметр (мкм) / Diameter (microns)	1381,5±152,22	867,72±86,74	2345,62±352,31	1606,67±172,0

Атрезия по облитерационному типу характеризовалась дистрофическим разрыхлением гранулезы с сильно выраженной дисконкомплексацией и дисквамацией клеток, которые покрывают яйцеклетку, яйценосный бугорок и густо заполняют полость фолликула с последующим образованием фиброзного атретического тела (рисунок 5).

В наиболее крупных пузырчатых фолликулах наблюдали истончение фолликулярного эпителия с 7...12 слоев до 2...3, а иногда оставался один слой. Между внутренней текой и гранулезой появляются щелевидные образования с процессами разрыхления и десквамации фолликулярных клеток в полость граафова пузырька. Такие изменения характерны для кистозной атрезии (рисунок 6). Кистозные изменения третичных фолликулов установлены у 14,33 % от их общего числа, а их диаметр имел более значительные чем при облитерационной атрезии колебания (от 67,5,5 мкм до 3494,23 мкм ($2345,62 \pm 352,31$ мкм.)). В третичных фолликулах при ясно выраженных процессах кистозной атрезии мы нередко наблюдали яйцеклетки, несмотря на сильно

выраженную десквамацию клеток фолликулярного эпителия. В целом 81,98 % пузырчатых фолликулов находилось в состоянии атрезии. В мелких третичных фолликулах этих изменений не регистрировали.

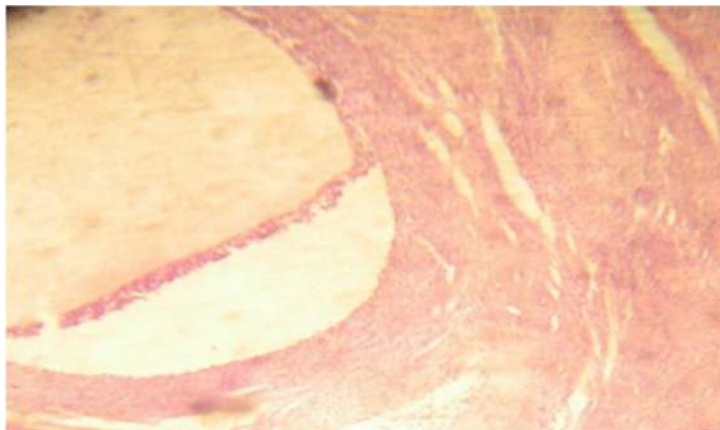


Рисунок 5 – Яичник. Кистозная атрезия фолликула. Истончение гранулезы и десквамация фолликулярного эпителия. Гем. – Эоз. 120

Figure 5 – The Ovary. Cystic atresia of the follicles. Thinning of granulosa and desquamation of the follicular epithelium. Heme. - Eos. 120

Таким образом, приведенные данные морфологических исследований свидетельствуют о том, что при гипофункции яичников у коров отмечается уменьшение общего количества примордиальных фолликулов в яичниках с ясно выраженными в них дистрофическими изменениями, вследствие чего закономерно меньше образуется вторичных и третичных фолликулов с последующей их массовой атрезией. По этой причине в организме коров существенно затрудняется создание необходимого гормонального фона для проявления стадии возбуждения полового цикла.

У коров, находящихся на подсосе, и телок случного возраста в стадию уравнивания полового цикла яичники имели округлую, эллипсоидную и бобовидную формы с мелкобугристой поверхностью из-за наличия желтых тел различных размеров или растущих фолликулов. На некоторых яичниках были видны мелкие желтые тела предыдущего полового цикла (беременности) диаметром 0,4...0,6 см, которые возвышались над поверхностью гонад на 0,2...0,3 см и придавали им в этих участках не только бугристую поверхность, но и плотную консистенцию. Установлено, что длина яичников составляла $3,5 \pm 0,22$ см. Ширина яичников составляла $3,1 \pm 0,2$ см.

Микроскопическим исследованием установлено наличие большого количества фолликулов на различных стадиях развития. В гистологических срезах насчитывалось $103,44 \pm 3,0$ фолликулов, 79,39 % из которых составляли первичные, 8,9 % – вторичные и на долю третичных приходилось 11,71 % (таблица 3).

Таблица 3 – Соотношение фолликулов в яичниках в стадию уравнивания полового цикла телок (в гистологическом срезе)

Table 3 – The ratio of follicles in the ovaries at the stage of balancing the sexual cycle of heifers (in a histological section)

Всего фолликулов / Total follicles	Из них: / Of them:					
	первичных / primary		вторичных / secondary		третичных / tertiary	
	количество / quantity	%	количество / quantity	%	количество / quantity	%
$103,44 \pm 3,0$	$82,12 \pm 2,8$	79,39	$9,21 \pm 0,22$	8,9	$12,11 \pm 0,11$	11,71

Значительная часть примордиальных и растущих фолликулов в хорошем функциональном состоянии, хотя некоторые претерпевали атрезию. Стенки третичных фолликулов представлены фолликулярными клетками, которые располагались в 8...12 слоев. Встречались графовы пузырьки с двумя яйцеклетками. В таких случаях обычно одна из них была заметно больше другой по своим размерам. В третичных фолликулах атрезия происходит как по облитерационному, так и по кистозному типам.

Следует отметить, что облитерационная атрезия встречалась чаще кистозной (33,53 % против 28,16 %) и происходила в фолликулах с диаметром $1353,43 \pm 78,22$ мкм. Третичные фолликулы более крупных размеров (диаметр $3735,0$ мкм) имели кистозные изменения.

Всего, таким образом, в состоянии атрезии находилось 61,68 % графовых пузырьков, средний диаметр которых $2670,21 \pm 242,21$ мкм.

Таблица 4 – Характер атрезии третичных фолликулов у коров в стадию уравнивания полового цикла

Table 4 – The nature of atresia of the tertiary follicles in cows at the stage of balancing the sexual cycle

Показатели / Indicators	Всего третичных фолликулов / Total tertiary follicles	В состоянии атрезии / In the state of atresia		
		Облитерационной / obliterative	Кистозной / cystic	Всего / Total
В гистологическом срезе (кол-во) / In the histological section (qty)	$12,11 \pm 0,11$	$4,06 \pm 0,1$	$3,41 \pm 0,06$	$7,47 \pm 0,08$
Процент атрезии / The percentage of atresia	100	33,53	28,16	61,68
Диаметр (мкм) / Diameter (microns)	$2406,4 \pm 370,0$	$1353,43 \pm 78,22$	$3987,0 \pm 255,4$	$2670,21 \pm 242,2$

Желтое тело предыдущего полового цикла было четко отграничено от окружающей ткани гиалинизированной, фиброзной соединительнотканной капсулой, содержащей значительное количество коллагеновых волокон, от которой к центральной части железы отходят тонкие тяжи соединительной ткани (рисунок 7).

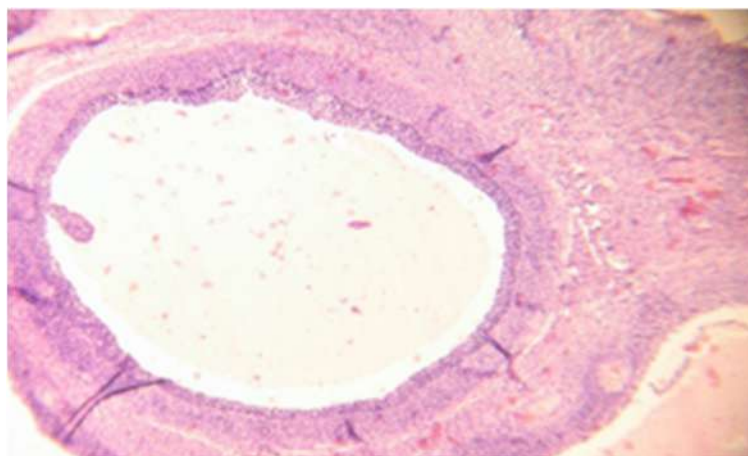


Рисунок 6 – Яичник. Третичный фолликул. Внутренняя стенка фолликула представлена клетками фолликулярного эпителия. Гем. – Эоз. Ув. 120

Figure 6 – Ovary. The tertiary follicle. The inner wall of the follicle is represented by cells of the follicular epithelium. Heme. - Eos. Uv. 120

Лютеиновые клетки желтого тела с рыхлой, светлой цитоплазмой, округлыми, светло окрашенными ядрами. Центральная часть желтого тела диффузно инфильтрована эозинофилами, моноцитами, лимфоцитами.

Соединительная ткань, состоящая из клеток с веретенообразной формой, обильно снабжена кровеносными сосудами. В зоне коркового вещества над фиброзной капсулой желтого тела растущие и третичные фолликулы с сильно выраженной дистрофией и десквамацией фолликулярных клеток.

Следует отметить, что в срезах яичников с желтыми телами предыдущего полового цикла насчитывалось только 30...35 примордиальных фолликулов, 4... 5 растущих и 1...5 пузырчатых.

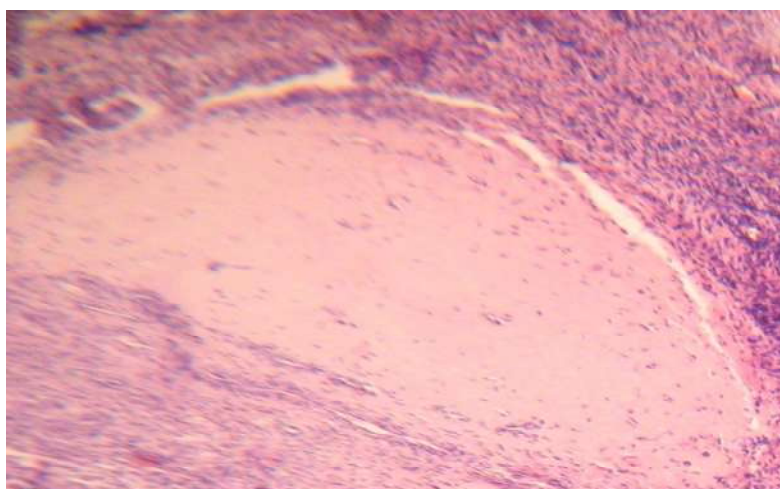


Рисунок 7 – Яичник. Желтое тело предыдущего полового цикла, отграниченное от окружающей ткани соединительнотканной оболочкой. Гем. - Эоз. Ув.120

Figure 7 – The Ovary. The yellow body of the previous sexual cycle, separated from the surrounding tissue by the connective tissue membrane. Heme-Eos. Uv. 120

При наличии четко выраженных желтых тел в фолликулах яичников наблюдали атрезию по облитерационному типу, тогда как при отсутствии ясно выраженных желтых тел облитерация фолликулов проходила преимущественно по кистозному типу.

Выводы. При дисфункции яичников общее число примордиальных, первичных, вторичных и третичных фолликулов в гистологическом срезе составляет $103,44 \pm 3,0$, из которых 79,39 % – примордиальные, 8,9 % – вторичные и 11,71 % – третичные. Значительная часть третичных фолликулов (61,68 %), преимущественно мелких и средних размеров с диаметром $2406,4 \pm 370,0$ мкм, находятся в состоянии облитерационной атрезии, а у 28,16 % крупных фолликулов с диаметром $1353,43 \pm 78,22$ мкм отмечается кистозная атрезия.

Библиографический список

1. Кочарян В. Д., Никитина М. А. Восстановление плодовитости у коров при гипофункции яичников препаратом «Плацентин» // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. 2013. № 6. С. 34-36.
2. Особенности фолликулогенеза у коров мясных пород (казахская белоголовая, шевроле и герефорд) в контексте восстановления плодовитости / С. П. Перерядкина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 227-235.

3. Особенности фолликулогенеза у коров казахской белоголовой породы и применение гормональных препаратов для стимуляции полового цикла / А. Т. Жажгалиева [и др.] // Аграрный научный журнал. 2014. № 9. С. 14-17.

4. Binelli M. Sex steroid-mediated control of oviductal function in cattle // Biology (review). 2018. № 7 (15). P. 1-24.

5. Kor N. M. The effect of corpus luteum on hormonal composition of follicular fluid from different size follicles and their relationship to serum concentration in dairy cows // Asian Pac. J. Trop. Med. 2014. № 7. P. 282-288.

6. Nagai K. The relationship between antral follicle count in a bovine ovary and developmental competence of in vitro-grown oocytes derived from early antral follicles // Biomedical Research (Tokyo). 2016. № 37(1). P. 61-71.

7. Perry G. A. Relationship of follicle size and concentrations of estradiol among cows exhibiting or not exhibiting estrus during a fixedtime AI protokol // Dom. Anim. Endocrinol. 2014. № 48. P. 15-20.

8. Zangirolamo A. F. Ovarian antral follicle populations and embryo production in cattle // Proceeding of the 34rd Meeting of the Association of Embryo Transfer in Europe (AETE): France, 2018.

Conclusion. In ovarian dysfunction, the total number of primordial, primary, secondary, and tertiary follicles in the histological section is 103.44 ± 3.0 , of which 79.39% are primordial, 8.9% are secondary, and 11.71% are tertiary. A significant part of the tertiary follicles (61.68%), mainly small and medium-sized with a diameter of 2406.4 ± 370.0 microns, are in a state of oblitative atresia, and 28.16 % of large follicles with a diameter of 1353.43 ± 78.22 microns have cystic atresia.

References

1. Kocharyan V. D., Nikitina M. A. Restoration of fertility in children with ovarian hypofunction with the drug "Placentin" // Bulletin of the Saratov State Agrarian University N. I. Vavilov. 2013. No. 6. P. 34-36.

2. Features of folliculogenesis in cows of meat breeds (Kazakh white-headed, Chevrolet and Hereford) in the context of fertility restoration / S. P. Pereryadkina [et al.] // Izvestia of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and higher professional education. 2018. No. 2 (50). P. 227-235.

3. Features of folliculogenesis in Kazakh white-headed cows and the use of hormonal drugs to stimulate the sexual cycle / A. T. Zhazhgalieva [et al.] // Agricultural scientific Journal. 2014. No. 9. P. 14-17.

4. Binelli M. Sex steroid-mediated control of oviductal function in cattle // Biology (review). 2018. № 7 (15). P. 1-24.

5. Kor N. M. The effect of corpus luteum on hormonal composition of follicular fluid from different size follicles and their relationship to serum concentration in dairy cows // Asian Pac. J. Trop. Med. 2014. № 7. P. 282-288.

6. Nagai K. The relationship between antral follicle count in a bovine ovary and developmental competence of in vitro-grown oocytes derived from early antral follicles // Biomedical Research (Tokyo). 2016. № 37(1). P. 61-71.

7. Perry G. A. Relationship of follicle size and concentrations of estradiol among cows exhibiting or not exhibiting estrus during a fixedtime AI protokol // Dom. Anim. Endocrinol. 2014. № 48. P. 15-20.

8. Zangirolamo A. F. Ovarian antral follicle populations and embryo production in cattle // Proceeding of the 34rd Meeting of the Association of Embryo Transfer in Europe (AETE): France, 2018.

Author's Information

Svetlana Petrovna Pereryadkina, Deputy Dean for Academic Affairs, Deputy Dean for Scientific Work of the Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Obstetrics and Therapy of the Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., 40000 Volgograd, Russia), tel. 8 (961) 066-96-60, e-mail: pereryadkina.svetlana@mail.ru

Avdeenko Vladimir Semenovich, candidate of veterinary Sciences, doctor of veterinary Sciences, Professor of the Department of Obstetrics and Therapy of the Volgograd State Agrarian University (Russia, Volgograd 40000, prospect Universitetsky 26), tel: 8 (917) 987-06-33, e-mail: avdeenko0106@mail.ru

Galchenko Viktoriya A., Ph. D., lecturer of the Department " of Obstetrics and Therapy of the Volgograd State Agrarian University (Russia, Volgograd 40000, prospect Universitetsky 26), tel: 8 (927) 066-62-84, e-mail: meshcheryakova-vika@mail.ru E. A.

Almtaev Je. A., PhD student of the Department «Animal Diseases and VSE» Saratov State Agrarian University and N. I. Vavilov University (Russian Federation 410012, Saratov, Teatralnaya pl. 1), tel. 8 (917) 987-06-33, e-mail: avdeenko0106@mail.ru

Информация об авторах

Перерядкина Светлана Петровна, зам. декана по учебной работе, зам. декана по научной работе факультета «Биотехнологий и ветеринарной медицины», кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры «Акушерство и терапия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 40000 г. Волгоград, пр-т Университетский д. 26), тел. 8 (961) 066-96-60, e-mail: pereryadkina.svetlana@mail.ru

Авдеенко Владимир Семенович, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры «Акушерство и терапия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 40000 г. Волгоград, пр-т Университетский д. 26), тел. 8 (917) 987-06-33, e-mail: avdeenko0106@mail.ru

Гальченко Виктория Алексеевна, аспирант, преподаватель кафедры «Акушерство и терапия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 40000 г. Волгоград, пр-т Университетский д. 26), тел. 8 (927) 066-62-84, e-mail: meshcheryakova-vika@mail.ru

Альмтаев Э. А., аспирант кафедры «Болезни животных и ВСЭ» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» (РФ 410012, г. Саратов, Театральная пл. 1), тел. 8 (917) 987-06-33, e-mail: avdeenko0106@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-26

TOXICITY OF THE CATIONIC ACTIVE COMPOUND OF MYRISTIC ACID AMIDE FOR AQUARIUM FISH

V.V. Chekrysheva, L.N. Fetisov, A.E. Svyatogorova, K.N. Kononenko

Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Zonal Research Veterinary Institute» - a branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center», Novocherkassk

Received 02.06.2021

Submitted 12.08.2021

Summary

The article presents the results of a study of substances from a number of fatty acid amides as antiparasitic agents in protozoal diseases of fish. The parameters of toxicity and safety of fatty acid amides for aquarium fish were evaluated. The toxicity limit of the cationic-active compound myristic acid amide was determined, at which the safe limit for fish viability was preserved.

Abstract

The prospect of using synthesized cationic surfactants as active substances in parasitic diseases caused by protozoa necessitated the study of these compounds as antiprotozoal agents in protozoan diseases of fish. First of all, with diseases that are caused by protozoa living on the skin and gills of fish. The causative agents of these diseases are: sporozoans (coccidiosis, myxozomiasis, myxobolosis), ciliated infusoria (chylodonellosis, ichthyophthiriosis, trichodiasis) and flagellates (costiosis, cryptobiosis, ichthyobolosis). In initial experiments to determine the safety parameters of myristic acid amide, it was found that aquarium fish are more sensitive than mammals and birds. Thus, the main goal and objective of the experiment was to establish a non-toxic concentration of myristic acid amide for aquarium fish. To determine the safety parameters of myristic acid amide aquarium fish of the Guppy species were used as a test object (lat. *Poecilia reticulata*) in the laboratory conditions of the creative team of chemical synthesis of the «North Caucasian Zonal Research Veterinary Institute». During the experiment, fish were placed in tanks with different con-

centrations of myristic acid amide solution. During observation, it was found that males reacted more acutely to the presence of the tested compound in aqueous solutions, which affected their condition, and they had earlier death in contrast to females. A pathological anatomical analysis of the dead specimens showed that myristic acid amide in the presented concentrations provoked difficulty and, subsequently, respiratory arrest and resulted in the death of the fish. The revealed fact, as well as conducting further studies made it possible to determine the limit of toxicity of the cationic-active compound amide myristic acid, at which the viability of fish is preserved. Thus, at a concentration of 0.2 µg/ml, it was found that fish of the Guppy species (*Poeciliareticulata*) remained viable. At the same time, studies have shown that a given concentration (0.2 µg/ml) has an antistocidal or suppressive effect on protozoan species *Colpodasteinii* when exposed for 20 min.

Key words: cationic active compound of myristic acid amide, aquarium fish

Citation. Chekrysheva V. V., Fetisov L. N., Svyatogorova A. E., Kononenko K. N. Toxicity of the cationic active compound of myristic acid amide for aquarium fish. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 254-262 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-26.

Author's contribution. In this experiment, all the authors participated in the planning, execution, and analysis of the research results. The presented version of the article is approved by all the authors.

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

УДК 619:616.993.192

ТОКСИЧНОСТЬ КАТИОНО-АКТИВНОГО СОЕДИНЕНИЯ АМИДА МИРИСТИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ АКВАРИУМНЫХ РЫБ

В. В. Чекрышева, кандидат ветеринарных наук, директор

Л. Н. Фетисов, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник

А. Е. Святогорова, младший научный сотрудник

К. Н. Кононенко, младший научный сотрудник

Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал
ФГБНУ ФРАНЦ, г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 02.06.2021

Дата принятия к печати 12.08.2021

Аннотация. Перспективность использования синтезированных катионных ПАВ в качестве активно действующих субстанций при паразитарных заболеваниях, вызываемых простейшими, обусловила необходимость в изучении данных соединений в качестве антипротозойных средств при протозойных заболеваниях у рыб, в первую очередь при заболеваниях, которые вызываются простейшими, обитающими на коже и жабрах рыб. Возбудителями таких заболеваний являются споровики (кокцидиоз, миксоэоз, миксоболёз), ресничные инфузории (хилодонеллез, ихтиофтириоз, триходиоз) и жгутиконосцы (костиоз, криптобиоз, ихтиободоз). При первичных опытах по определению параметров безопасности амида миристиновой кислоты было установлено, что аквариумные рыбы более чувствительны, чем млекопитающие и птицы. Таким образом, основной целью и задачей опыта являлось установление нетоксичной концентрации амида миристиновой кислоты для аквариумных рыб. Для определения параметров безопасности амида миристиновой кислоты в качестве тест-объекта использовали аквариумных рыб вида Гуппи (лат. *Poecilia reticulata*) в лабораторных условиях ТК химического синтеза Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского ветеринарного института. В процессе опыта рыб помещали в аквариумы с различными вариантами концентрации раствора амида миристиновой кислоты. В ходе наблюдений было выявлено, что самцы более остро реагировали на присутствие в водных растворах испытуемого соединения, что сказывалось на их состоянии, и у них раньше наступала смерть, в отличие от самок. Патологоанатомический анализ погибших особей показал, что амидамиристиновая кислота в представленных концентрациях провоцирует затруднение, и в дальнейшем остановку дыхания и приводит к гибели рыб. Выявленный факт, а также проведение дальнейших исследований позволили определить предел токсичности

катионно-активного соединения амида миристиновой кислоты, при котором сохраняется жизнеспособность рыб. Так, при концентрации 0,2 мкг/мл, было установлено, что рыбы вида Гуппи (*Poecilia reticulata*) сохраняют жизнеспособность. Вместе с тем исследования показали, что приведенная концентрация (0,2 мкг/мл) оказывает протистоцидное или угнетающее действие на простейших вида *Colpoda steinii* при экспозиции 20 мин.

Ключевые слова: катионо-активное соединение амида миристиновой кислоты, аквариумные рыбы.

Цитирование. Чекрышева В. В., Фетисов Л. Н., Святогорова А. Е., Кононенко К. Н. Токсичность катионо-активного соединения амида миристиновой кислоты для аквариумных рыб. *Известия НВ АУК*. 2021. 2 (57). 254-262. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-26.

Авторский вклад. В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В рыбоводстве существует проблема заболевания протозоозами. На данный момент известно несколько сотен видов простейших, ведущих паразитический образ жизни, использующих рыбу в качестве хозяина и вызывающих различные, зачастую приводящие к массовой гибели заболевания.

Простейшие разрушают клетки хозяина и очень быстро в них размножаются, поэтому представляют серьезную опасность для животных, в которых паразитируют.

Паразиты в основном локализуются в крови, подслизистом слое кишечника, на жабрах, на поверхности тела. Вызывают воспаление слизистой оболочки кишечника, сопровождающееся некрозом, таким образом вызывая токсическое воздействие на организм рыбы в результате выделения продуктов жизнедеятельности и распада отмирающей ткани. Повреждение кожи и жабр обуславливает нарушение дыхания, газообмена, приводит к гибели рыб. Простейшие, внедрённые в эпителиальные клетки, разрушают их и нарушают функцию клеток, в результате чего происходит обильное отделение слизи, затем некробиоз, при этом на поврежденных участках поселяются паразитические грибки сапролегнии, развиваются бактерии. Происходит десквамация клеток эпителия и дистрофия животных. Клинически заболевание проявляется пролиферативным энтеритом. Некоторые представители простейших (например, рода *Eimeria*) могут паразитировать также в стенках плавательного пузыря, в печени и в половых железах рыб.

Патологоанатомические изменения зависят от вида возбудителя, его локализации, интенсивности заражения [12]. С учетом этого факта, а также столь же быстрого распространения заболевания, вызываемого ими среди рыб, находящихся в одном аквариуме или водоёме, своевременная диагностика протозоозов и меры борьбы с паразитирующими простейшими являются важными составляющими эффективного разведения рыб [14].

И поэтому, несмотря на большое внимание к протозоозам, данные заболевания продолжают серьезно беспокоить животноводов. Как в случае с антибактериальными заболеваниями, так и в случае с протозойными заболеваниями возрастает проблема лекарственной устойчивости простейших к одному и тому же препарату при его длительном назначении [2, 3, 5]. Во всех странах с развитым промышленным животноводством разработка средств и методов борьбы с инвазией в настоящее время резко сокращена.

Протозойные заболевания вызываются споровиками, инфузориями и жгутиконосцами. Споровики вызывают кокцидиоз, миксоэоз, миксоболёз и др.; инфузии – ихтиофтириоз, хилодонеллез, триходиоз, апиозомоз; основные заболевания жгутиконсцев – ихтиободоз, гексамитоз, криптобиоз [4].

Практика работы многих предприятий показывает, что лечение фуразолидоном от кокцидиоза является традиционным и потерявшим актуальность. Лечение от миксозомоза высокотоксичными мышьяковистыми препаратами, как и лечение криптобиоза (возбудитель *Cryptobia branchialis*) раствором хлорной извести и медного купороса, очень опасно и может привести к отравлению прудов. И поэтому употребление в пищу людям и животным воды и сырья из рыб, находящимся в таких прудах, не может быть допущено. Против инфузорий используют малоэффективные лекарственные красители: малахитовый зеленый, бриллиантовый зеленый, фиолетовый К и др., иногда в сочетании с агрессивными химическими веществами типа формалина, активного хлора, которые также обуславливают отравляющий эффект прудов. Также известно, что методы лечения миксоболёза и криптобиоза, вызываемого *Cryptobia cyprini*, на данный момент не разработаны.

В основном всеми источниками рекомендована профилактика протозоозов, включающая в себя комплекс недостаточно эффективных лечебно-профилактических мероприятий [1, 8, 10, 11].

Учитывая вышеизученные материалы, которые свидетельствуют о неудовлетворённости применения рекомендуемых препаратов в ветеринарной практике, мы предпринимаем попытки по скринингу новых соединений с антипротозойной активностью неантибиотического происхождения. В связи с этим мы синтезировали и изучили биологическое действие катионного поверхностно-активного соединения - амида миристиновой кислоты («726» - номер шифра в лабораторном журнале) для его использования в борьбе с протозоозами.

Известно, что синтезы в ряду производных амидов жирных кислот позволяют получить новые катионные поверхностно активные соединения, которые обладают высокими антимикробными свойствами (антибактериальными и антипротозойными), что дает основание ожидать высокой лечебной эффективности.

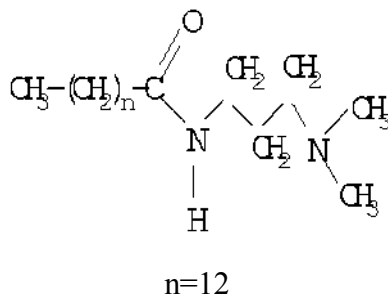


Рисунок 1 – Соединение 1. Структурная формула амида миристиновой кислоты (n=12)
(Патент РФ 2526166 «Способ лечения кокцидиоза птицы»).

Figure 1 – Compound 1. Structural formula of myristic acid amide (n = 12)
(Patent RF 2526166 "Method for the treatment of poultry coccidiosis").

Химическое название соединения 1 - миристиновой кислоты (3-диметиламинопропил) - амид 1 (n=12), где n=12 – число метиленовых звеньев в молекуле амида миристиновой кислоты.

Ранее нами было доказано, что протистостатическая активность этих веществ достаточно высокая в отношении простейших вида *Colpoda steinii* (6-12 мкг/мл) [9]. Амид миристиновой кислоты использовали в качестве активно действующей субстанции при разработке способа лечения кокцидиоза птицы и способа лечения ран у животных (патенты РФ № 2526166 «Способ лечения кокцидиоза птицы»; РФ №2604130 «Способ лечения ран у животных»).

Также был разработан способ стимуляции роста птицы с использованием 0,01 % водных растворов производных амидов жирных кислот (лауриновой и миристиновой) в виде солей с фармакологически приемлемыми минеральными и органическими кисло-

тами (патент РФ № 2541389). Растворы применяли свободно вместо воды, в результате чего наблюдалось повышение прироста массы цыплят, улучшение конверсии корма, уменьшение затрат, снижение трудозатрат в связи с применением свободной выпойки, совместимость с текущими ветеринарными обработками, предусмотренными технологией выращивания. Предлагаемые к использованию вещества биodeградируются как в организме, так и во внешней среде вследствие легко протекающего гидролиза амидной связи, что приводит к образованию безвредной жирной кислоты, а также N,N-диметил-1,3-диаминопропана, легко окисляющегося до простейших безвредных соединений (патент РФ № 2541389 «Способ стимуляции роста птицы»).

Установлено также, что амид миристиновой кислоты малотоксичен для лабораторных крыс и цыплят. Протистоцидная активность «726» превосходила активность известных препаратов: байкокса и ампролиума в 10,4 раза; делагила – в 1,95 раза [7].

Установленные факты дали основание для дальнейшего изучения веществ из ряда амидов жирных кислот в качестве антипаразитарных средств при протозойных заболеваниях рыб. Токсичность амидов жирных кислот для рыб в литературе не описана. Логично, что первым этапом этих исследований была намечена оценка параметров токсичности амидов жирных кислот для пресноводных рыб.

Цель и задача опыта – установить нетоксичную концентрацию амида миристиновой кислоты для аквариумных рыб.

Материалы и методы. Для определения параметров безопасности амида миристиновой кислоты в качестве тест-объекта использовали аквариумных рыб вида Гуппи (лат. *Poecilia reticulata*). Исследование проводили в лабораторных условиях ТК химического синтеза СКЗНИВИ.

Рыб помещали в аквариумы с различными вариантами концентрации раствора амида миристиновой кислоты. Для разведения использовали отстоянную не менее трёх суток водопроводную воду. В каждый аквариум помещали по три - пять рыбок с определённой концентрацией растворов в каждом из них. Объем приготовленного раствора в каждом аквариуме составлял 1500 мл. Номера групп рыб и изученные концентрации «726» представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты изучения токсического действия водных растворов амида миристиновой кислоты на рыб вида Гуппи (лат. *Poecilia reticulata*)

Table 1 – Results of the study of the toxic effects of aqueous solutions of myristic acid amide on fish of Guppy (*Poecilia reticulata*) species

Группы / Groups №	Концентрация р-ров, мкг/мл / Concentration of solutions, µg / ml	Результаты испытания, п/ж* / Test results, d/a
1	0,05	0/3
2	0,075	0/3
3	0,1	0/3
4	0,15	0/3
5	0,2	0/3
6	0,5	1/3
7	1	3/0
8	2,5	3/0
9	5	3/0
10	10	3/0
11	20	3/0
12	25	3/0
13	50	3/0
14	100	3/0

Примечание: п/ж* - погибшие / живые

Note: d/a* - dead / alive

Степень токсического воздействия определяли по общей реакции рыб, по клиническим признакам отравления и по срокам наступления гибели. Оценку степени отрицательного действия амида миристиновой кислоты и результат её влияния на состояние рыб визуализировали по активности и поведению, и по паткартине. Во время наблюдения за их поведением в аквариуме обращали внимание на характер и координацию движения, частоту дыхательных движений жаберных крышек, реакцию на внешние раздражители, пугливость, угнетение, возбуждение, равновесие в воде.

Результаты и обсуждение. Наблюдение за первой - пятой опытными группами проводили в течение трёх дней. Все рыбки (как самцы, так и самки) живы и очень активны, питание не нарушено.

Далее продолжали опыт с повышением концентрации раствора амида миристиновой кислоты для других опытных групп.

В аквариуме опытной группы №6 (0,5 мкг/мл) находились две самки и один самец. Через 3,5 часа с момента начала опыта все рыбки живы и активны. Через 20 ч самец потерял подвижность, наступила гибель. У самок наблюдалась замедленная активность, затруднённое дыхание, сопровождающееся нетипичным движением жабр. Спустя ещё сутки и в дальнейшем самки остались живы.

Спустя 1,5 часа с начала опыта в седьмой группе (1 мкг/мл) наступила гибель одной особи. Ещё через 30 мин. погибла вторая, через час – третья.

В опытной группе №8 (2,5 мкг/мл) наблюдали угнетённое состояние животных в начале опыта. Спустя два часа погибли самцы, спустя ещё 10 минут – самка.

В девятой – одиннадцатой опытных группах (5, 10, 20 мкг/мл) в первые минуты экспозиции (1-3 мин) наблюдали судорожные движения. Спустя около 5 минут отмечали чередование полной потери подвижности и падения на дно с кратковременными подъёмами к поверхности воды с проявлением коротких периодов активности. Через 10 минут все рыбки опустились на дно, приняли боковое положение, иногда наблюдали кратковременные движения. Через 20 минут рыбки почти неподвижны. Через 25 минут движения прекратились.

В двенадцатой - четырнадцатой опытных группах (25, 50, 100 мкг/мл) также в первые минуты опыта наблюдали хаотичные перемещения по аквариуму, рыбы пытались выпрыгивать из воды. Спустя около 13 минут самцы упали на дно без признаков движения. Через 20 минут все рыбки опустились на дно, прослеживались их кратковременные движения. Через 25 минут двигалась только одна самка в тринадцатой опытной группе. К 40 минуте опыта наступила смерть самки.

Рыбки опытной группы №12 (25 мкг/мл) проявили признаки острой токсической реакции через 10 минут после начала опыта. Спустя 13 минут самец опустился на дно сосуда и почти сразу поднялся снова. Через 15 минут пытался судорожно выпрыгивать из аквариума. Через 25 минут все рыбки опустились на дно, иногда прослеживалось движение. Через 35 минут наступила смерть рыб.

Следует указать, что при проведении опыта самцы более остро реагировали на присутствие в водных растворах испытуемого соединения, что сказывалось на их состоянии, и у них раньше наступала смерть в отличие от самок.

Патологоанатомический анализ погибших особей проводили при наружном осмотре их кожного покрова и плавников, состояния чешуи, затем обнажали жаберы удалением жаберных крышек ножницами и проводили осмотр жабр.

У всех погибших опытных животных наблюдалось потемнение жаберных тычинок и жаберных лепестков, они приобрели тёмно-красный цвет. На теле рыб наблюдали белый налёт. Вышеописанный факт даёт основание сделать вывод, что амид миристиновой кислоты в представленных концентрациях провоцирует затруднение и в дальнейшем остановку дыхания и приводит к гибели рыб.

Для изучения антипротозойной активности провели оценку и сравнение с растворами, содержащими амид миристиновой кислоты, в отношении простейших вида *Colpoda steinii* (ресничные). Исследование протистоцидной активности проводили по нашей методике [6, 9, 13]. Изучаемые концентрации амида миристиновой кислоты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты изучения протистоцидной активности амида миристиновой кислоты в отношении простейших вида *Colpoda steinii*

Table 2 – Results of the study of the antistocidal activity of myristic acid amide against the protozoan species *Colpoda steinii*.

Экспозиция, мин Exposure, min	Концентрация раствора амида миристиновой кислоты в лунке, мкг/мл Concentration of myristic acid amide solution in the well, mcg/ml						
	9,25	4,63	2,31	1,16	0,58	0,29	0,14
5	+	+	+	+	-	-	-
10	+	+	+	+	+	-	-
20	+	+	+	+	+	+	+
30	+	+	+	+	+	+	-
40	+	+	+	+	+	+	+

Примечание: «+» - простейшие погибли; «-» - простейшие живы.

Note: "+" - the simplest ones died; "-" - the protozoa are alive.

В лунки микропланшета для постановки ИФА вводили по 150 мкл среды (смесь кипяченой водопроводной и дистиллированной воды, равные объёмы). Затем приливали в первую лунку 150 мкл 1 % раствора амида миристиновой кислоты и после перемешивания переносили 150 мкл во вторую лунку и по такому же принципу осуществляли перенос раствора до конца ряда. Из 12 лунки после перемешивания удаляли 150 мкл раствора. Во все лунки с подготовленными растворами вещества вносили по 30 мкл трёхсуточной культуры *Colpoda steinii* (тест-объект при оценке антипротозойной активности новых соединений, густотой не менее 30 особей в поле зрения микроскопа, Ок. 18, об. 10). Экспозиции проводили по времени, указанному в таблице 2. Степень антипротозойного действия растворов оценивали по количеству живых простейших, по уровню их активности. В растворах с концентрациями 0,14; 0,29 и 0,58 мкг/мл при наблюдении в течение 5 мин обнаружили единичные малоактивные особи простейших, также как и в растворах с концентрациями 0,14 мкг/мл и 0,29 мкг/мл при наблюдении в течение 10 мин; при экспозиции 30 мин, в растворе с концентрацией 0,14 мкг/мл наблюдали 2 колподы.

Выводы. Таким образом, был найден предел токсичности катионно-активного соединения амида миристиновой кислоты, при котором сохранялся безопасный предел для жизнеспособности рыб (при концентрации 0,2 мкг/мл рыбы сохраняют жизнеспособность, в то же время эта концентрация оказывает протистоцидное или угнетающее действие на простейших вида *Colpoda steinii* при экспозиции 20 мин).

Библиографический список

1. Охрана здоровья рыб в племенных хозяйствах / А. М. Наумова [и др.] // Рыбное хозяйство. 2018. № 2. С. 83-85.
2. Проблемы поиска протистоцидных средств / А. А. Зубенко [и др.] // Актуальные проблемы и методические подходы к диагностике, лечению и профилактике болезней животных // Материалы всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 111-114.
3. Протистоцидная и антибактериальная активность новых производных нитропиридина / А. А. Зубенко [и др.] // Ветеринария и кормление. 2020. № 6. С. 23-25.
4. Сафиуллин Р. Т., Титова Т. Г., Нуртдинова Т. А. Комплексная программа против кокцидиозов птиц для снижения циркуляции резистентных форм эймерий на птицеводческой площадке // Российский паразитологический журнал. 2017. № 41 (3). С. 288-298.

5. Синтез производных (1,3,4-оксадиазол-2-ил) акриловых кислот, обладающих антибактериальной и протистоцидной активностью / Л. Д. Попов [и др.] // Биоорганическая химия. 2018. Т. 44. № 2. С. 225-231.

6. Синтез, фунгистатическая, протистоцидная и антибактериальная активность 1-(3-амино-2-гидроксипропил) индолов / К. Ф. Суздальев [и др.] // Биоорганическая химия. 2018. Т. 44. № 2. С. 217-224.

7. Скрининг протистоцидной активности новых веществ из ряда амидов жирных кислот / М. А. Бодрякова [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 6 (50). С. 83-85.

8. Щербинин Р. В., Анисько Р. В. Сравнительная оценка эффективности кокцидиостатиков при экспериментальном заражении цыплят полевым изолятом кокцидий // Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 154. С. 233-241.

9. Complexes of zinc(ii) with n-[2-(hydroxyalkyliminomethyl)phenyl]-4-methylbenzenesulfonamides: synthesis, structure, photoluminescence properties and biological activity / A. S. Burlov [et al.] // Polyhedron. 2018. V. 144. P. 249-258.

10. Influence of various bio-stimulants on the biochemical and hematological parameters in porcine blood plasma / World Applied Sciences Karagodina N., Kolosov Y., Bakoev S., Kolosov A., Leonova M., Shirokova N., Svyatogorova A., Getmantseva L., Usatov A. // Journal. 2014. T. 30. № 6. С. 723-726.

11. Protozoan parasites of freshwater ornamental fish Lat / Maitê Coelho Florindo [et al.] // Am. J. Aquat. Res. 2017. V. 45(5). P. 948-956.

12. Protozoan infections in farmed fish from Brazil: diagnosis and pathogenesis / L. M. Mauricio [et al.] // Braz. J. Vet. Parasitol., Jaboticabal, 2015. V. 24. No. 1. P. 1-20.

13. Synthesis, characterization, luminescent properties and biological activities of zinc complexes with bidentate azomethine schiff-base ligands / A. S. Burlov [et al.] // Polyhedron. 2018. V. 154. P. 65-76.

14. <https://www.agroxxi.ru/wiki-animal/rybovodstvo/protozoinye-bolezni-ryb.html>

Conclusions. Thus, the limit of toxicity of the cationic amide myristic acid compound was found, at which the safe limit for fish viability was preserved (at a concentration of 0.2 µg/ml fish maintain viability, at the same time, this concentration has a protistocidal or suppressive effect on protozoa species Colpoda steinii at exposure of 20 min).

References

1. Protection of fish health in breeding farms / A. M. Naumova [et al.]. 2018. No. 2. P. 83-85.
2. Problems of searching for protistocidal agents / A. A. Zubenko [et al.] // In the collection: Actual problems and methodological approaches to the diagnosis, treatment and prevention of animal diseases. Materials of the All-Russian scientific and practical conference. 2017. pp. 111-114.
3. Protistocidal and antibacterial activity of new nitropyridine derivatives / A. A. Zubenko [et al.] // Veterinary medicine and feeding. 2020. No. 6. Pp. 23-25.
4. Safiullin R. T., Titova T. G., Nurtidinova T. A. Comprehensive program against avian coccidiosis to reduce the circulation of resistant forms of Eimeridae at the poultry site // Russian parasitological journal. 2017. V. 41(3). P. 288-298.
5. Synthesis of derivatives of (1,3,4-oxadiazole-2-yl) acrylic acids with antibacterial and protistocidal activity / L. D. Popov [et al.] // Bioorganic Chemistry. 2018. Vol. 44. No. 2. Pp. 225-231.
6. Synthesis, fungistatic, protistocidal and antibacterial activity of 1 - (3-amino-2-hydroxypropyl) indoles / K. F. Suzdalev [et al.] // Bioorganic Chemistry. 2018. Vol. 44. No. 2. Pp. 217-224.
7. Screening of antistocidal activity of new substances from a number of fatty acid amides / M. A. Bodriakova [et al.] // AN Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2014. № 6 (50). P. 83-85.
8. Shcherbinin R. V., Anisiko R. V. Comparative evaluation of the effectiveness of coccidiostatics in experimental infection of chickens with a field isolate of coccidian // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2019. № 154. P. 233-241.

9. Complexes of zinc(ii) with n-[2-(hydroxyalkyliminomethyl)phenyl]-4-methylbenzenesulfonamides: synthesis, structure, photoluminescence properties and biological activity / A. S. Burlov [et al.] // Polyhedron. 2018. V. 144. P. 249-258.
10. Influence of various bio-stimulants on the biochemical and hematological parameters in porcine blood plasma / World Applied Sciences Karagodin N., Kolosov Y., Bakoev S., Kolosov A., Leonova M., Shirokova N., Svyatogorova A., Getmantseva L., Usatov A. // Journal. 2014. T. 30. № 6. C. 723-726.
11. Protozoan parasites of freshwater ornamental fish Lat / Maitê Coelho Florindo [et al.] // Am. J. Aquat. Res. 2017. V. 45(5). P. 948-956.
12. Protozoan infections in farmed fish from Brazil: diagnosis and pathogenesis / L. M. Maurício [et al.] // Braz. J. Vet. Parasitol., Jaboticabal, 2015. V. 24. No. 1. P. 1-20.
13. Synthesis, characterization, luminescent properties and biological activities of zinc complexes with bidentate azomethine schiff-base ligands / A. S. Burlov [et al.] // Polyhedron. 2018. V. 154. P. 65-76.
14. <https://www.agroxxi.ru/wiki-animal/rybovodstvo/protozoinye-bolezni-ryb.html>

Author information

Chekrysheva Viktoria Vladimirovna, director of NCRSRVI – branch of FSBSC FRASC, candidate of veterinary sciences (346421, Rostov region, Novocherkassk, Rostovskoe highway, 0),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2793-321X> veterinar1987@mail.ru

Fetisov Leonid Nikolaevich, Leading Researcher of NCRSRVI – branch of FSBSC FRASC, Candidate of Veterinary Sciences (346421, Rostov region, Novocherkassk, Rostovskoe shosse, 0),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2618-1079> fetisoff.leonid2018@yandex.ru

Svyatogorova Alexandra Evgenyevna, Junior Researcher of NCRSRVI – branch of FSBSC FRASC (346421, Rostov Region, Novocherkassk, Rostovskoe Shosse, 0),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4233-1740> sviatogorova.a@yandex.ru

Kononenko Kristina Nikolaevna, Junior Researcher of NCRSRVI – branch of FSBSC FRASC (346421, Rostov Region, Novocherkassk, Rostovskoe Shosse, 0),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9585-9189> velikayakrista@mail.ru

Информация об авторах

Чекрышева Виктория Владимировна, директор СКЗНИВИ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ, кандидат ветеринарных наук (346421, Ростовская область, город Новочеркасск, Ростовское шоссе, д.0),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2793-321X> veterinar1987@mail.ru

Фетисов Леонид Николаевич, ведущий научный сотрудник СКЗНИВИ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ, кандидат ветеринарных наук (346421, Ростовская область, город Новочеркасск, Ростовское шоссе, д.0),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2618-1079> fetisoff.leonid2018@yandex.ru

Святогорова Александра Евгеньевна, младший научный сотрудник СКЗНИВИ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ (346421, Ростовская область, город Новочеркасск, Ростовское шоссе, д.0),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4233-1740> sviatogorova.a@yandex.ru

Конonenko Кристина Николаевна, младший научный сотрудник СКЗНИВИ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ (346421, Ростовская область, город Новочеркасск, Ростовское шоссе, д.0),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9585-9189> velikayakrista@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-27

FORECASTING OF DAIRY PRODUCTIVITY OF COWS

V.A. Chuchunov, V.A. Zlepkin, V.P. Plotnikov, E.B. Radzievsky

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 06.03.2021

Submitted 16.08.2021

Summary

Effective use of a herd of cows is possible only by improving the productivity and breeding qualities of dairy cattle. It is known that an early forecast of the potential productivity of animals and the provision of growing conditions in accordance with genetically determined parameters make it possible to use cows

more efficiently as the main means of production. Our research is devoted to the study of the possibility of predicting the milk production of animals at the early stages of the development of the organism in the postembryonic period. Forecasting the future milk yield of cows is based on the determination of a complex indicator of the predicted productivity of animals, taking into account the value of ethological, genotypic and hematological indicators. A direct dependence of the milk productivity of cows on the value of the indicator of the complex indicator of the predicted productivity of animals has been established. It is recommended to select individuals with a level of this indicator of 85 and above for the breeding core.

Abstract

Introduction. The efficiency of the dairy cattle industry is determined by the quantitative and qualitative indicators of the milk production of cows. Therefore, early forecasting of cow productivity is an important component of intensifying milk production. The sooner an appropriate assessment of animals for breeding and productive qualities is carried out and the direction of cultivation is determined, taking into account their growth, development, the greater the effect can be obtained. This direction of research is relevant and has practical significance. **Object.** To study the possibility of predicting the milk productivity of livestock through a comprehensive assessment of the genetic, hematological and ethological indicators of calves, expressed through a complex indicator of the predicted productivity of animals. **Materials and methods.** The most accurate prognosis can be achieved by combining their ethological characteristics, genetic potential, and hematological parameters in the assessment of calves. In the early stages of the postembryonic period, in the conditions of the Breeding plant - collective farm «Put Lenin», studies were carried out on animals of the Simmental breed. The calves were divided into three experimental groups according to a certain complex indicator of the predicted productivity of animals. Subsequently, the animals were taken into account the indicators of growth and development, and at the onset of the productive period, milk productivity, quality indicators of milk, morphological properties of the mammary gland, indicators of hematology. **Results and conclusions.** The conducted research has established the possibility of predicting the productive qualities of dairy cows on the basis of determining the level of a complex indicator of the predicted productivity of animals. The highest milk productivity was recorded in cows of the III group (a complex indicator of the predicted productivity of animals 85 and above), which for 305 days of the 3rd lactation was 5556 kg, which was higher than cows I (a complex indicator of the predicted productivity of animals 75 and below) and II group (a complex indicator of the predicted productivity of animals 76 -84) by 17.3 and 8.5%, respectively.

Key words: forecasting, milk production, animal husbandry, ethology, genetics, hematology.

Citation. Chuchunov V.A., Zlepkin V.A., Plotnikov V.P., Radzievsky E.B. Forecasting of dairy productivity of cows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3 (63). 262-274 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-27.

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

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

УДК 636.2.034

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ

В. А. Чучунов, кандидат биологических наук
В. А. Злепкин, доктор сельскохозяйственных наук
В. П. Плотников, кандидат сельскохозяйственных наук
Е. Б. Радзиевский, кандидат сельскохозяйственных наук

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 06.03.2021

Дата принятия к печати 16.08.2021

Аннотация. Эффективное использование стада коров возможно лишь при совершенствовании продуктивности и племенных качеств молочного скота. Известно, что ранний прогноз потенциальной продуктивности животных и обеспечение условий выращивания в соответ-

ствии с генетически обусловленными параметрами позволяют с большей эффективностью использовать коров как основное средство производства. Наши исследования посвящены изучению возможности прогноза молочной продуктивности животных на ранних этапах развития организма в постэмбриональный период. Прогнозирование будущих удоев коров основывается на определении комплексного показателя прогнозируемой продуктивности животных (КПППЖ) с учетом величины этологических, генотипических и гематологических показателей. Установлена прямая зависимость молочной продуктивности коров от величины показателя КПППЖ. В племенное ядро рекомендовано отбирать особей с уровнем этого показателя 85 и выше.

Актуальность. Эффективность отрасли молочного скотоводства определяется количественными и качественными показателями молочной продуктивности коров. Поэтому раннее прогнозирование продуктивности коров является важной составляющей интенсификации производства молока. Чем раньше будет проведена соответствующая оценка животных по племенным и продуктивным качествам и определено направление выращивания с учетом их роста, развития, тем больший эффект возможно получить. Данное направление исследований актуально и имеет практическое значение. **Цель.** Изучить возможность прогнозирования молочной продуктивности скота посредством комплексной оценки генетических, гематологических и этологических показателей телят, выраженных через комплексный показатель прогнозируемой продуктивности животных. **Материалы и методы.** Наиболее точный прогноз может быть достигнут в результате сочетания этологических особенностей телят, их генетического потенциала, а также гематологических показателей. На ранних этапах постэмбрионального периода в условиях ПЗК «Путь Ленина» были проведены исследования на животных симментальской породы. Телят по определенному комплексному показателю прогнозируемой продуктивности животных разделили на три опытные группы. Впоследствии у животных учитывали показатели роста и развития, а по наступлении продуктивного периода – молочную продуктивность, качественные показатели молока, морфологические свойства молочной железы, показатели гематологии. **Результаты и выводы.** Проведенными исследованиями установлена возможность прогнозирования продуктивных качеств коров молочного направления на основании определения уровня комплексного показателя прогнозируемой продуктивности животных. Наивысшая молочная продуктивность регистрировалась у коров III группы (КПППЖ 85 и выше), которая за 305 дней 3-й лактации составляла 5556 кг, что было выше коров I (КПППЖ 75 и ниже) и II группы (КПППЖ 76 -84) на 17,3 и 8,5 % соответственно.

Ключевые слова: прогнозирование молочной продуктивности, продуктивные качества коров, молочное скотоводство.

Цитирование. Чучунов В. А., Злепкин В. А., Плотников В. П., Радзиевский Е. Б. Прогнозирование молочной продуктивности коров. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 262-274. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-27.

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 (Introduction). При проведении мероприятий по совершенствованию продуктивных и племенных качеств коров встаёт вопрос о целесообразном использовании поголовья животных. Фактором, обуславливающим увеличение рентабельности скотоводства и молочной отрасли, в частности, является наиболее точный прогноз продуктивных качеств коров. От того, насколько точно мы проведём бонитировку тёлочек, спрогнозируем их продуктивные качества в будущем, напрямую будет зависеть тот экономический эффект, который мы получим за продуктивный период. Наиболее ранняя оценка животных по племенным и продуктивным качествам позволяет определить направление выращивания либо откорма молодняка с учетом их роста, развития и предполагаемой продуктивно-

сти [10, 11]. Оценка предполагаемой продуктивности молодняка напрямую будет зависеть от количества учитываемых признаков, их корреляционной связи с продуктивными качествами и друг с другом. По исследованиям ряда авторов хозяйственно-полезные признаки находятся в зависимости от наследственности, этологии, интенсивности обменных процессов в организме и проявляются при создании животным оптимальных условий кормления и содержания. В отличие от диких сородичей у сельскохозяйственных животных больше генетическое разнообразие и фенотипическая изменчивость форм, накладывающая отпечаток на продуктивные и этологические признаки, что и необходимо учитывать при отборе с целью интенсификации производства и получения большей продуктивности [9, 12]. Интенсификация технологий производства продукции создает предпосылки к изучению поведенческих особенностей животных, коррелирующих с хозяйственно-полезными признаками, изучение и учет которых позволяют животным проявить в большей мере тот генетический потенциал, который в них заложен. Хотя исследования в данном направлении проводятся достаточно длительный период, до сих пор остаются вопросы, связанные с повторяемостью поведенческих признаков, а также уровень их связи с продуктивностью, наследственными особенностями, изменчивостью, кроме того отсутствует комплексная концепция использования генетической, гематологической и этологической информации при проведении селекционной работы [15].

Анализируя литературные данные, отмечаем, что у ряда авторов изучены связи отдельных признаков с продуктивными качествами, но при этом отсутствует оценка совокупности признаков. Так, в исследованиях, проведенных Г. Левиной, В. Артюх и В. Сидельниковой; Ю. Я. Кравайнис; Загидуллиным Л. Р., Хисамовым Р. Р., Шайдуллиным Р. Р., Каюмовым Р. Р., Нигматзяновым С. М. [2], установлена высокая прямая корреляционная зависимость молочной продуктивностью с типом высшей нервной деятельности первотёлок. Влияние на удои коров уровня продуктивных качеств их предков рассмотрено в работе Донника И. М., Мырина С. В. [1]. Влияние на уровень молочной продуктивности животных гематологических показателей крови, которые отражают процессы метаболизма в организме и их наследственную основу изучалось Лоретцем О. Г., Гореликом О. В., Гриценко С. А., Белооковым А. А. [5]. В опытах Попова Н. А. раскрыта высокая корреляционная зависимость между формами каппа-казеина и другими генетическими маркерами коров с их удоями [7]. А. Г. Кудрин выявил с высокой степенью достоверности возможность прогнозирования молочной продуктивности коров в зависимости от уровня трансаминаз крови. Левин Г., Артюх В., Сидельникова В. в своих опытах убедительно доказывает влияние типа высшей нервной деятельности коров на их молочную продуктивность [4]. Применение биохимических показателей крови с целью прогноза удоя коров отмечается в исследованиях В. И. Раицкой [8]. Связь этологических особенностей животных с молочной продуктивностью изучена в исследованиях Плотникова В. П., Чучунова В. А., Попова А. В.; А. Г. Кудрина, С. А. Гаврилина; К. В. Эзергайль [3, 13].

В связи с этим целью проведенных нами исследований явилось изучение возможности определения молочной продуктивности коров в будущем посредством оценки уровня комплексного показателя прогнозируемой продуктивности животных (КПППЖ), выраженного через совокупность генетических, этологических и гематологических показателей телят.

В связи с этим нами решались задачи следующего порядка:

1. Условно разделить телят на три группы в соответствии с уровнем КПППЖ.
2. Оценить молочную продуктивность коров опытных групп.
3. Исследовать технологические свойства вымени коров.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели нами на базе племенного репродуктора ПЗК «Путь Ленина» Волгоградской области были проведены исследования на животных симментальской породы.

Установлено, что количественные признаки у сельскохозяйственных животных, к которым относится и молочная продуктивность коров, передаются потомкам по промежуточному типу. Основываясь на этом правиле, прогноз, сделанный нами касательно будущей продуктивности животных, будет напрямую зависеть от величины и направленности корреляционной связи между оцениваемыми признаками.

Наиболее точный прогноз, как мы считаем, может быть достигнут в результате сочетания при оценке телят их этологических особенностей, генетического потенциала, а также гематологических показателей, выраженных посредством КППИЖ, при условии обеспечения полноценного нормированного кормления и содержания. Схема проведенных нами исследований представлена на рисунке 1.

Результат нашего эксперимента достигался через прогнозирование молочной продуктивности животных на ранних этапах постэмбрионального периода и по результатам оценки определения направления выращивания, дорастивания либо откорма. При определении значимости каждого из оцениваемых признаков мы использовали 100-балльную шкалу.



Рисунок 1 – Схема проведения исследований

Figure 1 – Research flowchart

На первом этапе наших исследований тёлочки в зависимости от уровня оцениваемых показателей (гематологические, этологические, наследственные) через коэффициент весомости каждого из них были условно разделены на 3 группы.

Генотип животных определяли через уровень показателя наследственного задатка телят, рассчитанного по данным программы племенного учета «Селэкс». Этологические особенности оцениваемых телят определяли по методике, предложенной В. И. Великжаниным, на основании хронометража поведенческой активности с 5-минутным интервалом в течение трёх суток, выраженной через индекс общей активности. Регистрацию по-

ведения телят отражали в протоколах визуального наблюдения за животными. Поведение животных выражалось в положительной (+) и отрицательной (-) активности. При этом (-) активностью считалось, когда животное спало или лежало в бездействии, а вся остальная активность животного в течение суток считалась (+). По окончании наблюдения, руководствуясь формулой 1, мы рассчитали индекс общей активности по каждому животному, при определении которого в числителе отражалась сумма времени положительной активности животных, а в знаменателе общее время наблюдения.

$$T_{O.A.} = \frac{ПЖ + ПК\phi + ЛЖ + ЛК\phi + CmE + CmЖ + CmБ + CmК\phi + M}{t}. \quad (1)$$

Учитываемые гематологические показатели имеют наследственную основу, высокую корреляционную связь с уровнем молочной продуктивности и отражают метаболические процессы в организме животного. После этого определили значимость (m_i) каждого из оцениваемых признаков, имеющих значение при прогнозировании молочной продуктивности коров, через коэффициент весомости учитываемых признаков (гематология, генетика, этология). Для этого применяли формулу 2:

$$m_i = \frac{\sum_{i=1}^r M_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r M_{ij}}, \quad (2)$$

где $\sum_{j=1}^n M_{ij}$ – сумма рангов отдельно взятого признака; $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r M_{ij}$ – сумма рангов всех учитываемых признаков.

После установления действительных показателей учитываемых признаков переводили их в 100-балльную шкалу, а затем с учетом коэффициентов весомости этого признака по формуле 3 рассчитывали уровень комплексного показателя прогнозируемой продуктивности животных по каждой особи:

$$КПППЖ = \sum_{i=1}^n m_i \cdot q_i, \quad (3)$$

где, q_i – показатель отдельно взятого признака переведенного в 100-балльную шкалу оценки; m_i – коэффициент весомости каждого взятого признака.

На втором этапе наших исследований по достижении телочками 1-1,5 лет изучалась динамика их роста и развития.

На третьем, заключительном этапе (1-3 лактация) оценивали молочную продуктивность, химический состав и технологические свойства молока, технологические свойства вымени коров, гематологические показатели и воспроизводительные свойства. Дана оценка возможности применения показателя КПППЖ при прогнозировании молочной продуктивности скота.

Результаты (Results). Оценивая этологические показатели, отмечали, что у всех телят этологические показатели были на достаточно высоком уровне и колебались от 0,596 до 0,812.

В ходе исследований нами в группу высокопродуктивного типа были отнесены особи с показателем КПППЖ от 85 и более, к среднему типу по продуктивности животные с коэффициентом КПППЖ от 76 до 84 и к малопродуктивному типу – с показателем КПППЖ менее 75. Предлагаемый нами способ позволяет прогнозировать молочную продуктивность у телочек на раннем этапе развития.

Таблица 1 – Гематологические показатели подопытных коров ($X \pm m_x$)

Table 1 – Hematological parameters of experimental cows ($X \pm m_x$)

Показатель / Indicator	Группа животных / Group of animals		
	I малопродуктивные / I unproductive	II среднепродуктивные / II mediumproductive	III высокопродуктивные / III highly productive
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Red blood cells, $10^{12}/l$	6,84 $\pm$ 0,03	6,90 $\pm$ 0,11	6,95 $\pm$ 0,13
Лейкоциты, $10^9/л$ / White blood cells, $10^9/l$	7,01 $\pm$ 0,07	7,16 $\pm$ 0,04	7,15 $\pm$ 0,05
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g / l	116,03 $\pm$ 0,53	117,26 $\pm$ 1,13	118,71 $\pm$ 1,20
Общий белок, мг% / Total protein, mg %	8,07 $\pm$ 0,18	8,36 $\pm$ 0,19	8,76 $\pm$ 0,11

Наибольшее содержание эритроцитов обнаружено в крови животных III группы – $6,95 \cdot 10^{12}/л$, а наименьшее в I группе – $6,61 \cdot 10^{12}/л$, разница составила 5,1 %. Коровы I группы также имели низкое количество гемоглобина в сравнении со сверстницами.

Молочная продуктивность коров в динамике по 3 лактациям представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Удой коров по месяцам лактации, кг ($X \pm m_x$)

Table 2 – Milk yield of cows by months of lactation, kg ($X \pm m_x$)

Месяц лактации / Month of lactation	1 лактация / 1 lactation			2 лактация / 2 lactation			3 лактация / 3 lactation		
	I малопродуктивные (n = 14) / I unproductive (n = 14)	II среднепродуктивные (n = 19) / II mediumproductive (n = 19)	III высокопродуктивные (n = 25) / III highly productive (n = 25)	I малопродуктивные (n = 14) / I unproductive (n = 14)	II среднепродуктивные (n = 17) / II mediumproductive (n = 17)	III высокопродуктивные (n = 24) / III highly productive (n = 2)	I малопродуктивные (n = 13) / I unproductive (n = 14)	II среднепродуктивные (n = 17) / II mediumproductive (n = 17)	III высокопродуктивные (n = 22) / III highly productive (n = 22)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	548,6	564,6	534,3	507,3	497,4	634,9	499,4	615,1	670,3
II	540,5	572,7	587,8	534,9	533,2	676,6	577,8	596,0	672,3
III	499,4	572,9	597,4	485,1	604,2	695,4	603,2	589,5	673,4
Итого за 3 месяца / Totalfor 3 months	1588,5 $\pm$ 36*	1710,2 $\pm$ 62,4*	1719,5 $\pm$ 42,4	1527,3 $\pm$ 62,4	1634,8 $\pm$ 60,8	2006,9 $\pm$ 50,4	1680,4 $\pm$ 67,2	1800,6 $\pm$ 60	2016,0 $\pm$ 45,6
IV	495,5	500,7	539,1	488,9	542,2	584,4	602,9	583,2	679,6
V	447,4	486,4	484,9	470,9	548,7	563,2	523,0	536,2	602,9
VI	413,2	438,4	427,1	462,9	541,4	482,6	494,9	535,7	564,9
VII	366,5	417,9	418,5	444,7	454,8	429,7	402,6	487,5	510,9
VIII	331,8	367,2	378,9	366,3	452,4	411,4	346,6	419,8	435,6
IX	302,8	336,5	328,4	376,6	363,3	298,5	263,4	350,8	414,5
X	226,4	252,5	249,9	249,7	234,7	240,9	279,4	372,0	331,4

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Итого за 305 дней / Totalfor 305 days	4172,1 ±55,2***	4509,8 ±102,4*	4546,3 ±84	4387,3 ±121,6	4772,3 ±122,4	5017,6 ±92	4593,2 ±108**	5085,8 ±107,2**	5555,8 ±72,8
Удой за лактацию/ Milk yield for lactation	4524,8 ±69,6	4798,4 ±116,8	4980,8 ±86,4	4817,6 ±133,6	5146,4 ±132	5487,2 ±93,6	4652 ±116,8	5231,2 ±119,2	5639,2 ±79,2

* P < 0,05 ** P < 0,01 *** P < 0,001

Оценивая молочную продуктивность подопытных коров в динамике по лактациям, отмечаем, что наивысшие удои на протяжении трех лактаций регистрировались у коров, отнесенных к 3-й группе. По результатам первой лактации у коров этой группы над сверстницами I и II групп превосходство по показателю «Итого за 3 месяца лактации» составляло 131,04 (P < 0,05) и 9,36 кг. соответственно, по 3-й же лактации разница между подопытными животными составляла уже от 335,76 до 215,44 кг соответственно. Оценивая удой за стандартную лактацию, отмечаем, что по 1-й лактации максимальный удой также был в 3 группе и составлял 4546,56 кг. в то время как у сверстниц I и II групп молочная продуктивность была на уровне 4172,16 (P < 0,05) кг и 4509,84 кг (P < 0,01) соответственно, по 3-й эта разница составляла 962,72 и 470 кг соответственно при достоверной разнице (P < 0,01).

Таблица 3 – Биохимические показатели молока (X ± m_x)

Table 3 – Biochemical parameters of milk (X ± m_x)

Показатель / Indicator	Группа животных / Group of animals		
	I малопродуктивные / I unproductive	II среднепродуктивные / II mediumproductive	III высокопродуктивные / III highly productive
1 лактация / 1 lactation			
МДЖ, % / MDJ, %	3,73±0,22	3,59±0,07*	3,6±0,17*
Молочный жир, кг / Milkfat, kg	168,77	172,26	179,31
МДБ, % / MDB, %	3,28±0,09	3,17±0,06	3,12±0,11
2 лактация / 2 lactation			
МДЖ, % / MDJ, %	3,89±0,07	3,96±0,12	3,92±0,17
Молочный жир, кг / Milkfat, kg	187,4	203,8	215,1
МДБ, % / MDB, %	3,27±0,06	3,43±0,15	3,33±0,11
3 лактация / 3lactation			
МДЖ, % / MDJ, %	3,92±0,16	3,87±0,11*	3,88±0,16*
Молочный жир, кг / Milkfat, kg	182,4	202,4	218,8
МДБ, % / MDB, %	3,3±0,12	3,22±0,11*	3,22±0,10*

Оценивая биохимические показатели молока, отмечаем, что у коров группы «высокопродуктивные» показатель МДЖ в молоке был не самый высокий среди сверстниц других групп, но в пересчете на молочный жир коровы 3-й группы за счет более высокого удоя были выгоднее. Показатель массовой доли белка (МДБ) в молоке подопытных коров в динамике по лактациям колебался от 3,22 % по 3 лактации у II и III групп и до 3,43 % по 2 лактации у II группы.

Таблица 4 – Промеры вымени подопытных коров ($X \pm m_x$)

Table 4 – Udder measurements of experimental cows ($X = m_p$)

Показатель / Indicator	Группа животных / Group of animals		
	I малопродуктивные / I unproductive	II среднепродуктивные / II mediumproductive	III высокопродуктивные / III highlyproductive
Длина передних сосков, см / The length of the front teats, cm	6,62±0,19	6,8±0,28	7,01±0,25
Длина задних сосков, см / Length of the rear nipples, cm	6,01±0,21	5,90±0,25	6,34±0,26
Диаметр передних сос- ков, см / Diameter of the front nipples, cm	2,65±0,14	2,62±0,16	2,77±0,14
Диаметр задних сосков, см / Diameter of the rear nipples, cm	2,83±0,13	2,89±0,15	3,12±0,07
Расстояние между пе- редними сосками, см / Distance between the front nipples, cm	17,10±0,62	17,7±0,44	18,2±0,31
Расстояние между зад- ними сосками, см / Distance between the rear nipples, cm	10,50±0,59	11,10±0,51	11,90±0,34
Расстояние между зад- ними и передними сос- ками, см / Distance between the back and front nipples, cm	10,60±0,63	10,90±0,52	13,70±0,73
Высота вымени над зем- лёй, см / The udder height above the ground, cm	56,50±0,84	58,50±0,4	54,20±0,65
Величина спадаемости вымени, % / The magni- tude of the decline of the udder, %	24,81±1,19**	24,18±0,75***	30,35±1,16

По данным таблицы 3 отмечали, что промеры молочной железы и сосков вымени соответствовали технологическим требованиям, предъявляемым при машинном доении. Высота вымени над землёй у подопытных животных находилась в пределах от 54,2 до 58,5 см, ниже всех располагалась к земле молочная железа коров III группы, но это не создавало трудностей при доении. Параметр спадаемости вымени был выражен в большей степени у коров, относящихся к III группе, – 30,35 %, это превышало показатель коров I и II групп на 5,54 ($P < 0,01$) и 6,17 ($P < 0,001$) соответственно.

Такие показатели, как интенсивность молокоотдачи, длительность доения коров являются важными критериями, требующими особого внимания при селекционно-племенной работе, проводимой со скотом. Данные показатели оказывают непосредственное влияние как на здоровье животных, так и на продолжительность продуктивного использования крупного рогатого скота [14].

Оценку показателей вымени мы проводили на 2-й и 3-й лактации, в то время, когда молочная железа у коров развита в наибольшей мере.

Таблица 5 – Показатели вымени подопытных коров ($X \pm m_x$)

Table 5 – Indicators of the udder of experimental cows ($X \pm m_x$)

Показатель / Indicator		Группа животных / Group of animals					
		I малопродук- тив-ные / I unproductive		II среднепродук- тив-ные / II medi- um-productive		III высокопродук- тив-ные / III high- ly productive	
2 лактация / 2 lactation							
Суточный удой, кг / Daily milk yield, kg		22,7±0,76		23,5±1,9		27,3±1,71	
Время определения / Definition time		утро / morning	вечер / evening	утро / morning	вечер / evening	утро / morning	вечер / evening
Разовый удой, кг. / Single milk yield, kg.		11,19	11,51	11,68	11,82	13,5	13,8
Доли вымени / Udder shares	Правая передняя, кг / Right front, kg.	2,43 ±0,09	2,47 ±0,08	2,44 ±0,20	2,44 ±0,20	2,87 ±0,21	2,93 ±0,21
	Левая передняя, кг Left front, kg	2,51 ±0,09	2,6 ±0,09	2,64 ±0,25	2,66 ±0,24	3,06 ±0,21	3,1 ±0,23
	Правая задняя, кг / Right rear, kg.	3,04 ±0,11	3,14 ±0,11	3,27 ±0,23	3,3 ±0,22	3,74 ±0,26	3,86 ±0,25
	Левая задняя, кг. / Left rear, kg.	3,21 ±0,18	3,31 ±0,17	3,33 ±0,3	3,36 ±0,32	3,83 ±0,25	3,94 ±0,25
Индекс вымени, % / Udder Index, %		44,09±0,44		43,5±0,5*		43,6±0,53*	
Время доения, мин. / Milking time, min.		5,73 ±0,14	5,96 ±0,17	5,85 ±0,38	5,83 ±0,37	6,47 ±0,26	6,55 ±0,25
		5,85±0,15*		5,84±0,38		6,51±0,25*	
Интенсивность молокоотдачи, кг/мин. / Breast-feeding intensity, kg/min.		1,95 ±0,03	1,93 ±0,02	1,99 ±0,04	2,01 ±0,04	2,08 ±0,06	2,1 ±0,06
		1,94±0,02**		2,0±0,04*		2,09±0,06	
Индекс равномерности развития мо- лочных желёз / Index of uniformity of development of the mammary glands		1,40±0,02		1,47±0,04*		1,43±0,03	
3 лактация / 3 lactation							
Суточный удой, кг / Daily milk yield, kg		22,6±1,2		22,8±0,93		29,3±1,12	
Время определения / Definition time		утро / morning	вечер / evening	утро / morning	вечер / evening	утро / morning	вечер / evening
Разовый удой, кг / Single milk yield, kg		11,2	11,4	11,35	11,45	14,58	14,72
Доли вымени / Udder shares	Правая передняя, кг. / Right front,kg.	2,43 ±0,15	2,48 ±0,44	2,47 ±0,08	2,5 ±0,09	3,13 ±0,18	3,15 ±0,20
	Левая передняя, кг / Left front, kg	2,53 ±0,15	2,57 ±0,16	2,48 ±0,14	2,52 ±0,15	3,15 ±0,1	3,22 ±0,11
	Правая задняя, кг / Right rear, kg	3,07 ±0,16	3,1 ±0,16	3,23 ±0,17	3,3 ±0,17	4,18 ±0,22	4,23 ±0,22
	Левая задняя, кг. / Left rear, kg	3,17 ±0,2	3,23 ±0,21	3,17 ±0,15	3,17 ±0,14	4,12 ±0,16	4,1 ±0,18
Индекс вымени, % / Udder Index, %		44,35±0,65		43,63±0,61*		43,17±0,47*	
Время доения, мин. / Milking time, min.		5,74 ±0,14	5,88 ±0,25	5,69 ±0,38	5,74 ±0,17	6,47 ±0,26	6,89 ±0,22
		5,81±0,24*		5,72±0,18		6,89±0,23***	
Интенсивность молокоотдачи, кг/мин. / Breast-feeding intensity, kg/min.		1,94 ±0,03	1,93 ±0,03	1,99 ±0,03	1,99 ±0,04	2,11 ±0,05	2,13 ±0,05
		1,94±0,03***		1,99±0,03**		2,12±0,05	
Индекс равномерности развития мо- лочных желёз / Index of uniformity of development of the mammary glands		1,33±0,08		1,41±0,05		1,45±0,02*	

По результатам, представленным в таблице 5, отмечаем, что в динамике по лактациям интенсивность процесса молокоотдачи у коров составляла от 1,94 до 2,12 кг/мин. как по второй, так и по третьей лактации. Превосходство было за особями III группы. Разница по данному показателю между утренними и вечерними дойками не превышала 0,02 кг/мин. Индекс вымени является не единственным показателем, который свидетельствует о пригодности животных к машинному доению. В связи с этим нами был произведен учет молочной продуктивности каждой доли и рассчитан показатель равномерности развития долей молочной железы. Результатами исследований установлено, что показатель равномерности развития молочной железы лучше был у особей I группы, у которых он по 2-й лактации составлял 1,4, а по 3-й – 1,33, что меньше, значений показателей сверстниц других групп по 2-й лактации, во II группе – на 5 % ($P < 0,05$) и по 3-й лактации в III группе – на 9 % ($P < 0,05$).

Выводы. Основываясь на данных, полученных в ходе эксперимента, рекомендуем для повышения рентабельности молочного скотоводства использовать в качестве одного из критериев отбора показатель КПППЖ с уровнем от 85 и выше, так как у коров этой группы была наивысшая молочная продуктивность. Так, за 305 дней 3-й лактации удой животных III группы (высокопродуктивные коровы) составили 5555,92 кг, что на 470 и 962,7 кг выше продуктивности сверстниц II и I группы соответственно.

Библиографический список

1. Донник И. М., Мымрин С. В. Роль генетических факторов в повышении продуктивности крупного рогатого скота // Главный зоотехник. 2016. № 8. С. 20-32.
2. Загидуллин Л. Р. Поведенческая активность коров в условиях роботизированного доения и ее связь с молочной продуктивностью // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 8. С. 10-12.
3. Кудрин А. Г., Гаврилин С. А. Этологический отбор и молочная продуктивность коров // Сельскохозяйственная биология. 2010. № 4. С. 78-82.
4. Левин Г., Артюх В., Сидельникова В. Типы высшей нервной деятельности коров как фактор формирования высокопродуктивных стад // Молочное и мясное скотоводство. 2011. № 1. С. 13-16.
5. Лоретц О. Г. Генетические параметры биохимического состава молока и крови коров молочного направления продуктивности // Аграрный вестник Урала. 2017. № 10 (164). С. 3.
6. Полухина М. Г. Молочная продуктивность и корреляции селекционных признаков у симментальских коров при разных вариантах отбора // Биология в сельском хозяйстве. 2014. № 1. С. 24-28.
7. Попов Н. А. Селекция коров красно-пестрой породы по признакам молочности, мониторинг форм каппа-казеина и других генетических маркеров // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 7. С. 16-19.
8. Раицкая В. И. Сравнительный анализ морфологических и биохимических исследований крови скота герефордской породы разных внутривидовых типов // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 4. С. 24-29.
9. Санова З. С. Влияние генотипа быков на молочную продуктивность и воспроизводительные качества голштинских коров // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 6. С. 26-29.
10. Сельцов В. И., Молчанова Н. В., Калиевская Г. Ф. Формирование и реализация продуктивного потенциала коров // Зоотехния. 2008. № 3. С. 2-5.
11. Сивкин Н. В., Стрекозов Н. И., Чинаров В. И. Совершенствование стад скота симментальской породы по молочной и мясной продуктивности // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 16-19.
12. Современная оценка племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности // Д. Ю. Суслов, А. В. Воеводин, С. А. Холев, С. Е. Тяпугин // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 1. С. 9-14.

13. Эзергайл К. В., Чучунов В. А. Основные положения методики прогнозирования молочной продуктивности коров по уровню комплексного показателя прогнозируемой продуктивности животных // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 2 (34). С. 104-109.

14. Oltenacu P. A., Broom D. M. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows // *Animal Welfare*. 2010. V. 19. P. 39-49.

15. VanRaden P. M., Sullivan P. G. International genomic evaluation methods for dairy cattle // *Genet. Selec. Evol.* 2010. V. 42. P. 7.

Conclusion. Based on the results obtained in the studies, it seems possible to predict the dairy productivity of cows by a complex indicator of the predicted productivity of animals, which takes into account ethological, hematological and genotypic indicators. The highest milk productivity of cows for 305 days of the 3rd lactation was in animals of group III (highly productive cows) and amounted to 5555.92 kg. which is higher than group I and II cows by 962.72 and 470 kg, respectively. Although the fat content of milk in group III cows in comparison with their peers was not the highest, but in terms of the kilogram of milk fat, they were out of competition. To increase the profitability of dairy cattle breeding, we recommend using as one of the selection criteria, a comprehensive indicator of the projected productivity of animals with a level of CPPF from 76 to 84.

Reference

1. Donnik I. M., Mymrin S. V. The role of genetic factors in increasing the productivity of cattle // *Chief zootechnik*. 2016. No. 8. P. 20-32.

2. Zagidullin L. R. Behavioral activity of cows in the conditions of robotic milking and its connection with dairy productivity // *Dairy and meat cattle breeding*. 2020. No. 8. P. 10-12.

3. Kudrin A. G., Gavrilin S. A. Ethological selection and dairy productivity of cows // *Agricultural biology*. 2010. No. 4. P. 78-82.

4. Levin G., Artyukh V., Sidelnikova V. Types of higher nervous activity of cows as a factor in the formation of highly productive herds // *Dairy and beef cattle breeding*. 2011. No. 1. P. 13-16.

5. Loretz O. G. Genetic parameters of the biochemical composition of milk and blood of cows of the dairy direction of productivity // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2017. No. 10 (164). P. 3.

6. Polukhina M. G. Dairy productivity and correlations of breeding traits in Simmental cows with different selection options // *Biology in agriculture*. 2014. No. 1. P. 24-28.

7. Popov N. A. Selection of red-motley breed cows on the basis of milk content, monitoring of kappa-casein forms and other genetic markers // *Dairy and meat cattle breeding*. 2020. No. 7. P. 16-19.

8. Raitskaya V. I. Comparative analysis of morphological and biochemical studies of blood of cattle of the Hereford breed of different intra-breed types // *Dairy and meat cattle breeding*. 2018. No. 4. P. 24-29.

9. Sanova Z. S. The influence of the genotype of bulls on dairy productivity and reproductive qualities of Holstein cows // *Dairy and meat cattle breeding*. 2019. No. 6. P. 26-29.

10. Seltsov V. I., Molchanova N. V., Kalievskaya G. F. Formation and implementation of the productive potential of cows // *Animal science*. 2008. No. 3. P. 2-5.

11. Sivkin N. V., Strekozov N. I., Chinarov V. I. Improvement of cattle herds of the Simmental breed on dairy and meat productivity // *Dairy and meat cattle breeding*. 2020. V. 2. P. 16-19.

12. Modern assessment of the breeding value of cattle of the dairy direction of productivity / D. Yu. Suslov, A. V. Voevodin, S. A. Kholev, S. E. Tyapugin // *Dairy and meat cattle breeding*. 2018. No. 1. P. 9-14.

13. Ezergail K. V., Chuchunov V. A. The main provisions of the methodology for predicting the dairy productivity of cows according to the level of the complex indicator of the predicted productivity of animals // *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education*. 2014. № 2 (34). P. 104-109.

14. Oltenacu P. A., Broom D. M. The impact of genetic selection for increased milk yield on the welfare of dairy cows // *Animal Welfare*. 2010. V. 19. P. 39-49.

15. VanRaden P. M., Sullivan P. G. International genomic evaluation methods for dairy cattle // *Genet. Selec. Evol.* 2010. V. 42. P. 7.

Author information

Chuchunov Vasily Alexandrovich, associate Professor of the Department of Private animal science at the Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), candidate of biological Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3569-5725> chuchunov.78@mail.ru

Zlepkin Viktor Alexandrovich, Associate Professor of the Department of "Private Zootechnics" of the Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Doctor of Agricultural Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>, vzlepkin@mail.ru

Plotnikov Vladimir Petrovich, associate Professor of the Department of Private animal science at Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), candidate of agricultural Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045> vplotnikov1953@mail.ru

Radzievsky Evgeny Borisovich, associate Professor of the Department of Private animal science at Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), candidate of agricultural Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045> yenia79@mail.ru

Информация об авторах

Чучунов Василий Александрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат биологических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3569-5725> chuchunov.78@mail.ru

Злепкин Виктор Александрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>, vzlepkin@mail.ru

Плотников Владимир Петрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045> vplotnikov1953@mail.ru

Радзиевский Евгений Борисович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045> yenia79@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-28

PHARMACOLOGICAL CORRECTION OF THE METABOLIC AND ANTIOXIDANT PROFILE OF COWS IN THE EARLY POST-CALVING PERIOD

O.V. Lanets, V.A. Grin, M.P. Semenenko, E.V. Kuzminova

Federal State Budget Scientific Institution

«Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine», Krasnodar

Received 30.06.2021

Submitted 12.08.2021

Summary

The article provides data on the use of a new injection drug phytoglinol in the early post-calving period in cows. The drug is intended for the treatment and prevention of stress conditions, as well as oxidative stress in cattle. Data were obtained on the level of endogenous intoxication (MMM) and peroxidation processes by the level of malondialdehyde (MDA), diene conjugates (DC), ketodienes (KD) in the body of animals after calving, as well as indicators of biochemical changes in the blood of cows after the use of phytoglinol.

Abstract

Introduction. Modern technological conditions for feeding and keeping dairy cows, due to the intensification of production, are accompanied by a constant influence on their body of stress factors of varying strength and duration, which causes deep, and often even irreversible, metabolic disturbances in animals, leading to the development of a number of pathologies. Against the background of pronounced physiological exhaustion under the influence of stress and stress factors on the organism of productive animals, it is necessary to carry out pharmacological correction aimed at eliminating the

consequences of free radical reactions, oxidative imbalance in the body. **Object.** The object of the research was a complex injectable preparation phytoglinol, developed for the therapy and prevention of oxidative stress in cattle. **Materials and methods.** For the study, three groups of cows were formed (post-calving period 10-14 days), 10 heads in each, providing for the introduction of phytoglinol to cows in the experimental groups at doses of 15 and 20 ml / animal, the control group - physiological solution at a dose of 15 ml. The experiment lasted 7 days. Blood tests of cows were carried out on an automatic biochemical analyzer Vitalab Selectra Junior, the level of endogenous intoxication - according to the method of N.I. Gabrielyan and V.I. Lipatova (1984). Evaluation of indicators of the LPO-AOZ system - in accordance with the methodological provisions for the study of free radical oxidation processes and the antioxidant defense system of the body (Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy» (2010). Indicators of the level of total lipids were assessed using a specialized kit in the experiment with sulfuric acid from DAC-SpectroMed. Results and conclusions The use of phytoglinol allowed to increase the glucose concentration by 11.8 and 9.4% in groups, to reduce the enzymatic activity by 36.9 and 32.4%, the level of total bilirubin - by 35.5 and 9.8%. high antioxidant activity of phytoglinol. In terms of endogenous intoxication of MSM, the values of the experimental groups were lower at a wavelength of 237 nm and 254 nm - by 1.2-7.4% ($p < 0.05$) and 5.5-11.1%, by 280 nm - 1.38 and 2.1 times ($p < 0.01$), in comparison with the control group. In terms of lipid peroxidation, the decrease in the level of DC in the first experimental group in relation to the background values was 2.27 times, CD - 3.3 times, MDA - 2.1 times. On the second experimental group - at 1.53; 3.2 and 1.24 times, respectively.

Keywords: *fresh cows, stress, phytoglinol, pharmacological correction, blood biochemistry, antioxidant status, endogenous intoxication, molecules of medium mass*

Citation. Lanets O. V., Grin V. A., Semenenko M. P., Kuzminova E. V. Pharmacological correction of the metabolic and antioxidant profile of cows in the early post-calving period. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3 (63). 274-282 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-28.

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

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

УДК 619:616:618-159.922:636.2

ФАРМАКОКОРРЕКЦИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКОГО И АНТИОКСИДАНТНОГО ПРОФИЛЯ КОРОВ В РАННИЙ ПОСЛЕОТЕЛЫЙ ПЕРИОД

О. В. Ланец, аспирант

В. А. Гринь, кандидат ветеринарных наук

М. П. Семененко, доктор ветеринарных наук, доцент

Е. В. Кузьмина, доктор ветеринарных наук, доцент

ФГБНУ Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии

Дата поступления в редакцию 30.06 2021

Дата принятия к печати 12.08.2021

Актуальность. Современные технологические условия кормления и содержания молочных коров, обусловленные интенсификацией производства, сопровождаются постоянным влиянием на организм животных стрессовых факторов различной силы и длительности, что вызывает у них глубокие, а зачастую даже необратимые нарушения метаболических процессов, приводящие к развитию ряда патологий. На фоне выраженного физиологического истощения под воздействием стресса и стресс-факторов на организм продуктивных животных необходимо проведение фармакологической коррекции, направленной на устранение последствий свободно-радикальных реакций, окислительного дисбаланса в организме **Объект.** Объектом исследований явился комплексный инъекционный препарат фитоглинол, разработанный для терапии и профилактики оксидативного стресса у крупного рогатого скота. **Материалы и методы.** Для

проведения исследования было сформировано три группы коров (послеотельный период 10-14 дней) по 10 голов в каждой, предусматривающее введение коровам опытных групп фитоглинола в дозах 15 и 20 мл/животное, контрольной группе – физиологического раствора в дозе 15 мл. Длительность опыта составила 7 дней. Исследования крови коров проведены на биохимическом автоматическом анализаторе Vitalab Selectra Junior, уровень эндогенной интоксикации – по методу Н. И. Габриэлян и В. И. Липатовой (1984). Оценка показателей системы ПОЛ-АОЗ – в соответствии с методическими положениями по изучению процессов свободнорадикального окисления и системы антиоксидантной защиты организма (ВНИВИПФиТ (2010)). Показатели уровня общих липидов оценивались при помощи специализированного набора в опыте с серной кислотой фирмы DAC-SpectroMed. **Результаты и выводы.** Использование фитоглинола позволило по группам увеличить концентрацию глюкозы на 11,8 и 9,4 %, снизить ферментную активность на 36,9 и 32,4 %, уровень общего билирубина – на 35,5 и 9,8 %. По результатам исследований определена высокая антиоксидантная активность фитоглинола. По показателям эндогенной интоксикации МСМ значения опытных групп были ниже на длине волны 237 нм и 254 нм – на 1,2-7,4 % ($p < 0,05$) и 5,5-11,1 %, на 280 нм – в 1,38 и 2,1 раза ($p < 0,01$), в сравнении с группой контроля. По процессам липопероксидации снижение уровня ДК в первой опытной группе по отношению к фоновым значениям составило 2,27 раза, КД – в 3,3 раза, МДА – в 2,1 раза. Во второй опытной группе – в 1,53; 3,2 и 1,24 раза соответственно.

Ключевые слова: новотельные коровы, стрессы коров, фитоглинол, фармакокоррекция профиля коров, биохимия крови коров, антиоксидантный статус коров, эндогенная интоксикация, молекулы средней массы.

Цитирование. Ланец О. В., Гринь В. А., Семененко М. П., Кузьминова Е. В. Фармакокоррекция метаболического и антиоксидантного профиля коров в ранний послеотельный период. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 274-282. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-28.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современные технологические условия кормления и содержания молочных коров, обусловленные интенсификацией производства, сопровождаются постоянным влиянием на организм животных стрессовых факторов различной силы и длительности, что вызывает у них глубокие, а зачастую даже необратимые нарушения метаболических процессов, приводящие к развитию ряда патологий. Стресс, являясь по сути адаптивным ответом животного на неблагоприятные изменения окружающей среды, способствует мобилизации энергетических запасов в организме, одновременно вызывая напряжение всех физиологических процессов для поддержания общего гомеостаза, позволяя корове быстро реагировать на отклонения от «комфортных условий» жизни [2].

Однако очень часто у животных возникает срыв адаптационных механизмов, сопровождающийся активизацией процессов свободнорадикального окисления липидов на фоне депрессивных изменений в антиоксидантной системе организма. Это приводит к накоплению в организме токсических продуктов перекисного окисления липидов и к деструктивным изменениям клеточных мембранных образований, что усугубляет отрицательные последствия стресса [6, 12].

Активация свободнорадикальных процессов на фоне истощения антиоксидантной системы приводит к нарушению прооксидантно-антиоксидантного равновесия организма. В настоящее время свободнорадикальная патология стала самой распространенной патологией животных. В публикациях отечественных и зарубежных авторов все чаще можно встретить упоминание об окислительном стрессе в связи с тем, что свободнорадикальное окисление в настоящее время считается одним из важнейших патогенетических механизмов многих патологических состояний и заболеваний [8, 10].

Молочные коровы подвергаются этому пагубному процессу в наиболее сложные периоды процесса эксплуатации, такие как беременность, роды и послеродовой период. Отел и, в целом транзитный период, является значительным стрессом для коров, поскольку в это время организм животных подвержен ряду гормональных перестроек на фоне увеличения физиологических потребностей, смены условий кормления и содержания, что может привести к развитию серьезных послеотельных осложнений, потере массы тела и снижению продуктивности животного [7]. Переходный период между поздней беременностью и ранней лактацией ассоциируется с изменениями липидного и белкового обменов. Сокращение энергии в первые недели после родов приводит к увеличению мобилизации жира, что связано с образованием перекисей липидов и активных форм кислорода (АФК). Эти АФК обычно нейтрализуются достаточными уровнями антиоксидантов в организме животного. Дисбаланс между производством АФК и оборонной способностью биологических систем организма для очистки этих реактивных промежуточных продуктов вызывают окислительный стресс [5, 9, 13].

На фоне выраженного физиологического истощения под воздействием стресса и стресс-факторов на организм продуктивных животных необходимо проведение фармакологической коррекции, направленной на устранение последствий свободно-радикальных реакций, окислительного дисбаланса в организме [11, 14].

В связи с этим целью настоящего исследования явилась оценка эффективности фармакокоррекции послеродового стресса у коров с помощью нового препарата фитоглинол.

Объект исследования – фитоглинол, комплексный инъекционный препарат, представляющий собой водный раствор темно-коричневого цвета специфического вкуса и запаха. В состав фитоглинола входит дигидрокверцетин (Dihydroquercetinum), аминокислота (Glycine) и янтарная (Acidum succinicum) кислоты, водный экстракт душицы обыкновенной (Origanum Vulgare L.), диметилсульфоксид (Dimethylsulfoxide) и вода для инъекций. Все подобранные компоненты обладают антиоксидантными, адаптогенными, стресс-протекторными и иммуномодулирующими свойствами, направленно действуя на механизмы угнетения свободнорадикального окисления, оказывая благоприятное действие на системные эффекты стресса, нормализацию метаболического фона и адаптационные возможности организма.

Материалы и методы. Опыт по коррекции послеродового стресса был проведен на новотельных коровах (10-14 дней после отела), сформированных в три группы: две опытные и контрольную (n=10). Опытным группам животных фитоглинол вводился в течение 7 дней внутримышечно ежедневно в дозах 20 и 15 мл. Контрольной группе коров на протяжении 7 дней осуществлялось внутримышечное введение физиологического раствора в дозе 15 мл/животное (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта (n=10)

Table 1 – Scheme of the experiment (n = 10)

Группа / Group	Препарат / Drug	Доза / Dose
1 – опытная / 1 – experimental	фитоглинол / phytoglinol	20 мл, внутримышечно / 20 ml, intramuscularly
2 – опытная / 2 – experimental	фитоглинол / phytoglinol	15 мл, внутримышечно / 15 ml, intramuscularly
Контрольная / Control	физиологический раствор / saline solution	15 мл, внутримышечно / 15 ml, intramuscularly

Кровь для оценки гомеостатической составляющей организма коров, включающей определение биохимических показателей, продуктов липопероксидации и степени развития эндотоксикоза по содержанию МСМ, отбиралась в динамике – на 10-14 дни после отела (фоновые показатели), а затем, по прошествии семи дней после применения фитоглинола.

Лабораторные исследования проводились на базе Краснодарского научного центра зоотехнии и ветеринарии. Биохимические исследования – с помощью биохимического автоматического анализатора Vitalab Selectra Junior с версией программного обеспечения 1.0. (открытая система для проведения фотометрических тестов, изготовитель Vital Scientific N. V. Netherlands) с использованием реактивов фирмы ELITech Clinical Systems (Франция) и Analyticon biotechnologies AG (Германия). Уровень эндотоксикации определялся по уровню молекул средней массы (МСМ) по методу Н. И. Габриэлян и В. И. Липатовой (1984). Оценка показателей системы ПОЛ-АОЗ проводилась в соответствии с методическими положениями по изучению процессов свободнорадикального окисления и системы антиоксидантной защиты организма (ВНИВИПФиТ, 2010). Показатели уровня общих липидов оценивались при помощи специализированного набора в опыте с серной кислотой фирмы DAC-SpectroMed. Статистическая обработка полученных результатов проводилась методами математической статистики, принятой в биологии и медицине с помощью программного обеспечения фирмы Mikrosoft®, фирмы Carl Zeiss®. Критерий достоверности определялся по таблице Стьюдента, при этом рассчитывался средний показатель (М); для обработки данных исследования использовались методы описательной статистики с последующим проведением множественного парного сравнения с помощью критерия Ньюмена-Кейлса при 5 % уровне значимости различий ($p < 0,05$).

Результаты и выводы. Анализ биохимических показателей сыворотки крови подопытных коров позволил выявить достоверное влияние фитоглинола на метаболическое состояние организма животных (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика биохимических исследований крови коров в послеотельный период ($M \pm m$, $n=10$)

Table 2 – Dynamics of biochemical blood tests of cows in post-calving period ($M \pm m$, $n = 10$)

Показатель / Indicator	На 10-14 дни после отела / 10-14 days after calving	После применения препаратов / After using drugs		
		1-опытная / 1st experi- mental	2-опытная / 2nd experi- mental	Контроль- ная / Control
1	2	3	4	5
Общий белок, г/л / Total protein, g / l	78,31 $\pm$ 3,2	80,2 $\pm$ 4,2	77,4 $\pm$ 3,4	77,31 $\pm$ 3,5
Белковые фракции, %/ Protein fractions, % альбумины / albumins	35,7 $\pm$ 2,6	45,4 $\pm$ 4,1	40,8 $\pm$ 2,6	33,6 $\pm$ 4,2
α -глобулины / α -globulins	11,6 $\pm$ 0,94	10,8 $\pm$ 2,2	11,6 $\pm$ 1,8	12,8 $\pm$ 2,4
β -глобулины / β -globulins	8,3 $\pm$ 0,51	7,9 $\pm$ 1,2	8,6 $\pm$ 1,6	8,3 $\pm$ 1,2
γ -глобулины / γ -globulins	44,4 $\pm$ 0,16	35,9 $\pm$ 4,6	39,0 $\pm$ 4,3	45,3 $\pm$ 4,3*
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol / l	6,3 $\pm$ 0,8	7,6 $\pm$ 0,51	7,2 $\pm$ 0,5	6,9 $\pm$ 0,26
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol / l	2,45 $\pm$ 0,24	2,74 $\pm$ 0,11*	2,68 $\pm$ 0,43	2,19 $\pm$ 0,34
АсАт, Ед/л / AST, U/l	129,3 $\pm$ 8,12	111,5 $\pm$ 4,1	131,0 $\pm$ 2,4	145,3 $\pm$ 3,5
АлАт, Ед/л / ALT, U/l	39,6 $\pm$ 5,2	32,7 $\pm$ 3,8	29,1 $\pm$ 3,0	35,9 $\pm$ 5,7
Щелочная фосфатаза, Ед/л / Alkaline phosphatase, U/l	198,5 $\pm$ 9,4	125,3 $\pm$ 5,7**	134,2 $\pm$ 6,7	186,0 $\pm$ 5,7
Креатинин, ммоль/л / Creatinine, mmol / l	93,4 $\pm$ 6,2	88,7 $\pm$ 3,2	93,0 $\pm$ 4,3	98,4 $\pm$ 2,8
Общ. билирубин, мкмоль/л / Total bilirubin, μ mol / l	6,1 $\pm$ 0,9	4,0 $\pm$ 1,2	5,5 $\pm$ 2,3	7,6 $\pm$ 1,8

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
Триглицериды ммоль/л / Triglycerides mmol / l	0,21±0,03	0,2±0,05	0,2±0,11	0,18±0,12
Кальций ммоль/л / Calcium mmol / l	2,2±0,11	2,2±0,07	2,15±0,08	2,2±0,04
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol / l	2,3±0,25	2,91±0,2	1,67±0,12	2,3±0,12
МСМ, 237 нм / МММ, 237nm	0,84±0,03	0,83±0,08	0,78±0,1*	0,82±0,08
МСМ, 254 нм / МММ, 254 nm	0,18±0,07	0,16±0,02	0,17±0,03	0,25±0,03
МСМ, 280 нм / МММ, 280 nm	0,29±0,02	0,21±0,02	0,14±0,01**	0,17±0,01
ДК ₍₂₃₂₎ , опт.ед/мг липидов / DC ₍₂₃₂₎ , AU/mg of lipids	2,61±0,28	1,15±0,15	1,7±0,12	2,65±0,16
КД ₍₂₇₃₎ , опт.ед/мг липидов / KD ₍₂₇₃₎ , AU/mg of lipids	3,23±0,43	0,97±0,05*	1,01±0,08	3,25±0,18
МДА ₍₅₃₇₎ , мкМ/л / MDA ₍₅₃₇₎ , μM / l	1,06±0,09	0,51±0,12**	0,85±0,14	1,93±0,15

Различия достоверны * p<0,05; ** p<0,01 в сравнении с группой контроля.

При этом наиболее значимые изменения регистрировались в углеводном и ферментном обменах. Так, в опытных группах использование стресс-протекторного средства позволило увеличить концентрацию глюкозы на 11,8 и 9,4 % соответственно, тогда как в группе контрольных коров уровень глюкозы, напротив, снизился на 10,6 % относительно фоновых значений.

У животных в период новотельности значения показателей щелочной фосфатазы были повышенными, что является физиологичным. Тем не менее, применение фитоглинола позволило снизить ферментную активность на 36,9 и 32,4 % по группам, тогда как в группе контроля уровень ЩФ практически не изменился, из чего можно сделать вывод, что именно компоненты фитоглинола способствовали восстановлению цитоплазматической оболочки гепатоцитов и уменьшению ее проницаемости, обуславливающей выход фермента в кровоток. Эта сопряженность в концентрации ЩФ у животных всех групп подтверждалась динамикой изменения общего билирубина и имела закономерную прямую зависимость. Уровень общего билирубина в опытных группах коров был ниже фоновых значений на 35,5 и 9,8 %, показателей контрольной группы – на 47,4 и 27,6 % соответственно.

При оценке других биохимических констант крови существенного влияния фитоглинола на их динамику не установлено.

Развитие синдрома эндогенной интоксикации у коров на завершающем этапе беременности сопровождается накоплением в крови молекул средней массы. Эндогенная интоксикация протекает как каскадный процесс, формируемый на ранней стадии реактивно-токсических реакций в организме. С этим классом метаболитов, названным «средними молекулами» (СМ), в основном и связывают понятие токсемии [3, 6]. Однако введение фитоглинола позволило предотвратить их значимое увеличение, поэтому концентрация МСМ у животных не была высокой. В опытных группах отмечены более низкие показатели на всех длинах волн: на 237 нм и 254 нм – на 1,2-7,4 % (p<0,05) и 5,5-11,1 %, на 280 нм – в 1,38 и 2,1 раза (p<0,01).

Следует отметить, что большое значение в развитии эндотоксикоза имеют процессы, ведущие к образованию свободных радикалов и инициируемые ими процессы перекисного окисления липидов [4]. В нашем случае применение фитоглинола, обладающего значительной антиоксидантной активностью, не только исключило метаболический эндогенный токсикоз, но и снизило в организме коров после отела промежуточные и конечные продукты липопероксидации, подтверждая интегральную картину между эндогенной интоксикацией и развитием оксидативного стресса. В первой опыт-

ной группе уровень диеновых конъюгатов по отношению к фоновым значениям снизился в 2,27 раза, кетодиенов – в 3,3 раза, малонового диальдегида – в 2,1 раза. Во второй опытной группе – в 1,53; 3,2 и 1,24 раза соответственно. Тогда как в контрольной группе новотельных коров значения всех продуктов ПОЛ сохранились на уровне фоновых, а по количеству МДА – даже увеличились в 1,82 раза.

Выводы. Таким образом, фитоглинол способствовал ослаблению процессов липопероксидации на всех этапах формирования стресс-реакции, причем его применение в дозе 20 мл/животное было более эффективно в плане снижения уровня эндогенного альдегида (МДА) – маркера оксидативного стресса, увеличение которого может привести к более выраженным нарушениям прооксидантно-антиоксидантного равновесия в органах и тканях и в значительной степени усугубить неблагоприятные последствия для организма.

Исходя из результатов эксперимента можно сделать вывод о том, что для коррекции послеродового стресса у коров необходимы фармакологические средства с широким спектром защитно-восстановительной активности, воздействующие на клеточные процессы, определяющие способность клеток к репарации, а также повышающие общие адаптационные возможности организма животных.

Библиографический список

1. Карбышев М. С., Абдулаев Ш. П. Биохимия оксидативного стресса. М.: Издательство XX, 2018. 60 с.
2. Лысенко В. И. Оксидативный стресс как неспецифический фактор патогенеза органических повреждений // Медицина неотложных состояний. 2020. № 1. С. 24-34.
3. Оценка субхронической токсичности фитоглинола на этапе доклинического исследования / О. В. Ланец, М. П. Семенов, Е. В. Кузьминова, А. А. Абрамов, Е. В. Рогалева // Ветеринарный фармакологический вестник. 2020. № 4. С. 38-50.
4. Поносов С. В. Диагностика окислительного стресса у импортного крупного рогатого скота // Пермский аграрный вестник. 2016. № 1. С. 104-106.
5. Чеченихина О. С., Сорокина Н. И., Банникова Е. В. Влияние стресса на молочную продуктивность крупного рогатого скота // Символ науки. 2016. № 6-2. С. 33-35.
6. Biomarkers of Oxidative Stress in Metabolic Syndrome and Associated Diseases / R. Vona, L. Gambardella, C. Cittadini, E. Straface, D. Pietraforte // Oxid Med Cell Longev. 2019. V. 8267234.
7. Bottje W. G. Board invited review: Oxidative stress and efficiency: the tightrope act of mitochondria in health and disease // Journal of animal science. 2019. No. 97.8. P. 3169-3179.
8. Carocho M., Ferreira I.C.F.R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives // Food and Chemical Toxicology. 2013. Vol. 51. No. 1. P. 15-25.
9. Correlates of markers of oxidative status in the general population / M. Trevisan, R. Browne, M. Ram, P. Muti, J. Freudenheim, A. N. Carosella, D. Armstrong // Am J Epidemiol. 2001. Vol. 154. № 4. P. 348-356.
10. Di Meo S., Venditti P. Evolution of the Knowledge of Free Radicals and Other Oxidants // Oxid Med Cell Longev. 2020. 9829176.
11. Efficacy of Fenugreek-based bionanocomposite on renal dysfunction and endogenous intoxication in high-calorie diet-induced obesity rat model-comparative study / V. V. Konopelniuk, I. I. Goloborodko, T. V. Ishchuk [et al.] // EPMA J. 2017. No. 8(4). P. 377-390.
12. Lipid peroxidation, antioxidant defense parameters, and dynamics of surgical treatment in men with mechanical jaundice of various origins[J] / M. A. Darenskaya, O. V. Smirnova, B. G. Gubanov, N. V. Semenova, L. I. Kolesnikova, S. I. Kolesnikov // AIMS Molecular Science. 2020. No. 7 (4). P. 374-382.
13. Plasma malondialdehyde (MDA) and total antioxidant status (TAS) during lactation in dairy cows / C. Castillo, J. Hernandez, I. Valverde, V. Pereira, J. Sotillo, M. Alonso-Lopez, J.L. Benedito // Res Vet Sci. 2006. Vol. 80. P. 133-139.
14. Research of the detoxification properties of the preparation phyto-glinoil on the heat stress model / M. Semenenko [et al.] // E3S Web Conf. 2020. V. 210. 06001.

Conclusion. Thus, phytoglinol contributed to the weakening of lipid peroxidation processes at all stages of the formation of the stress response, and its use at a dose of 20 ml / animal was more effective in reducing the level of endogenous aldehyde (MDA), a marker of oxidative stress, an increase in which can lead to more pronounced disorders. prooxidant-antioxidant balance in organs and tissues and greatly aggravate the adverse effects on the body.

Based on the results of the experiment, it can be concluded that for the correction of postpartum stress in cows, pharmacological agents with a wide spectrum of protective and restorative activity are needed, acting on cellular processes, determining the ability of cells for repairment, as well as increasing general adaptive the capabilities of the animal organism.

References

1. Karbyshev M. S., Abdulaev Sh. P. Biochemistry of oxidative stress. M.: Publishing house XX, 2018. 60 p.
2. Lysenko V. I. Oxidative stress as a nonspecific factor in the pathogenesis of organ damage // Medicine of emergency conditions. 2020. № 1. P. 24-34.
3. Evaluation of subchronic toxicity of phytoglinol at the stage of preclinical study / O. V. Lanets, M. P. Semenenko, E. V. Kuzminova, A. A. Abramov, E. V. Rogaleva // Veterinary Pharmacological Bulletin. 2020. № 4. P. 38-50.
4. Ponomarev S. V. Diagnostics of oxidative stress in imported cattle // Perm agrarian bulletin. 2016. No. 1. P. 104-106.
5. Чеченихина О.С. Влияние стресса на молочную продуктивность крупного рогатого скота / О.С. Чеченихина, Н.И. Сорокина, Е.В. Банникова // Символ науки. 2016. № 6-2. С. 33-35.
6. Biomarkers of Oxidative Stress in Metabolic Syndrome and Associated Diseases / R. Vona, L. Gambardella, C. Cittadini, E. Straface, D. Pietraforte // Oxid Med Cell Longev. 2019. V. 8267234.
7. Bottje W. G. Board invited review: Oxidative stress and efficiency: the tightrope act of mitochondria in health and disease // Journal of animal science. 2019. No. 97.8. P. 3169-3179.
8. Carocho M., Ferreira I.C.F.R. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives // Food and Chemical Toxicology. 2013. Vol. 51. No. 1. P. 15-25.
9. Correlates of markers of oxidative status in the general population / M. Trevisan, R. Browne, M. Ram, P. Muti, J. Freudenheim, A. N. Carosella, D. Armstrong // Am J Epidemiol. 2001. Vol. 154. № 4. P. 348-356.
10. Di Meo S., Venditti P. Evolution of the Knowledge of Free Radicals and Other Oxidants // Oxid Med Cell Longev. 2020. 9829176.
11. Efficacy of Fenugreek-based bionanocomposite on renal dysfunction and endogenous intoxication in high-calorie diet-induced obesity rat model-comparative study / V. V. Konopelniuk, I. I. Goloborodko, T. V. Ishchuk [et al.] // EPMA J. 2017. No. 8(4). P. 377-390.
12. Lipid peroxidation, antioxidant defense parameters, and dynamics of surgical treatment in men with mechanical jaundice of various origins[J] / M. A. Darenskaya, O. V. Smirnova, B. G. Gubanov, N. V. Semenova, L. I. Kolesnikova, S. I. Kolesnikov // AIMS Molecular Science. 2020. No. 7 (4). P. 374-382.
13. Plasma malondialdehyde (MDA) and total antioxidant status (TAS) during lactation in dairy cows / C. Castillo, J. Hernandez, I. Valverde, V. Pereira, J. Sotillo, M. Alonso-Lopez, J.L. Benedito // Res Vet Sci. 2006. Vol. 80. P. 133-139.
14. Research of the detoxification properties of the preparation phytoglinol on the heat stress model / M. Semenenko [et al.] // E3S Web Conf. 2020. V. 210. 06001.

Authors Information

Lanets Olga Vadimovna, PhD student of the Department of Pharmacology of the Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine (1-ya Liniya st., Krasnodar, 350004)

ORCID: 0000-0002-2625-539X, E-mail: olchik_lanets@mail.ru

Grin Vladimir Anatolevich, leading scientific researcher of the Department of Pharmacology of the Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine (1-ya Liniya st., Krasnodar, 350004), PhD in Veterinary Sciences

ORCID: 0000-0002-7171-4073; E-mail: grin@krasnodarvet.ru.

Semenenko Marina Petrovna, Head of the Department of Pharmacology of the Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine (1-ya Liniya st., Krasnodar, 350004), Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor

ORCID: 0000-0001-8266-5900, E-mail: sever291@mail.ru.

Kuzminova Elena Vasilevna, chief researcher of the Department of Pharmacology of the Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine (1-ya Liniya st., Krasnodar, 350004), Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor

ORCID: 0000-0003-4744-0823, E-mail: niva1430@mail.ru.

Информация об авторах:

Ланец Ольга Вадимовна, аспирант отдела фармакологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия).

ORCID: 0000-0002-2625-539X; E-mail: olchik_lanets@mail.ru

Гринь Владимир Анатольевич, ведущий научный сотрудник отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия), кандидат ветеринарных наук.

ORCID: 0000-0002-7171-4073; E-mail: grin@krasnodarvet.ru.

Семененко Марина Петровна, заведующая отделом фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия, 1), доктор ветеринарных наук, доцент,

ORCID: 0000-0001-8266-5900, E-mail: sever291@mail.ru.

Кузьмина Елена Васильевна, главный научный сотрудник отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия, 1), доктор ветеринарных наук, доцент.

ORCID: 0000-0003-4744-0823, E-mail: niva1430@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-29

PRODUCTION OF BEEF USING FEED ADDITIVES

**A. T. Varakin¹, V. V. Salomatin¹, D. K. Kulik²,
V. A. Kornilova³, V. A. Khazykov⁴, E. S. Vorontsova^{1,2}**

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

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

³*Samara State Agrarian University, Samara*

⁴*Agricultural production cooperative «Tundutovo», Republic of Kalmykia*

Received 05.06.2021

Submitted 06.08.2021

Summary

The studies examined indicators of meat productivity of aberdeen angus gobies raised for meat with the addition of the organic selenium preparation Diacetophenonylselenide -25 to the diets separately and together with a selenium-containing additive - benut. Use of test feeds in diets positively influenced the growth rate of bulls and contributed to the improvement of their meat productivity and beef quality with the economic feasibility of its production.

Abstract

Introduction. The fattening of young beef cattle provides for the organization to provide rations with the necessary nutrients, and in particular minerals. Therefore, it is relevant and important to use selenium-containing feed additives when raising Aberdeen-Angus gobies for meat, which help to compensate for the lack of selenium in feed. **Materials and methods.** To carry out the scientific and economic experience, 3 groups of bulls, 15 heads each, were formed. The experiment lasted 172 days, including the main period - 150. In the main period, young animals of the 1st control group were given a basic diet; II experimental - the main diet + diacetophenonylselenide -25 (1.6 mg / kg concentrates); Experimental III - the main diet + 0.5 kg of feed additive - benut (instead of the equivalent amount of concentrates) + diacetophenonyl selenide -25 to ensure the selenium content, as in the diet of group II.

Results and conclusions. At the end of the experiment, at the age of 15 months, the bulls of the III group in live weight had an advantage over the control (413.4 kg) by 19.6 kg (4.7%), with the II group - 12.8 kg (3.0 %). According to the results of the control slaughter, paired carcasses were obtained in young animals of groups II and III, which are heavier than in group I (220.4 kg), respectively, by 4.9 and 14.3 kg. Slaughter weight in bulls of groups II and III was 7.2 and 18.4 kg more than in the control (230.7 kg). In young animals of groups II and III, the yield of a pair of carcasses was also higher, respectively, by 0.2 and 0.9%; the yield of internal fat - by 0.5 and 0.9%; slaughter yield - by 0.8 and 1.8%. Animals of group I were inferior to groups II and III in terms of pulp mass by 4.2 (2.33%) and 13.1 kg (7.28%); meat index - by 0.07 and 0.29. In the average meat sample of gobies of groups II and III, the protein content was higher, respectively, by 0.49 and 0.50%; fat - by 0.18 and 1.30%. By the content of tryptophan in the longissimus muscle of the back, young animals of group I (387.64 mg%) were inferior to group II by 1.20% and III - by 2.55%. The culinary and technological indicator of the average pulp sample in the control was 1.66, in group II - 1.71 and III - 1.70 units. In the production of beef, the use of selenium-containing additives in diets is economically beneficial.

Key words: *aberdeen angus gobies, growing for meat, rations, preparation diaceto-phenonylselenide -25, selenium-containing additive - benut, meat productivity, beef quality.*

Citation. Varakin A. T., Salomatin V. V., Kulik D. K., Kornilova V. A., Khazykov V. A., Vorontsova E. S. Production of beef using feed additives. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3 (63). 282-291 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-29.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

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

УДК 636.2.087.7

ПРОИЗВОДСТВО ГОВЯДИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРМОВЫХ ДОБАВОК

А. Т. Варакин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
В. В. Саломатин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Д. К. Кулик², кандидат сельскохозяйственных наук
В. А. Корнилова³, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
В. А. Хазыков⁴, председатель
Е. С. Воронцова^{1,2}, кандидат биологических наук

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

³Самарский государственный аграрный университет, г. Самара

⁴СПК «Тундутово», Республика Калмыкия

Дата поступления в редакцию 05.06.2021

Дата принятия к печати 06.08.2021

Актуальность. Откорм молодняка мясного скота предусматривает организацию по обеспечению рационов необходимыми питательными веществами, и в частности минеральными. Поэтому актуально и важно при выращивании на мясо бычков абердин-ангусской породы использовать селенсодержащие кормовые добавки, способствующие компенсации недостатка селена в кормах. **Материалы и методы.** Для выполнения научно-хозяйственного опыта сформировали 3 группы бычков по 15 голов в каждой. Опыт продолжался 172 дня, в том числе главный период – 150. В главном периоде молодняку I контрольной группы задавали основной рацион (ОР); II опытной – ОР + ДАФС-25 (1,6 мг/кг концентратов); III опытной – ОР + 0,5 кг кормовой добавки – бенут (вместо эквивалентного количества концентратов) + ДАФС-25 для обеспечения содержания селена, как в рационе II группы. **Результаты и выводы.** По завершении эксперимента, в возрасте 15 месяцев бычки III группы по живой массе имели преимущество по сравнению с контролем (413,4 кг), на 19,6 кг (4,7 %), со II группой – 12,8 кг (3,0 %). Со-

гласно результатам контрольного убоя, у молодняка II и III групп получены парные туши тяжелее, по сравнению с I группой (220,4 кг), соответственно, на 4,9 и 14,3 кг. Убойная масса у бычков II и III групп была больше на 7,2 и 18,4 кг, чем в контроле (230,7 кг). У молодняка II и III групп выход парной туши также был выше, соответственно, на 0,2 и 0,9 %; выход внутреннего сала – на 0,5 и 0,9 %; убойный выход – на 0,8 и 1,8 %. Животные I группы уступали II и III группам по массе мякоти на 4,2 (2,33 %) и 13,1 кг (7,28 %); индексу мясности – на 0,07 и 0,29. В средней пробе мяса бычков II и III групп было выше содержание протеина, соответственно, на 0,49 и 0,50 %; жира – на 0,18 и 1,30 %. По содержанию триптофана в длиннейшем мускуле спины молодняк I группы (387,64 мг %) уступал II группе на 1,20 % и III – на 2,55 %. Кулинарно-технологический показатель средней пробы мякоти в контроле составил 1,66, во II группе – 1,71 и III – 1,70 ед. При производстве говядины использование в рационах селеносодержащих добавок экономически выгодно.

Ключевые слова: бычки абердин-ангусской породы, производство говядины, рационы бычков, препарат ДАФС-25, селеносодержащие добавки, бенут, мясная продуктивность бычков, качество говядины.

Цитирование. Варакин А. Т., Саломатин В. В., Кулик Д. К., Корнилова В. А., Хазыков В. А., Воронцова Е. С. Производство говядины с использованием кормовых добавок. *Известия НВ АУК*. 2021. 3 (63). 282-291. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-29.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При современном ведении животноводства внимание производителей сосредоточено на наиболее полной реализации генетического потенциала продуктивности сельскохозяйственных животных [1, 2, 9, 11, 12].

Этому во многом способствует разработка и использование рационов, которые включают в себя высококачественные корма и необходимые балансирующие кормовые средства [3, 4, 14].

В настоящее время вызывает значительный интерес применение органических и неорганических форм источников микроэлементов в рационах животных [10], так, например, с учетом недостатка селена в используемых кормах, – селеноорганических препаратов [13].

Для сельскохозяйственных животных селен является жизненно важным микроэлементом, а включение его препаратов в рационы позволяет улучшить обмен веществ в организме животных и увеличить продуктивные показатели.

Необходимо отметить, что в птицеводстве рекомендуется введение селена гарантированно, в количестве 0,2 г/т полнорационного комбикорма.

В связи с этим, существенный интерес для науки и практики вызывает проведение работ по использованию селеносодержащих кормовых добавок и препаратов в рационах мясного скота при производстве говядины.

Целью наших исследований являлось изучение мясной продуктивности и качества говядины при выращивании на мясо бычков абердин-ангусской породы с включением в рационы селеноорганического препарата ДАФС-25 отдельно и вместе с селеносодержащей добавкой – бенут.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыта на выращиваемом на мясо молодняке мясного скота был проведен в АО КХК «Краснодонское» Иловлинского района Волгоградской области.

Для выполнения данного эксперимента сформировали 3 группы бычков в возрасте 9 месяцев (с использованием принципа аналогов) по 15 голов в каждой. Он продолжался 172 дня, в том числе главный период опыта – 150.

В главном периоде бычкам I контрольной группы задавали основной рацион (ОР); II опытной – ОР + препарат ДАФС-25 (1,6 мг/кг концентратов); III опытной – ОР + 0,5 кг кормовой добавки – бенут (вместо эквивалентного количества концентратов) + ДАФС-25, обеспечивая содержание селена, как в рационе II группы.

Рост и развитие подопытных животных изучали по результатам ежемесячных взвешиваний и расчетов их среднесуточного прироста живой массы.

Переваримость и усвоение питательных веществ рационов изучали по методике ВИЖ на фоне научно-хозяйственного опыта на 3 бычках из каждой группы в возрасте 14 месяцев.

Мясную продуктивность и качество мяса определяли по результатам контрольного убоя 3 бычков из каждой группы в возрасте 15 месяцев. На агромясокомбинате АО КХК «Краснодонское» учитывали показатели съемной и предубойной живой массы, массы парной туши, внутреннего жира-сырца, выхода туши и внутреннего жира, убойного выхода.

Изучение морфологического состава туш подопытных животных проводили путем обвалки охлажденных правых полутуш. При этом отбирались средние пробы мякоти, длиннейшей мышцы спины, в которых определяли химический состав.

Химический и биохимический состав, кулинарно-технологические качества мякоти туш изучали по следующим методикам: содержание влаги в образцах – высушиванием навески до постоянного веса при температуре 105 ± 2 °С; жира – экстрагированием сухой навески эфиром в аппарате Сокслета; белка – методом определения общего азота по Кьельдалю в сочетании с изометрической отгонкой в чашках Конвея; минеральных веществ (зола) – сухой минерализацией образцов в муфельной печи; содержание оксипролина – по методу Неймана и Логана; триптофана – по методу Грейна и Смита; влагосвязывающую способность – планиметрическим методом прессования по Грау-Хамма в модификации Воловинской-Кельман.

Результаты. При проведении научно-хозяйственного опыта для бычков I контрольной и II опытной групп, учитывая их возраст, живую массу и планируемый прирост – 900–1000 г на голову/сутки, использовали суточные рационы, состоящие из бобового сена – от 2,0 до 2,7 кг, пшеничной соломы – от 1,5 до 2,0 кг, кукурузного силоса – от 11,1 до 15,1 кг, концентратов – от 2,2 до 3,0 кг. Для молодняка III опытной группы использовали аналогичные суточные рационы, но концентрированный корм использовали в количестве от 1,7 до 2,5 кг, и дополнительно – 0,5 кг селенсодержащей добавки – бенут. Потребности подопытного скота всех групп в недостающих до нормы кормления минеральных веществах и витамине D обеспечивали включением в рационы, соответственно, кормовых минеральных добавок и препарата вышеназванного витамина.

В исследованиях было установлено, что в начале главного периода опыта в возрасте 10 месяцев подопытные бычки сравниваемых групп по живой массе практически не различались.

Дальнейшее исследование по изучению динамики живой массы в возрастном аспекте показало, что включение в рацион селенсодержащих кормовых добавок обеспечило молодняку опытных групп более интенсивный рост.

Следует отметить, что с 14-месячного возраста у подопытных бычков начали выявляться достоверные различия по живой массе в пользу III группы. В частности, по сравнению с животными в контроле (386,3 кг), у молодняка II группы было установлено преимущество по данному показателю на 4,3 кг (1,1 %) и III группы – на 14,1 кг (3,6 %; $P > 0,95$).

Результаты физиологических исследований показали, что скармливание молодняку селеносодержащих кормовых добавок положительно повлияло на переваримость рационов. Животные опытных групп лучше переваривали сухое и органическое вещество, сырой протеин, сырой жир, сырую клетчатку и БЭВ, чем контрольные аналоги.

При этом баланс азота в организме молодняка всех групп был положительным. По его отложению в теле бычки II и III групп превосходили I соответственно на 2,9 ($P>0,95$) и 6,5 г ($P>0,99$). По балансу и усвоению кальция, фосфора преимущество установлено у мясного скота опытных групп.

Данные определения показателей крови подопытных животных свидетельствовали о том, что они соответствовали физиологической норме.

По завершении научно-хозяйственного опыта, в возрасте 15 месяцев, бычки III опытной группы по живой массе имели преимущество по сравнению с контролем (413,4 кг), на 19,6 кг (4,7 %; $P>0,99$), со II опытной группой – 12,8 кг (3,0 %; $P=0,95$).

В исследовательских работах и практике животноводства большое значение имеет определение прижизненных показателей у откармливаемых животных, например среднесуточного прироста живой массы [7].

Так, за главный период опыта у молодняка I группы выявлен показатель среднего суточного прироста живой массы равным 926,0 г, а в опытных группах он был выше, соответственно, на 4,4 ($P>0,95$) и 14,2 % ($P>0,999$). По сравнению со II группой у животных III установлено преимущество по данному показателю – 9,3 % ($P>0,999$).

Научно-исследовательские работы, проводимые в направлении изучения повышения производства мяса, как правило, включают полученные результаты показателей мясной продуктивности животных [8, 18].

В результате исследований также было установлено, что включение в ОР испытуемых добавок положительно отразилось на мясной продуктивности животных опытных групп.

Полученные количественные показатели выполненного контрольного убоя подопытных бычков приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты количественных показателей по контрольному убоя молодняка мясного скота ($M\pm m$), кг ($n=3$)

Table 1 – The results of quantitative indicators control slaughter of young animals beef cattle ($M\pm m$), kg ($n=3$)

Группа / Group	Показатель / Indicator		
	предубойная живая масса / pre-slaughter live weight	масса парной туши / steam room mass carcasses	убойная масса / slaughter weight
I контрольная / I control	395,8 $\pm$ 4,10	220,4 $\pm$ 3,22	230,7 $\pm$ 3,45
II опытная / II experienced	403,1 $\pm$ 3,95	225,3 $\pm$ 3,57	237,9 $\pm$ 3,51
III опытная / III experienced	414,6 $\pm$ 4,27*	234,7 $\pm$ 3,61*	249,1 $\pm$ 3,59*

Примечание: * $P\geq 0,95$; ** $P\geq 0,99$; *** $P\geq 0,999$

Характеризуя предубойную живую массу подопытных бычков, следует отметить, что в сравнении с контролем, во II опытной группе она была больше на 7,3 кг и в III опытной группе – на 18,8 кг ($P>0,95$). Между опытными группами разница по ней составила 11,5 кг с преимуществом III группы.

По сравнению с I группой, у молодняка II и III групп получены парные туши тяжелее, соответственно, на 4,9 и 14,3 кг ($P>0,95$).

Следует отметить, что у животных II и III групп было установлено большее отложение внутреннего жира-сырца, соответственно, на 2,3 ($P>0,999$) и 4,1 кг ($P>0,999$), чем в контроле (10,3 кг).

В связи с вышеизложенным, убойная масса у бычков II и III групп была больше на 7,2 и 18,4 кг ($P>0,95$), чем в контроле.

При исследовании мясной продуктивности откармливаемых животных, наряду с количественными данными проведенного контрольного убоя, важное место и значительный интерес также занимают показатели их выхода в процентном отношении (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели выхода туши, внутреннего сала и убойного выхода у бычков с откорма ($M\pm m$), % ($n=3$)

Table 2 – Indicators of the output of carcasses, internal fat and slaughter output in bulls from fattening ($M\pm m$), % ($n=3$)

Группа / Group	Показатель / Indicator		
	выход парной туши / steam room exit carcasses	выход внутреннего жира-сырца / internal raw fat yield	убойный выход / lethal exit
I контрольная / I control	55,7 $\pm$ 0,25	2,6 $\pm$ 0,02	58,3 $\pm$ 0,30
II опытная / II experienced	55,9 $\pm$ 0,19	3,1 $\pm$ 0,02***	59,1 $\pm$ 0,24
III опытная / III experienced	56,6 $\pm$ 0,27	3,5 $\pm$ 0,01***	60,1 $\pm$ 0,33*

По сравнению с I группой, у молодняка II и III групп выход парной туши был выше, соответственно, на 0,2 и 0,9 %.

У бычков II и III групп выявлено преимущество по выходу внутреннего сала, соответственно, на 0,5 ($P>0,999$) и 0,9 % ($P>0,999$) в сравнении с контролем.

Убойный выход в опытных группах был с превышением, соответственно, на 0,8 и 1,8 % ($P>0,95$), чем в контроле.

Результаты дальнейшего исследования свидетельствовали о том, что молодняк I группы уступал II и III группам по массе мякоти на 4,2 (2,33 %) и 13,1 кг (7,28 %; $P>0,95$); индексу мясности – на 0,07 и 0,29.

Химический анализ средней пробы мякоти туш показал, что говядина, полученная от подопытных животных, была физиологически зрелой. Так, по содержанию в средней пробе мяса сухого вещества, в сравнении с контролем (31,42 %), бычки II и III опытных групп имели превосходство, соответственно, на 0,7 ($P>0,95$) и 1,82 % ($P>0,999$).

Полученные другие данные химического анализа средней пробы мякоти туш подопытного молодняка приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав средней пробы мяса бычков ($M\pm m$), % ($n=3$)

Table 3 – Chemical composition of the average sample of meat bulls ($M\pm m$), % ($n=3$)

Группа / Group	Показатель / Indicator		
	протеин / protein	жир / fat	зола / ash
I контрольная / I control	17,32 $\pm$ 0,11	13,16 $\pm$ 0,09	0,94 $\pm$ 0,01
II опытная / II experienced	17,81 $\pm$ 0,16	13,34 $\pm$ 0,15	0,97 $\pm$ 0,01
III опытная / III experienced	17,82 $\pm$ 0,14*	14,46 $\pm$ 0,01***	0,96 $\pm$ 0,01

В средней пробе мяса бычков II и III групп было выше содержание протеина, соответственно, на 0,49 и 0,50 % ($P=0,95$); жира - на 0,18 и 1,30 % ($P>0,999$), чем в контроле.

У молодняка II и III групп также выявлено преимущество по энергетической ценности 1 кг мякоти, по сравнению с контролем (8,10 МДж), составившее, соответственно, 0,15 (1,85 %) и 0,59 МДж (7,28 %).

Дальнейшее исследование показало, что в длиннейшем мускуле спины в опытных группах были выше содержание жира и энергетическая ценность.

Согласно данным биологической ценности длиннейшей мышцы спины, по содержанию триптофана молодняк I группы (387,64 мг %) уступал II группе на 1,20 % и III – на 2,55 %. Белковый качественный показатель во II и III группах был выше на 5,44 и 8,67 %.

По влагоудерживающей способности средней пробы мяса бычки I группы (58,26 %) уступали II группе на 0,67 % и III – на 0,50 %. Увариваемость мякоти в I группе была большей (35,19 %), чем во II группе, на 0,61 и III – на 0,60 %. Кулинарно-технологический показатель мякоти в контроле составил 1,66, во II группе – 1,71 и III – 1,70 ед.

Оценка экономической эффективности показала, что в опытных группах уровень рентабельности производства говядины был выше, соответственно, на 1,2 и 13,2 %, чем в контроле (27,3 %).

Обсуждение. Исследователи отмечают повышение продуктивных качеств сельскохозяйственных животных при использовании в рационах необходимых балансирующих кормовых средств [5, 6, 17]. В результате нашего исследования также установлено, что включение в состав ОР препарата ДАФС-25 вместе с кормовой добавкой – бенут обеспечило в возрасте 15 месяцев бычкам получение живой массы с преимуществом по сравнению с контролем на 19,6 кг (4,7 %) и с животными, получавшими в составе ОР препарат ДАФС-25, - на 12,8 кг (3,0 %).

При совершенствовании состава рационов животных проводятся исследования по изучению баланса азота в их организме [16], морфологических и биохимических показателей крови [15].

В нашем исследовании скармливание молодняку селенсодержащих добавок улучшило переваримость питательных веществ рационов и их усвоение. Баланс азота в организме бычков всех групп был положительным. Однако по его отложению в теле молодняк опытных групп превосходил контроль, соответственно, на 2,9 и 6,5 г. По балансу и использованию кальция, фосфора преимущество выявлено у мясного скота опытных групп. Показатели крови подопытных бычков соответствовали физиологической норме.

Данные контрольного убоя подопытных бычков показали, что в опытных группах были получены тяжелее парные туши при большей убойной массе; выше показатели выхода парной туши и внутреннего сала, убойного выхода, а также массы мякоти и индекса мясности, с лучшим результатом в III группе.

Средняя проба мяса животных опытных групп характеризовалась более высоким содержанием протеина и жира, чем в контроле. Молодняк в контроле также уступал по содержанию триптофана в длиннейшей мышце спины опытным группам. У животных опытных групп был выше кулинарно-технологический показатель средней пробы мяса.

Выполненные расчеты показали, что производство говядины с использованием в составе рационов бычков селенсодержащих кормовых добавок экономически выгодно.

Выводы. При производстве говядины целесообразно вводить в состав рационов селеноорганический препарат ДАФС-25 отдельно и вместе с селенсодержащей добавкой – бенут, что оказывает положительное влияние на динамику живой массы бычков на откорме и интенсивность их роста.

Включение в рационы испытуемых кормовых средств позволяет улучшить показатели мясной продуктивности подопытных животных и качество говядины при экономической целесообразности ее производства.

Библиографический список

1. Взаимосвязь интерьерных показателей ягнят разных генотипов с их продуктивностью / Х. Б. Баймишев [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. Вып. 2. С. 32-38.
2. Григорьев В. С., Молянова Г. В., Коханов А. П. Влияние коралловой воды на клеточный состав крови и массу тела телят молочного периода // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 226-237.

3. Дуборезов В. Адресные комбикорма для лактирующих коров // Комбикорма. 2020. № 6. С. 28-30.
4. Использование комбикормов и балансирующих добавок при кормлении высокопродуктивных коров Московской области / Р. В. Некрасов [и др.] // Зоотехния. 2017. № 4. С. 5-9.
5. Комлацкий Г. В., Величко В. А., Величко Л. Ф. Влияние кормового концентрата ФУРОР на интенсивность роста свиней // Труды Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина. 2019. № 80. С. 209-214.
6. Кормовые подкормки Reasil HumicVet и Reasil Humic Health на основе гуминовых кислот в рационе телят-молочников / А. И. Фролкин [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. Вып. 2. С. 64-70.
7. Кулик Д. К., Варакин А. Т., Харламова Е. А. Продуктивные показатели баранчиков при выращивании на мясо в условиях естественного пастбища // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 174-179.
8. Мясные качества свиней при использовании экстракта двенадцатиперстной кишки и пробиотиков / Е. И. Федюк [и др.] // Аграрный научный журнал. 2017. № 5. С. 54-58.
9. Некрасов Р. В., Чабаев М. Г., Зеленченкова А. А. Ферментные препараты для повышения уровня обмена веществ и продуктивности молодняка // Свиноводство. 2019. № 4. С. 39-40.
10. Особенности действия органических и неорганических источников микроэлементов в питании животных (обзор) / В. С. Крюков [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. 2020. № 3. С. 27-54.
11. Полозюк О. Н., Полозюк Е. С. Влияние пробиотиков на воспроизводительную функцию свиноматок // Аграрный научный журнал. 2020. № 7. С. 32-34.
12. Проблемы реализации потенциала продуктивности молочного скота / Р. В. Некрасов [и др.] // Зоотехния. 2017. № 3. С. 7-12.
13. Продуктивные качества дойных коров при оптимизации минеральной обеспеченности рационов / М. А. Степурина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 269-280.
14. Чабаев М. Г., Некрасов Р. В., Романов В. Н. Молочная продуктивность, обменные процессы и показатели воспроизводства у высокопродуктивных коров под влиянием защищенного L-карнитина // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 6. С. 1169-1179.
15. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet / A. T. Varakin [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 3837-3841.
16. Increasing levels of rapeseed expeller meal in diets for pigs: effects on protein and energy metabolism / M. P. de Nancraes [et. al.] // Animal. 2019. Vol. 13. No. 2. P. 273-282.
17. Perevozchikov A. L., Batanov S. D., Atnabaeva N. A. The use of vitamin-mineral preparation in the feeding of sows for reproduction level // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2017. Vol. 23. No. 2. P. 298-303.
18. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets / A. T. Varakin [et al.] // Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference. E3S Web of Conf. 22 December 2020. Vol. 222. P. 1-8. DOI <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202041>

Conclusions. In the production of beef it is advisable to introduce into the diet organic selenium preparation DAFS-25 separately and together with a selenium-containing additive - benut, what has a positive impact on the dynamics of live weight of fattening bulls and the intensity of their growth.

Inclusion in the diets of the tested feed products allows to improve the indicators of meat productivity of experimental animals and quality of beef with the economic feasibility of its production.

References

1. Interrelation of interior indicators of lambs of different genotypes with their productivity / Kh. B. Baimishev [et al.] // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2021. Iss. 2. P. 32-38.
2. Grigoriev V. S., Molyanova G. V., Kokhanov A. P. Influence of coral water on the cellular composition of the blood and body weight of milk-producing calves // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. № 4 (60). P. 226-237.
3. Duborezov V. Targeted feed for lactating cows // Compound feed. 2020. No. 6. P. 28-30.
4. Use of compound feed and balancing additives when feeding highly productive cows in the Moscow region / R. V. Nekrasov [et al.] // Animal science. 2017. No. 4. P. 5-9.
5. Komlatsky G. V., Velichko V. A., Velichko L. F. Influence of FUROR feed concentrate on the growth rate of pigs // Proceedings of the Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin. 2019. No. 80. P. 209-214.
6. Reasil HumicVet and Reasil Humic Health feed supplements based on humic acids in the diet of dairy calves / A. I. Frolkin [et al.] // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2021. Iss. 2. P. 64-70.
7. Kulik D. K., Varakin A. T., Kharlamova E. A. Productive indicators of rams when grown for meat in natural pasture conditions // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2017. No. 3 (47). P. 174-179.
8. Meat quality of pigs using duodenum extract and probiotics / E. I. Fedjuk [et al.] // Agrarian scientific journal. 2017. No. 5. P. 54-58.
9. Nekrasov R. V., Chabaev M. G., Zelenchenkova A. A. Enzyme preparations to increase the level of metabolism and productivity of young animals // Pig breeding. 2019. No. 4. P. 39-40.
10. Features of the action of organic and inorganic sources of trace elements in animal nutrition (review) / V. S. Kryukov [et al.] // Problems of the biology of productive animals. 2020. No. 3. P. 27-54.
11. Polozyuk O. N., Polozyuk E. S. Influence of probiotics on the reproductive function of sows // Agrarian scientific journal. 2020. No. 7. P. 32-34.
12. Problems of realizing the productivity potential of dairy cattle / R. V. Nekrasov [et al.] // Animal science. 2017. No. 3. P. 7-12.
13. Productive qualities of dairy cows while optimizing the mineral supply of rations / M. A. Stepurina [et al.] // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. 4 (60). P. 269-280.
14. Chabaev M. G., Nekrasov R. V., Romanov V. N. Milk productivity, metabolic processes and reproduction rates in highly productive cows under the influence of protected L-carnitine // Agricultural biology. 2018. Vol. 53. No. 6. P. 1169-1179.
15. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet / A. T. Varakin [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 3837-3841.
16. Increasing levels of rapeseed expeller meal in diets for pigs: effects on protein and energy metabolism / M. P. de Nancrales [et al.] // Animal. 2019. Vol. 13. No. 2. P. 273-282.
17. Perevozchikov A. L., Batanov S. D., Atnabaeva N. A. The use of vitamin-mineral preparation in the feeding of sows for reproduction level // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2017. Vol. 23. No. 2. P. 298-303.
18. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets / A. T. Varakin [et al.] // Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference. E3S Web of Conf. 22 December 2020. Vol. 222. P. 1-8. DOI <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202041>

Author's Information

Varakin Aleksandr Tikhonovich, Professor of the Department «Private Animal Science» of Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26); Doctor of Agricultural Sciences, Professor; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0375-7108>; E-mail: varakinat58@mail.ru

Salomatin Viktor Vasilievich, Professor of the Department «Private Animal Science» of Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26); Doctor of Agricultural Sciences, Professor; E-mail: zootexnia@mail.ru

Kulik Dmitry Konstantinovich, senior researcher of the department of intensive cultivation technologies of All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (Russia, 400002, Volgograd, ul. Timiryazev, 9); Candidate of Agricultural Sciences; E-mail: galstuk107@yandex.ru

Kornilova Valentina Anatolievna, Professor of the Department «Breeding and feeding of farm animals» of Samara State Agrarian University (Russia, 446442, Samara region, urban settlement Ust-Kinelsky, st. Educational, 2); Doctor of Agricultural Sciences, Associate professor; E-mail: kornilova_va@mail.ru

Khazykov Valery Alexandrovich, Chairman of the SPC «Tundutovo» (Russia, 359420, Republic of Kalmykia, Maloderbetovskiy district, the village of Tundutovo).

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (9 Timiryazev Street, Volgograd, 400002, Russian Federation). E-mail: esvoronts@mail.ru

Информация об авторах

Варакин Александр Тихонович, профессор кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); доктор сельскохозяйственных наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0375-7108>; Email: varakinat58@mail.ru

Саломатин Виктор Васильевич, профессор кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); доктор сельскохозяйственных наук, профессор; E-mail: zootexnia@mail.ru

Кулик Дмитрий Константинович, старший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия (Россия, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9); кандидат сельскохозяйственных наук; E-mail: galstuk107@yandex.ru

Корнилова Валентина Анатольевна, профессор кафедры «Разведение и кормление сельскохозяйственных животных» Самарского государственного аграрного университета (Россия, 446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, д. 2); доктор сельскохозяйственных наук, доцент; E-mail: kornilova_va@mail.ru

Хазыков Валерий Александрович, председатель СПК «Тундутово» (Россия, 359420, Республика Калмыкия, Малодербетовский район, село Тундутово).

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9). E-mail: esvoronts@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-30

INFLUENCE OF A NATURAL METAMODULATOR ON BIOCHEMICAL INDICATORS AND PRODUCTIVITY OF DAIRY COWS IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH OF RUSSIA

E.N. Rud, V.A. Grin, E.V. Kuzminova, M.P. Semenenko

«Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine», Krasnodar

Received 05.07.2021

Submitted 30.08.2021

The reported study was funded by RFBR according to the research project № 20-316-90009

Summary

The article presents the results of studying the influence of betaine on the biochemical parameters and productivity of dairy cows under the heat stress. As a result of the studies, it was found that daily use of betaine hydrochloride in cows during heat stress in a dose of 25 g per head provides an increase in milk yield, as well as in the content of fat and protein in milk, while reducing the number of somatic cells. The use of betaine had an optimizing effect on the protein, carbohydrate-fat, and mineral metabolism of lactating cows, as well as the state of their liver.

Abstract

Introduction. Global climate change and its impact on the environment is one of the leading problems of the 21st century. In the zone of the South of Russia, the air temperature in summer can reach + 45 °C (the optimal air temperature for cows is considered to be 10±2 °C), therefore, with such extreme

influences, it is of decisive importance to develop approaches to reduce the negative consequences of heat stress through the use of drugs in the diets of cows and feed additives that provide homeostasis of the body during seasonal hyperthermia. **Object.** Betaine hydrochloride 95% is a white or cream powder with a specific odor. **Materials and methods.** To conduct the research in early May, when the ambient temperature values are most comfortable for cattle, two groups of cows 10 heads each were formed according to the principle of paired analogs. Animals were selected for the experiment, ranked according to physiological state (2-3 months of lactation), results of clinical examination and biochemical blood profile. The first group of cows was an intact control; the animals of the second experimental group were orally administered betaine hydrochloride at a dose of 25 g per head daily for 21 days of July. **Results and conclusions.** When calculating the indicators of the temperature-humidity index, it was determined that in the summer period in the Krasnodar region cattle are constantly under conditions of heat stress with a predominance of moderate heat stress. As a result of the studies carried out, cows receiving betaine showed higher milk productivity (on average by 4.5%) compared to control analogues. Peak values were reached on the 7th day from the start of the additive application, a persistent increase was recorded on the 17th day, which indicates the cumulative effect of betaine in the body of dairy cattle. Betaine influenced the chemical composition of milk, causing a higher content of milk fat by 0.16% and protein – by 0.08%, with a decrease in the number of somatic cells in milk by 14%, relative to intact cows. The use of betaine had an optimizing effect on the protein, carbohydrate-fat, mineral metabolism of lactating cows, as well as on the state of their liver.

Key words: *heat stress, cows, pharmacological correction, betaine hydrochloride, milk productivity, blood biochemistry*

Citation. Rud E. N., Grin V. A., Kuzminova E. V., Semenenko M. P. Influence of a natural metamodulator on biochemical indicators and productivity of dairy cows in the conditions of the South of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 291-300 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-30.

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 636.2.034:619:615.4

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОГО МЕТАМОДУЛЯТОРА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ МОЛОЧНЫХ КОРОВ В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ

Е. Н. Рудь, аспирант

В. А. Гринь, кандидат ветеринарных наук

Е. В. Кузьминова, доктор ветеринарных наук, доцент

М. П. Семененко, доктор ветеринарных наук, доцент

ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии»

Дата поступления в редакцию 05.07.2021

Дата принятия к печати 30.08.2021

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 20-316-90009**

Актуальность. Глобальное изменение климата и его влияние на окружающую среду является одной из ведущих проблем XXI века. В зоне Юга России температура воздуха летом может достигать +45 °С (оптимальной температурой воздуха для коров считается 10±2 °С), поэтому при таких экстремальных воздействиях решающее значение имеет разработка подходов к уменьшению негативных последствий теплового стресса за счет применения в рационах коров лекарственных препаратов и кормовых добавок, обеспечивающих гомеостаз организма при сезонной гипертермии. **Объект.** Бетаина гидрохлорид 95 %, по внешнему виду представляет со-

бой порошок белого или кремового цвета со специфическим запахом. **Материалы и методы.** Для проведения исследований в начале мая, когда значения температуры окружающей среды наиболее комфортны для крупного рогатого скота, по принципу парных аналогов были сформированы две группы коров по 10 голов в каждой. В опыт отбирались животные, ранжированные по физиологическому состоянию (2-3 месяц лактации), результатам клинического обследования и биохимическому профилю крови. Первая группа коров – интактный контроль, животным второй опытной группы в июле ежедневно в течение 21 дня перорально применялся бетаин гидрохлорид в дозе 25 г на голову. **Результаты и выводы.** При расчёте показателей температурно-влажностного индекса установлено, что в летний период в Краснодарском крае крупный рогатый скот постоянно находится в условиях теплового стресса – с преобладанием умеренного теплового стресса. В результате проведенных исследований у коров, получающих бетаин, зарегистрирована более высокая молочная продуктивность (в среднем на 4,5 %) относительно контрольных аналогов. Пиковые значения были достигнуты на 7 день от начала применения добавки, стойкое увеличение зарегистрировано на 17 сутки, что свидетельствует о накопительном эффекте бетаина в организме молочного скота. Бетаин влиял на химический состав молока, обуславливая более высокое содержание молочного жира – на 0,16 % и белка – на 0,08 %, при снижении количества соматических клеток в молоке – на 14 %, относительно интактных коров. Применение бетаина оказало оптимизирующее влияние на белковый, углеводно-жировой, минеральный обмены лактирующих коров, а также состояние их печени.

Ключевые слова: продуктивность молочных коров, метамодуляторы, природные метамодуляторы, бетаин.

Цитирование. Рудь Е. Н., Гринь В. А., Кузьминова Е. В., Семененко М. П. Влияние природного метамодулятора на биохимические показатели и продуктивность молочных коров в условиях Юга России. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 291-300. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-30.

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. Глобальное изменение климата и его влияние на окружающую среду является одной из ведущих проблем XXI века. Согласно климатическим моделям, в период с 1990 по 2100 год прогнозируется глобальное потепление, приблизительно на 1,4-5,8 °С. На территории России ожидается увеличение особо жарких дней и продолжительности таких периодов с возрастанием частоты засух. Наряду с потеплением, отмечается сдвиг среднегодового климата в сторону более влажных условий [6, 12].

Ведущей причиной экономических потерь в животноводстве в условиях повышенных температур окружающей среды служит снижение адаптивных способностей организма в поддержании температурного баланса тела и толерантности к тепловому стрессу, чему способствует селекция животных на высокую продуктивность. Особенно это относится к молочным коровам, у которых из-за интенсивного обмена веществ при тепловом стрессе значительно снижается молочная продуктивность, их способность к воспроизводству, а в исключительных случаях происходит гибель животных [2, 7, 8, 10].

В зоне Юга России температура воздуха летом может достигать +45 °С (оптимальной температурой воздуха для коров считается 10±2 °С), и при таких экстремальных воздействиях решающее значение имеет разработка подходов к уменьшению негативных последствий теплового стресса за счет применения в рационах коров лекарственных препаратов и кормовых добавок, обеспечивающих гомеостаз организма при сезонной гипертермии [1, 5].

Среди перспективных компонентов для разработки средств фармакокоррекции в условиях воздействия на животных высоких температур окружающей среды особая роль может быть отведена производным аминокислот, к которым относятся бетаины.

Термин «бетаины» произошел от латинского названия сахарной свеклы (*Beta vulgaris* L.), в которой содержится простейший представитель этого ряда – перметилированный глицин. Интерес ученых к этим веществам обусловлен тем, что бетаины являются биологически активными цвитерионными соединениями, обладающими широким спектром фармакологических свойств [3, 14].

Применительно к тепловому стрессу важно, что бетаин имеет осмопротекторные свойства, выражающиеся в понижении потребностей организма во внутриклеточной воде, и это способствует снижению затрат энергии при поддержании осмотического баланса. Липотропные свойства бетаина обуславливают процесс нейтрализации молочной кислоты, тем самым уменьшая уровень эндотоксикоза организма в условиях стресса. В последнее время в медицине бетаин наиболее часто используется в качестве гепатопротекторного и метаболического средств [4, 9, 11, 13].

В связи с этим целью настоящего исследования явилось изучение влияния бетаина на биохимические показатели и продуктивность молочных коров при тепловом стрессе.

Объект исследования – бетаина гидрохлорид 95 % (производство «Sunwin Biotech Shandong Co., LTD», Китай). По внешнему виду представляет собой порошок белого или кремового цвета со специфическим запахом.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2020 году в животноводческом хозяйстве Краснодарского края на коровах голштинской породы. Период по изучению эффективности бетаина при тепловом стрессе коров определялся на основании показателей температурно-влажностного индекса (ТВИ), который рассчитывали по общепринятому методу Н.Н. Kibler (1964). Степень проявления теплового стресса у коров оценивали исходя из градации, когда: ТВИ > 68 – легкий тепловой стресс; ТВИ > 72 – умеренный тепловой стресс; ТВИ > 80 – сильный тепловой стресс.

Для проведения исследований в начале мая, когда значения температуры окружающей среды наиболее комфортны для крупного рогатого скота, по принципу парных аналогов были сформированы две группы коров по 10 голов в каждой. В опыт отбирали животных, ранжированных по физиологическому состоянию (2-3 месяц лактации), результатам клинического обследования и биохимическому профилю крови.

Первая группа была контрольной и состояла из интактного поголовья, во второй опытной группе коровам ежедневно в течение 21 дня июля перорально применялся бетаина гидрохлорид в дозе 25 г на голову.

Для исследований пробы крови и молока отбирали у всех коров в начале мая и в конце июля. Лабораторные исследования крови проводили на автоматизированном биохимическом анализаторе «Vitalab Selectra Junior», уровень белковых фракций определяли нефелометрически, каротина – по Бессею, в модификации Анисовой, микроэлементный состав крови – методом **атомно-абсорбционной спектроскопии** на приборе «Квант-2». Для оценки качества отбиралась средняя проба из суточного молока от коров за три смежных дня, в которых определялась массовая доля жира и белка на приборе «Лактан», лактозу – на анализаторе «АКМ-98».

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Statistica v. 10. Достоверность различий между группами определяли с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. При расчёте показателей температурно-влажностного индекса, проведенного на основе данных среднесуточной температуры и влажности окружающей среды весенне-летнего периода за 2018, 2019 и 2020 годы

установлено, что в летний период в Краснодарском крае крупный рогатый скот постоянно находится в условиях теплового стресса – с преобладанием умеренного теплового стресса. При этом наиболее высокий температурно-влажностный индекс зарегистрирован в июле, когда средний показатель ТВИ за месяц по 2018, 2019 и 2020 гг. был выше 72, а в ряде случаев – больше 80, что свидетельствует о воздействии теплового стресса (от умеренного до сильного) на животных в этот период.

При изучении эффективности бетаина гидрохлорида при тепловом стрессе было зарегистрировано, что при его применении клинический статус коров опытной группы свидетельствовал об их большей устойчивости к высоким температурам июля, относительно контрольных аналогов: животные были более активны; имели температуру тела в среднем на 0,5-0,7 °С ниже; более ровное дыхание.

Коровы контрольной группы потребляли в среднем на 20 % больше воды, чем животные, получающие бетаин.

При анализе показателей удоя выявлено увеличение молочной продуктивности у коров, получающих бетаин: пиковые значения были достигнуты на 7 день от начала применения добавки; стойкое увеличение зарегистрировано на 17 сутки, что свидетельствует о накопительном эффекте бетаина в организме молочного скота.

После прекращения ввода бетаина регистрацию суточного удоя продолжали еще в течение двух недель. В итоге продуктивность в опытной группе в среднем была на 4,5 % выше, чем у контрольных аналогов, что в натуральном выражении составило примерно 1 кг молока на голову в сутки.

Если в сравнительном аспекте рассматривать данные по качественным признакам молока, то при его органолептической оценке разницы как между группами, так и в результате воздействия теплового стресса, выявлено не было. Молоко было белого цвета с желтоватым оттенком, однородной консистенции, без посторонних включений, с запахом, свойственным натуральному свежему молоку, сладковатое на вкус.

В химическом составе молока у коров при тепловом стрессе происходит снижение его жирности и белковости (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние бетаина на качественные показатели молока коров при тепловом стрессе ($M \pm m$; $n=10$)

Table 1 – Influence of betaine on the quality parameters of cows' milk under the heat stress ($M \pm m$; $n = 10$)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	1 – контрольная / 1 – control		2 – опытная / 2 – experimental	
	начало опыта / beginning of ex- periment	конец опыта / end of experiment	начало опыта / beginning of experiment	конец опыта / end of experiment
Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	3,58±0,01	3,16±0,02	3,56±0,03	3,32±0,01
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	3,29±0,06	3,21±0,04	3,31±0,02	3,29±0,03
Массовая доля лактозы, % / Mass fraction of lactose, %	4,85±0,07	4,78±0,11	4,79±0,06	4,93±0,04
Количество соматических клеток, тыс./мл / Number of somatic cells, thousand / ml	148,9±11,5	189,4±10,3	151,4±9,6	163,5±7,6*

Примечание: различия достоверны * $p \leq 0,05$ по отношению к контролю

Так, разница в конце опыта относительно фоновых данных в абсолютных значениях составила: в 1 группе по жиру – 0,42 % и по белку – 0,08 %; во 2 группе по жиру – 0,24 % и по белку – 0,02 %. В относительных значениях разница между группами составила по жиру – 5,1 % и по белку – 2,3 %.

При развитии теплового стресса у интактных коров уровень лактозы в молоке имел тенденцию к снижению – в абсолютных значениях на 0,07 %. Следовательно, тепловой стресс влияет на уровень лактозы в молоке коров значительно меньше, чем на содержание белка и жира. Применение бетаина способствовало повышению лактозы в молоке – на 0,17 % (абсолютное значение) и на 2,84 % (относительное значение).

Проведенными исследованиями установлено, что вместе с повышением ТВИ увеличивалось и количество соматических клеток в молоке – на 40,5 тыс./мл (контрольная) и на 12,1 тыс./мл (опытная). При расчете разница составила 21,4 % и 7,4 % соответственно по группам. Следовательно, применение бетаина обуславливало более низкий уровень соматических клеток в молоке – с разницей 14 % относительно контрольных аналогов.

Результаты фоновых биохимических исследований сыворотки крови коров представлены в таблице 2 в виде сводных данных по всем группам, поскольку по этим параметрам также происходила выборка животных, что позволило сделать средние межгрупповые различия не выше 5 %. Все коровы на начало эксперимента были здоровыми и их биохимические показатели находились в пределах референсных значений.

Таблица 2 – Влияние бетаина на биохимические показатели крови коров при тепловом стрессе ($M \pm m$; $n=10$)

Table 2 – Influence of betaine on the biochemical parameters of the blood of cows under the heat stress ($M \pm m$; $n=10$)

Показатель / Indicator	Фоновые / Background	Группа / Group	
		1 – контроль / 1 – control	2 – опытная / 2 – experimental
Белок общий, г/л / Total protein, g / l	83,7 $\pm$ 2,23	86,1 $\pm$ 1,35	88,9 $\pm$ 2,47
Альбумины, % / Albumins, %	41,7 $\pm$ 1,68	45,2 $\pm$ 0,93*	46,3 $\pm$ 0,85*
α -глобулины, % / α -globulins, %	12,9 $\pm$ 0,24	13,1 $\pm$ 0,20	11,2 $\pm$ 0,09
β -глобулины, % / β -globulins, %	9,6 $\pm$ 0,42	6,8 $\pm$ 0,18	9,8 $\pm$ 0,27
γ -глобулины, % / γ -globulins, %	35,8 $\pm$ 2,41	34,9 $\pm$ 3,09	32,7 $\pm$ 1,96
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol / l	4,88 $\pm$ 0,09	4,17 $\pm$ 0,11**	4,56 $\pm$ 0,16*
Креатинин, ммоль/л / Creatinine, mmol / l	87,5 $\pm$ 3,02	92,6 $\pm$ 3,28	95,4 $\pm$ 2,21
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol / l	2,41 $\pm$ 0,05	2,27 $\pm$ 0,08	2,36 $\pm$ 0,04
Общий билирубин, мкмоль/л / Total bilirubin, μ mol / l	6,15 $\pm$ 0,18	7,19 $\pm$ 0,11**	6,51 $\pm$ 0,13*
АсАт, Ед/л / AST, U / l	83,5 $\pm$ 3,43	84,7 $\pm$ 6,98	82,5 $\pm$ 4,55
АлАт, Ед/л / ALT, U / l	29,8 $\pm$ 1,86	34,7 $\pm$ 1,52*	32,1 $\pm$ 2,84
ЩФ, Ед/л / ALP, U / l	127,7 $\pm$ 3,79	148,0 $\pm$ 2,98*	139,2 $\pm$ 1,53*
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides, mmol / l	0,33 $\pm$ 0,05	0,27 $\pm$ 0,01**	0,29 $\pm$ 0,04*
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol / l	6,14 $\pm$ 0,29	5,96 $\pm$ 0,15	6,03 $\pm$ 0,11
Магний, ммоль/л / Magnesium, mmol / l	1,23 $\pm$ 0,02	1,06 $\pm$ 0,08**	1,14 $\pm$ 0,03
Хлориды, ммоль/л / Chlorides, mmol / l	98,5 $\pm$ 0,55	93,7 $\pm$ 0,92	95,2 $\pm$ 0,39
Кальций общий, ммоль/л / Total calcium, mmol / l	2,48 $\pm$ 0,05	2,39 $\pm$ 0,06	2,46 $\pm$ 0,09
Фосфор неорг., ммоль/л / Phosphorus inorganic, mmol / l	1,53 $\pm$ 0,09	1,62 $\pm$ 0,04	1,59 $\pm$ 0,03

Примечание: различия достоверны * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$ по отношению к фоновым данным

Установлено, что тепловой стресс оказал влияние на биохимический профиль крови коров. Так, в сыворотке крови количество общего белка увеличивалось за счет повышения содержания альбуминов, уровни которых на конец опыта превосходили исходные показатели – в контрольной группе на 2,8 % и 7,7 %, в опытной группе – на 5,8 % и 9,9 %. При этом концентрация глобулиновых фракций в крови существенно не изменялась. Скорее всего, повышению протеинового спектра крови способствовала общая дегидратация организма коров в условиях гипертермии, приводящая к сгущению крови и концентрированию плазмы, с увеличением в ней уровня общего белка и альбуминов. Также возможно, что в процессе адаптации животных к высокой температуре увеличение содержания общего белка в плазме опосредуется кортикостероном, который регулирует физико-химические механизмы поддержания объема крови при дегидратации за счет осмотического давления. Применение бетаина обуславливало активацию в пределах нормы протеинового метаболизма организма коров.

При перегревании организма нарушается мочевинообразующая функция печени, и наши исследования согласуются с этими данными, поскольку содержание мочевины в сыворотке крови коров снизилось в 1 группе на 17,1 % ($p \leq 0,01$) от фоновых показателей, а во второй – на 7,1 % (разница между группами составила 10 %).

В содержании креатинина при тепловом стрессе выявлено увеличение показателя, с разницей к концу опыта на 5,6 % (1 группа) и на 8,3 % (2 группа) относительно фоновых данных. Креатинин – продукт обмена белков, в синтезе которого принимают участие аминокислоты метионин, глицин и аргинин. Поскольку концентрация креатинина в крови коров опытной группы была выше, чем у контрольных аналогов, то этот результат можно рассматривать в аспекте положительного влияния бетаина на метаболизм аминокислот.

У всех животных отмечена тенденция к снижению концентрации глюкозы в сыворотке крови при воздействии теплового стресса с наиболее выраженными изменениями в 1 группе при разнице к фоновым данным на 6,1 %. Между кортизолом и глюкозой имеется обратная зависимость, что может приводить к истощению запасов глюкозы и гликогена в печени, а также снижению функций инсулярного аппарата организма животных. Применение бетаина оптимизировало углеводный обмен в организме коров при разнице в концентрации глюкозы с исходными данными на 2,1 % (разница между группами составила 4 %).

В сыворотке крови коров в летний период установлена более высокая активность аминотрансфераз относительно весеннего периода. Причем активность АЛАТ у контрольных животных приближалась к верхним значениям референсных показателей и составила $34,7 \pm 1,52$ Ед/л (на 14,1 % больше от исходных данных, при $p \leq 0,05$). У коров, получавших бетаин, этот показатель был ниже и составлял $32,1 \pm 2,84$ Ед/л (разница с началом опыта составила 7,2 %). Концентрация АсАТ у коров в обеих группах в течение всего периода исследований значимо не изменилась.

Выявлена статистическая закономерность увеличения активности ЩФ у всех животных, составившая в 1 группе 13,7 % и во 2 группе 8,3 %. Увеличение активности ЩФ может быть обусловлено не только влиянием теплового стресса, но и повышенной активностью, как плацентарной (маркер нормального функционирования фетоплацентарной системы), так и костной изоформами (созревание матрикса и минерализация костей плода). Поскольку у всех коров, отобранных в опыт, происходило увеличение срока стельности, гиперферментемия в этом случае носила физиолого-приспособительный характер, обусловленный, в основном изменениями, происходящими в организме беременного животного.

При изучении содержания триглицеридов в сыворотке крови коров выявлено, что в начале опыта их уровень регистрировался на нижней границе нормы. При развитии теплового стресса у интактных коров произошло снижение этого показателя на 22,2 % ($p \leq 0,01$), а у получавших бетаин – на 13,8 % ($p \leq 0,05$). Соответственно разница между группами составила 8,4 %.

Обращает на себя внимание повышенное значение общего билирубина в сыворотке крови коров в летний период даже у здорового поголовья с разницей к фоновым показателям в 1 группе на 14,5 % ($p \leq 0,01$) и во 2 группе – на 5,5 % ($p \leq 0,05$), что свидетельствует о напряженном функционировании печени и затрудненном оттоке желчи у коров. Различие в 9 % между группами подтверждает данные о гепатопротекторных свойствах бетаина, что позволило оптимизировать пигментообразовательную функцию печени у опытных коров.

В условиях повышенной температуры воздуха в организме животных увеличивается скорость метаболических реакций, происходит потеря электролитов с потом, что является одним из факторов развития ассоциированных с жарой осложнений. Эта концепция нашла подтверждение в проведенном нами эксперименте, поскольку при фоновых исследованиях концентрация магния регистрировалась в пределах значений нормы, а по окончании опыта произошло достоверное ($p \leq 0,01$) снижение показателя в контрольной группе на 16,1 %, а в опытной – на 7,9 %. Концентрация хлоридов во время теплового стресса также была ниже по сравнению с весенним периодом – в 1 группе на 5,1 % и во 2 группе – на 3,5 %.

Выводы. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что в летний период в условиях Южного региона России крупный рогатый скот постоянно находится в условиях теплового стресса, с преобладанием по степени тяжести умеренного теплового стресса. Применение коровам бетаина гидрохлорида 95 % в течение 3 недель в дозе 25 г на голову при тепловом стрессе обеспечило повышение молочной продуктивности коров, содержания молочного жира и белка при снижении количества соматических клеток в молоке. Бетаин оказал оптимизирующее влияние на белковый, углеводно-жировой, минеральный обмены лактирующих коров, а также состояние их печени.

Своевременные и адекватные меры по профилактике теплового стресса за счет применения веществ метамодулирующего действия помогут нивелировать его негативные последствия для организма коров и связанные с ним убытки для животноводческого хозяйства.

Библиографический список

1. Головань В. Т., Юрин Д. А., Кучерявенко А. В. Определение индивидуальной резистентности животных к высокой солнечной активности // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 1. С. 53-56.
2. Гормональный статус коров при тепловом стрессе на фоне применения фитопрепаратов / А. С. Зенкин, А. И. Свитин, Н. Ю. Калязина [и др.] // Иппология и ветеринария. 2019. № 4 (34). С. 74-79.
3. Кайшева Н. Ш. Разработка бетаина гидрохлорида как фармацевтической субстанции для производства лекарственного препарата – аналога ацидина // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2019. Т. 22. № 12. С. 34-37.
4. Коцаев А. Г., Патиева Т. П., Неверова О. П. Влияние бетаина на продуктивно-технологические показатели птицы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 84. С. 242-246.
5. Кузьминова Е. В. Проблема теплового стресса в молочном животноводстве // Ветеринария Кубани. 2020. № 3. С. 10-11.
6. Папцов А. Г., Шеламова Н. А. Направления и меры адаптации сельского хозяйства государств-членов ЕАЭС к глобальным климатическим изменениям // Экономика сельского хозяйства России. 2017. № 7. С. 90-97.
7. Полховская Н. Тепловой стресс: влияние на продуктивность коров // Комбикорма. 2016. № 6. С. 52-55.

8. Тепловой стресс у лактирующих молочных коров и способы его профилактики / Ю. Фомичев, Н. Сулима, Е. Сидоров, О. Бардин // Молочное и мясное скотоводство. 2013. № 2. С. 30-32.
9. Baumgard L. H., Rhoads R.P. The effects of hyperthermia on nutrient partitioning // Ruminant nutrition symposium. Ithaca: NY, 2017. P. 1855-1865.
10. Cook N. B. The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows // J. Dairy Sci. 2017. P. 1674-1682.
11. Ratriyanto A., Mosenthin R. Osmoregulatory function of betaine in alleviating heat stress in poultry // J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 2018. № 102 (6). P.1634-1650.
12. Rossati A. Global Warming and Its Health Impact // Occup Environ Med. 2017 № 8 (1). P. 7-20.
13. Saeed M. Reconsidering betaine as a natural anti-heat stress agent in poultry industry: a review // Trop Anim Health Prod. 2017. № 49 (7). P. 1329-1338.
14. Zhao G. Betaine in Inflammation: Mechanistic Aspects and Applications // Immunol. 2018. № 24 (9). P. 1070.

Conclusions. The obtained data indicate that in the summer period in the conditions of the Southern region of Russia, cattle are constantly under heat stress, with a predominance of the moderate heat stress. The use of 95% betaine hydrochloride to cows for 3 weeks at a dose of 25 grams per head under heat stress provided an increase in the dairy productivity of cows, the content of milk fat and protein while reducing the number of somatic cells in milk. Betaine had an optimizing effect on the protein, carbohydrate, fat, and mineral metabolism of lactating cows, as well as the state of their liver.

Timely and adequate measures to prevent heat stress through the use of meta-modulating substances will help to neutralize its negative consequences for the body of cows and the associated losses for livestock farming.

References

1. Golovan V. T., Yurin D. A., Kucheryavenko A. V. Determination of individual resistance of animals to high solar activity / V.T. Golovan, // Russian Agricultural Science. 2018. № 1. P. 53-56.
2. Hormonal status of cows under heat stress against the background of the use of phytopreparations / A. S. Zenkin, A. I. Svitin, N. Yu. Kalyazina [et al.] // Hippology and veterinary medicine. 2019. № 4 (34). P. 74-79.
3. Kaisheva N. Sh. Development of betaine hydrochloride as a pharmaceutical substance for the production of a drug analog of acidin // Questions of biological, medical and pharmaceutical chemistry. 2019. Vol. 22. № 12. P. 34-37.
4. Koshaev A. G., Patieva T. P., Neverova O. P. Influence of betaine on the productive and technological indicators of poultry // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2020. № 84. P. 242-246.
5. Kuzminova E. V. The problem of heat stress in dairy farming // Veterinary Medicine of Kuban. 2020. № 3. P. 10-11.
6. Paptsov A. G., Shelamova N. A. Directions and measures of agriculture adaptation of member states of EEU to global climatic changes // The economy of agriculture in Russia. 2017. №. 7. P. 90-97.
7. Polkhovskaya N. Heat stress: influence on the productivity of cows // Compound feed. 2016. № 6. P. 52-55.
8. Heat stress in lactating dairy cows and methods of its prevention / Yu. Fomichev, N. Sulima, E. Sidorov, O. Bardin // Dairy and meat cattle breeding. 2013. № 2. P. 30-32.
9. Baumgard L. H., Rhoads R.P. The effects of hyperthermia on nutrient partitioning // Ruminant nutrition symposium. Ithaca: NY, 2017. P. 1855-1865.
10. Cook N. B. The effect of heat stress and lameness on time budgets of lactating dairy cows // J. Dairy Sci. 2017. P. 1674-1682.
11. Ratriyanto A., Mosenthin R. Osmoregulatory function of betaine in alleviating heat stress in poultry // J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 2018. № 102 (6). P.1634-1650.
12. Rossati A. Global Warming and Its Health Impact // Occup Environ Med. 2017 № 8 (1). P. 7-20.

13. Saeed M. Reconsidering betaine as a natural anti-heat stress agent in poultry industry: a review // Trop Anim Health Prod. 2017. № 49 (7). P. 1329-1338.

14. Zhao G. Betaine in Inflammation: Mechanistic Aspects and Applications // Immunol. 2018. № 24 (9). P. 1070.

Authors Information

Rud Ekaterina Nikolaevna, PhD student of the Department of Pharmacology of the Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine (1-ya Liniya st., Krasnodar, 350004)

ORCID: 0000-0002-1160-4411, E-mail: rudkaterina@bk.ru.

Grin Vladimir Anatolevich, leading scientific researcher of the Department of Pharmacology of the Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine (1-ya Liniya st., Krasnodar, 350004), PhD in Veterinary Sciences

ORCID: 0000-0002-7171-4073; E-mail: grin@krasnodarvet.ru.

Kuzminova Elena Vasilevna, chief researcher of the Department of Pharmacology of the Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine (1-ya Liniya st., Krasnodar, 350004), Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor

ORCID: 0000-0003-4744-0823, E-mail: niva1430@mail.ru.

Semenenko Marina Petrovna, Head of the Department of Pharmacology of the Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine (1-ya Liniya st., Krasnodar, 350004), Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor

ORCID: 0000-0001-8266-5900, E-mail: sever291@mail.ru.

Информация об авторах:

Рудь Екатерина Николаевна, аспирант отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия).

ORCID: 0000-0002-1160-4411; E-mail: rudkaterina@bk.ru.

Гринь Владимир Анатольевич, ведущий научный сотрудник отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия), кандидат ветеринарных наук.

ORCID: 0000-0002-7171-4073; E-mail: grin@krasnodarvet.ru.

Кузьминова Елена Васильевна, главный научный сотрудник отдела фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия, 1), доктор ветеринарных наук, доцент.

ORCID: 0000-0003-4744-0823, E-mail: niva1430@mail.ru.

Семененко Марина Петровна, заведующая отделом фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия, 1), доктор ветеринарных наук, доцент,

ORCID: 0000-0001-8266-5900, E-mail: sever291@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-31

ECONOMIC EFFICIENCY OF TREATMENT OF HONEY BEES AGAINST VARROATOSIS IN THE CONDUCT OF ORGANIC LIVESTOCK

**V. A. Chuchunov, E. B. Radzievsky, V. A. Zlepkin,
T. V. Konobley, Yu. V. Radzievskaya**

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 20.01.2021

Submitted 19.08.2021

Summary

The article presents the results of economic efficiency of medical and preventive measures in the treatment of varroatosis in honeybees, through the use of formic acid as an acaricide. The development trend and quality of wintering of bee colonies, as well as the honey productivity obtained from them, are monitored.

Abstract

The results of the economic efficiency of the treatment and prophylactic measures in the treatment of varroatosis in honey bees through the use of formic acid as an acaricide are presented. The trend of development and quality of wintering of bee colonies, as well as the honey productivity obtained from them, is

monitored. **Introduction.** The challenge in beekeeping is the cost-effective control of parasites and in particular the *Varroa-Jacobsoni* mite. At the present time, when more and more attention is paid to the quality and safety indicators of products, with the introduction of such a concept as "Organic animal husbandry" and the consolidation of standards for the requirements for it. When the range of therapeutic and prophylactic drugs that can be used in organic animal husbandry is limited, the use of organic acids becomes promising. **Object.** The object of our research was the bee colonies that are bred in the apiaries of the Volgograd region. **Target.** To assess the economic efficiency of the use of formic acid as a remedy against ticks of the genus *Varroa*, as well as to assess the possibility of its use in organic animal husbandry. **Materials and methods.** During the research, immediately after the main honey collection, bags of 30 grams were placed in the experimental families twice with an interval of two weeks. with formic acid in the form of 85% gel, control families against varroatosis were not treated. In the course of our experiment, the degree of colonization of colonies, indicators of wintering of bees, honey productivity were taken into account, and at the end of the research, the economic efficiency of the use of formic acid as an anti-varroatous agent was given. **Results and conclusions.** When examining apiaries for colonization of families, we found that the number of ticks ranged from 20.4% to 32.7%. After carrying out our health-improving measures, it was possible, the number of ticks in the experimental groups decreased by 14.3% - 28.2%. After the treatment, the bees were fed in the winter with 50% cane sugar syrup, and after the formation of the winter club began, the extreme frames on which there were no bees were removed, and the nest was tightened with diaphragms. In winter, bee clubs in the experimental and control colonies were located on 6-8 standard Dadanov frames, and several colonies occupied 9 frames. The loss of bees during the spring revision in the experimental groups was up to 8.3%, while in the control groups, from 18.8% to 22.3% of bees died, and besides, one colony was completely killed in 2 apiaries. In the end, honey productivity was also higher in the experimental groups, as the indicator "Received total honey" in the experimental groups was not less than 27.42 kg, and in the control groups it did not exceed 17.9 kg. from the family. The level of profitability was also the highest in the experimental groups and ranged from 60.62% in apiary No. 3 to 40.87 in apiary No. 2, while in the control families this indicator did not exceed 24.47%.

Key words: *organic animal husbandry, honey bee, Varroa-Jacobsoni mite, formic acid, economic efficiency.*

Citation. Chugunov V. A., Radzievsky E. B., Zlepkin V. A., Konoplei T. V., Radzievskaya Yu. V. Economic efficiency of treatment of honey bees against varroatosis in the conduct of organic livestock. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 300-310 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-31.

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

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

УДК 619:638.157:595.7

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕЧЕНИЯ МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ ОТ ВАРРОАТОЗА ПРИ ВЕДЕНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

В. А. Чучунов, кандидат биологических наук

Е. Б. Радзиевский, кандидат сельскохозяйственных наук

В. А. Злепкин, доктор сельскохозяйственных наук

Т. В. Коноблей, кандидат сельскохозяйственных наук

Ю. В. Радзиевская, магистр

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 20.01.2021

Дата принятия к печати 19.08.2021

Аннотация. Представлены результаты экономической эффективности проведения лечебных и профилактических мероприятий при лечении варроатоза у медоносных пчел посредством применения муравьиной кислоты в качестве акарицида. Отслеживается тенденция развития и качество зимовки пчелиных семей, а также медовая продуктивность от них получаемая.

Актуальность. Проблемой пчеловодства является экономически эффективная борьба с паразитами, и в частности с клещом Варроа-Якобсони. В настоящее время все больше и больше внимание уделяется качеству и показателям безопасности выпускаемой продукции, введено такое понятие, как «Органическое животноводство», стандартами закреплены предъявляемые к нему требования. Когда ограничивается спектр лечебных и профилактических препаратов, которые можно применять при органическом животноводстве, использование органических кислот становится перспективным. **Объект.** Объектом наших исследований стали пчелиные семьи, которые разводятся на пасеках Волгоградской области. **Цель.** Оценить экономическую эффективность применения муравьиной кислоты как средства против клеща рода Варроа, а также оценить возможность ее использования при ведении органического животноводства. **Материалы и методы.** При проведении исследований, непосредственно после главного медосбора в опытные семьи двукратно с интервалом в две недели были помещены пакетики по 30 г с муравьиной кислотой в виде 85 % геля, контрольные семьи против варроатоза не обрабатывались. В ходе нашего эксперимента учитывались степень заклещёванности семей, показатели зимовки пчел, медовая продуктивность, а по окончании исследований дана оценка экономической эффективности применения муравьиной кислоты в качестве противоварроатозного средства. **Результаты и выводы.** При обследовании пасек на заклещёванность семей нами установлено, что количество клеща колебалось от 20,4 % до 32,7 %. После проведения наших оздоровительных мероприятий снизилось количество клеща в опытных группах на 14,3-28,2 %. После лечения пчел в зиму закармливали 50 % сиропом из тростникового сахара, а после начала формирования зимнего клуба убрали крайние рамки, на которых не было пчел, а гнездо поджали диафрагмами. Клубы пчел в опытных и контрольных семьях в зиму располагались на 6-8 стандартных дадановских рамках, а несколько семей занимало 9 рамок. Потеря пчел при весенней ревизии в опытных группах составляла до 8,3 %, в то время как в контрольных группах, погибло от 18,8 % до 22,3 % пчел и, кроме того, на 2-х пасеках полностью погибло по одной семье. Медовая продуктивность в конечном итоге также была выше в опытных группах: так, показатель «Получено всего меда» в опытных группах был не ниже 27,42 кг, а в контрольных группах он не превышал 17,9 кг с семьи. Уровень рентабельности также был наивысший в опытных группах и составил от 60,62 % на пасеке №3 до 40,87 на пасеке №2, в то время как в контрольных семьях данный показатель не превышал 24,47 %.

Ключевые слова: органическое животноводство, пчелы медоносные, клещ Варроа – Якобсони, муравьиная кислота, болезни пчел.

Цитирование. Чучунов В. А., Радзиевский Е. Б., Злепкин В. А., Коноблей Т. В., Радзиевская Ю. В. Экономическая эффективность лечения медоносных пчел от варроатоза при ведении органического животноводства. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 300-310. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-31.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В решении проблемы продовольственной безопасности и дальнейшего развития сельского хозяйства особое значение приобретает рациональное использование и воспроизводство биологических ресурсов, к числу которых относятся и пчелы.

Как известно, продуктивность пчелиных семей напрямую зависит как от генотипических, так и паратипических факторов, в числе которых наряду с условиями содержания и кормовой базой, важной составляющей является состояние здоровья пчел. Наибольший ущерб пчелам в последнее время наносит паразитический клещ рода варроа.

В литературных источниках первые данные о паразитирующем на теле медоносной пчелы клеще появились в 1958 году. Когда во время обследования пчелиных семей в южной части Китая на теле разводимых пчел обнаруживался ранее не регистрируемый у них клещ рода Варроа. С 1964 года клещ стал встречаться в нашей стране в первую очередь на пчелах, разводимых в Приморском крае. После чего паразит попал на территорию Азии и затем в Европу, а после охватил и весь земной шар. Из-за масштабов своего распространения и ущерба, который он наносит пчеловодческой отрасли, данное заболевание стоит на первом месте среди других болезней, встречающихся у пчёл. С 90-х годов прошлого века уже каждую из пасек на территории Российской Федерации можно подозревать в той или иной мере пораженной клещом Варроа. При этом острой проблемой в пчеловодстве стала эффективная противоварроатозная борьба с клещом. Низкая эффективность этой борьбы обусловливается биологическими особенностями самого клеща и пчелы, а, кроме того, вследствие перекрёстного заражения пчел от других насекомых в поле на медосборе. Кроме того, исследованиями ученых отмечается, что применяемые лечебно-оздоровительные мероприятия не позволяют в полной мере избавиться от паразита. А все лечение только на некоторое время позволяет уменьшить уровень клеща в пчелиных семьях до условно-безопасного уровня.

С внедрением стандарта ГОСТ 33980-2016 «Межгосударственный стандарт продукция органического производства, правила производства, переработки, маркировки и реализации» а также ГОСТ Р 57022-2016 «Национальный стандарт Российской Федерации о порядке проведения добровольной сертификации органического производства» для повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции и пчеловодческой продукции в частности, необходимо вести производство в соответствии с принятыми требованиями по органическому животноводству. При этом перечень профилактических и лекарственных препаратов, которые могли бы быть использованы для лечения данного заболевания при производстве органической продукции, достаточно ограничен. Допускается стандартом ГОСТ Р 57022-2016 при производстве органической продукции использовать муравьиную кислоту (Е 236).

Из химических веществ, применяемых в борьбе с паразитами рода варроа, наиболее эффективными принято считать обработку пчелиных семей парами органических кислот, таких как щавелевая, муравьиная или же молочная. Недостатком применения данных химических веществ является то, что они воздействуют только на тех паразитов, которые в момент обработки присутствуют на поверхности тела пчелы, не причиняя вреда клещам, находившимся на закрытом расплоде. Кроме этого, негативным фактором по исследованиям ряда авторов является то, что применяемые вещества химической природы угнетающе действуют на репродуктивные органы пчелиных маток [4, 6-9].

Клещ рода Варроа, находясь на поверхности закрытого расплода или же на хитиновом покрове тела пчелы медоносной, питается гемолимфой и жировым телом «хозяина», ослабляя его. Тем самым дает возможность проникновению вторичной инфекции [3]. Отличительной особенностью гемолимфы насекомых, в сравнении с кровью млекопитающих, является отсутствие тромбоцитов, и любое повреждение насекомого приводит к его ослаблению и гибели [10, 11].

Поражение семей пчел паразитами определяется по следующим степеням поражения: 1 – сильная заклещёванность семей, когда семья поражена свыше 21 %, 2 – средняя заклещёванность, при ней поражение семьи составляет от 11 до 20 %, и 3 – слабая, когда поражение семьи не превышает 10 % [1, 2, 5, 10, 12]. Однако, по наблюдениям ряда исследователей, допустимым процентом заклещёванности пчел, при котором происходит нормальное развитие семьи и продуктивные качества проявляются в полной мере, считается уровень, который не превышает 4 %.

Целью наших исследований явилось оценка экономической эффективности медовой продуктивности пчел при ведении органического пчеловодства с использованием муравьиной кислоты в качестве лечения варроатоза.

Материалы и методы. Нами в ходе эксперимента были изучены показатели медовой продуктивности, зимостойкости, зараженность клещами, и по результатам была дана оценка эффективности применение муравьиной кислоты в качестве противоварроатозного средства, которое может быть использовано при ведении органического животноводства. Данная работа была выполнена с использованием метода пар-аналогов на кочевых пасеках города Волгограда (пасека 1), Ольховского (пасека 2) и Дубовского (пасека 3) районов Волгоградской области. Оценку хозяйственно полезных признаков семей пчел проводили в соответствии с инструкцией по бонитировке пчел.

При проведении исследований мы после главного взятка перед подготовкой пчел к зимовке во время сокращения гнезда сформировали по методу пар аналогов по 5 опытных и контрольных групп (семей) на каждой из пасек. Важным условием применения муравьиной кислоты является наличие минимального количества расплода, и температура окружающего воздуха должна быть не ниже $+10^{\circ}\text{C}$. В опытных группах обработку проводили двукратно с интервалом в две недели. Используемая муравьиная кислота для более медленного испарения была в виде 85 % геля, помещенного в пакетики массой 30 г. Пакетики раскладывали поверх рамок под холстик из расчета 1 пакетик на семью (6-8 рамок).

Перед проведением исследований и через неделю после повторного использования препарата из центральной части гнезда отбирались пробы живых пчел для установления степени заклещеванности. После этого выборка заливалась растворителем и после тщательного перемешивания с последующим отстаиванием производили отделение от мертвых пчел мёртвых клещей, после чего производили их подсчет и находили процентное соотношение (степень заклещёванности).

Состояние медосбора на пасеке учитывали посредством взвешивания контрольного улья с пчелами ежедневно. И если масса контрольного улья за прошедшие сутки не менялась, то пчелы весь нектар, который принесли, израсходовали на себя и кормление расплода. Когда масса контрольной семьи уменьшается, это свидетельствует о том, что пчелы начали расходовать кормовые запасы гнезда. Когда же происходило увеличение массы контрольного улья, то это говорит о том, что пчелы пополнили кормовые запасы за вычетом корма, пошедшего на питание пчелиной семьи. Для определения состояния медосбора на весы устанавливали контрольный улей с семьей средней силы, учитывали и фиксировали в журнал один раз в сутки в 20.00 часов, когда вся семья соберется в улей.

Продуктивность пчел по меду оценивали на основании валового производства меда (то есть всего меда, который отобрался у пчел и оставался в ульях на развитие и зимовку пчел). Сотовый мед в рамках оценивался посредством взвешивания рамки на пружинных весах за вычетом массы рамки (320 г) и восковых построек на рамке (190 г). Кроме того, учитывали силу семей, пошедших на зимовку, и силу после неё. Зимостойкость семей определяли по подмору во время весенней ревизии, при этом учитывались данные актов осенней и весенней проверок, проводимых на пасеке. Отход пчел при этом вычисляли как отношение количества сот, обсиженных пчелами, после сбора гнезда в зиму к количеству рамок при первом весеннем осмотре, занятых пчелами, и выразили в процентах. По окончании исследований была дана оценка экономической эффективности использования муравьиной кислоты при лечении варроатоза пчел.

Схема проводимых нами исследований представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Table 1 – Schedule of experience

№ пасеки / № apiaries	Группа / Group	Препарат / Medication	Количество семей / Number of families
1	опытная / experienced	муравьиная кислота / formic acid	5
	контрольная / control	-	5
2	опытная / experienced	муравьиная кислота / formic acid	5
	контрольная / control	-	5
3	опытная / experienced	муравьиная кислота / formic acid	5
	контрольная / control	-	5

Результаты и обсуждение. Результаты проведенных нами исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная оценка заклещеванности семей при использовании муравьиной кислоты (n=5)

Table 2 – Comparative assessment of the family's castration rate when using formic acid (n=5)

№ пасеки / № apiaries	До обработки препаратами (в опытных группах) / Before treatment with drugs (in experimental groups)			После обработки препаратами (в опытных группах) / After treatment with drugs (in experimental groups)		
	Кол-во пчел в пробе / Number of bees in the sample	Кол-во осыпавшегося клеща / The number of falling mites	% заклещеванности / % of salesianos	Кол-во пчел в пробе / Number of bees in the sample	Кол-во осыпавшегося клеща / The number of falling mites	% заклещеванности / % of salesianos
Пасека 1 / Apiary 1	Опытная группа / Experimental group					
	85,4±4,33	18,8±2,05	21,9	95,6±3,06	3,6±0,4	3,8
	Контрольная группа / Control group					
	91±1,24	18,6±0,55	20,4	93,6±0,94	23,2±0,74	24,2
Пасека 2 / Apiary 2	Опытная группа / Experimental group					
	83,6±3,46	24±1,92	28,8	85,8±3,77	3,2±0,2	3,7
	Контрольная группа / Control group					
	97,8±1,07	31,8±0,48	32,7	98,4±0,79	38,8±0,49	39,5
Пасека 3 / Apiary 3	Опытная группа / Experimental group					
	91,2±4,63	27,8±1,36	30,7	95,2±4,59	2,4±0,24	2,5
	Контрольная группа / Control group					
	92,2±0,57	25,2±0,38	27,3	91,6±1,19	29,8±0,32	32,5

Оценив степень поражения клещом после главного взятка, мы установили, что наименьшее количество клеща было в контрольной группе на пасеке № 1 с показателем 20,4 %, а больше всего клеща в пчелиных семьях было выявлено также в контрольной группе, но на пасеке № 2 с показателем 32,7 %. То есть во всех пчелиных семьях был сильный уровень заклещеванности. После подготовки семей к зимовке (сокращение гнезда, пополнение кормовых запасов, применение муравьиной кислоты в опытных семьях) нами также была проведена оценка семей по степени заклещеванности. В семьях, где двукратно в качестве противоварроатозного средства применялась муравьиная кислота, удалось снизить количество паразита в семьях на пасеках 1, 2, 3 на 14,3 %, 25,1 % и 28,2 % соответственно, притом, что в контрольных группах уровень заклещеванно-

сти вырос от 3,8 % на пасеке №1 до 6,8 % на пасеке №2. Данное исследование убедительно доказывает, что применение муравьиной кислоты в качестве лекарственного средства при варроатозе даёт положительный эффект.

Во время и после лечения опытные и контрольные семьи закармливались в зиму 50 % сахарным сиропом из расчета до 16 литров на одну семью. При наступлении холодов при формировании зимнего клуба были удалены рамки, находящиеся с краю, которые не были заняты пчелами, а затем гнездо было ограничено диафрагмами. По верху гнезда пчел сверху ограничивали холстиком, без утеплителей. Зимовка проходила на улице в деревянных ульях Дадана - Блата клуб в семьях занимал 6-8 рамок. Оцениваемые показатели зимовки пчел представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка зимовки пчел

Table 3 – Assessment of bee wintering

№ пасеки / № apiaries	Группа / Group	Количество ра- мок с пчелами пошедшими на зимовку / Num- ber of frames with bees that went to winter	Количество рамок с пчелами, вы- шедшими с зи- мовки / Number of frames with bees that came out of the winter	% отхода / % departure's
1	опытная / experienced	7,6±0,24	7±0,32	7,9
	контрольная / control	7,4±0,24	5,75±0,19	22,3
2	опытная / experienced	7,2±0,12	6,6±0,4	8,3
	контрольная / control	7±0,1	5,6±0,24	20
3	опытная / experienced	8,2±0,37	7,6±0,08	7,3
	контрольная / control	8±0,32	6,5±0,06	18,8

По результатам, представленным в таблице 3, отмечаем, что в зиму на всех пасеках пчелами были сформированы достаточно большие клубы, которые размещались на 6-8 рамках. Ложка клуба располагалась преимущественно у передней стенки около нижнего летка снизу рамок. Хочется отметить, что на пасеке, расположенной в Дубовском районе, было несколько семей, которые занимали 9 рамок. Оценивая качество зимовки при весенней ревизии, отмечаем, что в контрольных семьях, где не проводилось обработки против клеща, зимовка прошла гораздо хуже тех семей, в которых использовалось противоварроатозное средство. Так, ослабление семей во время зимовки, которое определялось во время первой весенней ревизии по количеству рамок, занятых пчелами, было выше в контрольных группах и составило от 18,8 % на пасеке Дубовского района до 22,3 % на пасеке города Волгограда. Кроме этого, на этих же пасеках в контрольных группах погибло по одной семье, а в перезимовавших семьях весенний облет пчел был недружный и растянут по времени. В то же время в опытных семьях зимовка прошла наиболее благополучно с меньшими потерями. Потери пчел в опытных семьях составили в среднем от 7,3 % на пасеках № 3 до 8,3 % на пасеке под № 2, а весенний облет был дружный.

В конце мая, перед тем как кочевые пасеки уедут на медосбор, нами также была дана оценка семей на степень заклещёванности. Данные наших исследований отражены в таблице 4.

Результаты исследований, представленные в таблице 4, наглядно показывают, что в тех группах, где осенью пчел обрабатывали муравьиной кислотой, содержание клеща в семьях не превышало 10 %. В семьях, где таких обработок не проводили, количество клеща было от 25,72 % на пасеке №1 до 48, 51 % на пасеке № 3. Нужно отметить, если не принять экстренных оздоровительных мероприятий против варроатоза, то возможно еще большее ослабление семей и в конечном итоге их гибель.

Таблица 4 – Весенняя оценка пчелиных семей на заклещёванность

Table 4 – Spring assessment of bee colonies for breaching

№ пасеки / № apiaries	Кол-во пчел в пробе / Number of bees in the sample	Кол-во осыпавшегося клеща / The number of falling mites	% заклещёванности / % of salesianos
пасека 1 / apiaries 1	Опытная группа / Experimental group		
	96,8±3,09	7±0,71	7,2
	Контрольная группа / Control group		
	90,2±0,59	23,2±0,74	25,72
пасека 2 / apiaries 2	Опытная группа / Experimental group		
	98,6±1,66	8,4±0,75	8,52
	Контрольная группа / Control group		
	94,5±7,1	43,5±3,31	46,03
пасека 3 / apiaries 3	Опытная группа / Experimental group		
	95,2±4,59	9,4±1,36	9,87
	Контрольная группа / Control group		
	101±7,52	49±3,64	48,51

Прежде чем оценивать медовую продуктивность семей пчел, необходимо отметить, что в последнее время заметно изменилась кормовая база, при этом насекомые, которые формировались в определенных условиях, в сложившихся новых реалиях показывают гораздо меньшую медовую продуктивность. При этом рациональное использование пчелиных семей в зависимости от изменяющейся кормовой базы становится одной из основных задач в увеличении медовой продуктивности на современном этапе развития технологии. Нами в конце сезона по окончании главного взятка проводилась оценка медовой продуктивности семей, участвующих в эксперименте. Данные наших исследований представлены в таблице 5.

Таблице 5 - Оценка медовой продуктивности пчел

Table 5 - estimation of honey productivity of bees

№ пасеки / № apiaries	Группа / Group	Количество сотора- мок с медом, шт / Number of honey- comb frames with honey, pcs	Получено всего меда, кг / Total honey received, kg	В том числе то- варного меда, кг / Including commercial honey, kg
1	опытная / experienced	11,4±0,6	34,88±2,04	23,58±1,091
	контрольная / control	4,5±0,22	13,7±0,72	5,98±0,59
2	опытная / experienced	8,6±0,68	27,42±2,07	15,42±1,85
	контрольная / control	5±0,31	14,2±0,86	6,46±0,67
3	опытная / experienced	11,6±1,08	36,68±0,97	24,26±0,9
	контрольная / control	6,25±0,16	17,9±0,55	8,33±0,34

Изучив показатели медовой продуктивности, представленные в таблице 5, отмечаем, что разница по показателю валовому меду между контрольными и опытными группами составляла 21,18 кг, 13,22 кг и 18,78 кг соответственно №1, №2 и №3 пасек. Самое большое количество товарного меда получили в опытных группах, количество меда в них колебалось от 15,42 кг на пасеке № 2, до 24,26 кг на пасеке № 3.

Экономическая эффективность производства меда представлена в таблице 6.

Данные сравнительной экономической эффективности производства меда показывают, что в семьях, где проводились противоварроатозные мероприятия, в расчете на одну семью было получено больше товарного меда, притом что полные издержки были значи-

тельно меньшими. Это нашло отражение в большей прибыли, которая была получена в расчете на одну семью. Оценивая уровень рентабельности также отмечалось, что в семьях, где проводили обработку, он был наивысший и составил от 60,62 % на пасеке № 3 до 40,87 на пасеке № 2, в то время как в контрольных семьях он не превышал 24,47 %.

Таблица 6 – Экономическая эффективность производства меда

Table 6 – Economic efficiency of honey production

Показатель / Indicator	№ пасеки / № apiaries					
	1		2		3	
	опыт- ная / experien- ced	кон- троль ная / control	опыт- ная / experien- ced	кон- троль ная / control	опыт- ная / experien- ced	кон- троль- ная / control
Цена реализации за кг, руб. / Sales price per kg, rub	350	350	350	350	350	350
Полные издержки, руб. / Total costs, rub	225,4	325,0	246,7	281,2	217,9	337,4
Прибыль на 1 кг, руб. / Profit per 1 kg, rub	124,6	25	103,3	68,8	132,1	12,6
Получено товарного меда с 1 семьи, кг / Received commercial honey from 1 family, kg	23,58	5,98	15,42	6,46	24,26	8,33
Прибыль в расчете на 1 семью / Profit per 1 family	2938,07	149,5	1592,89	444,45	3204,75	104,96
Уровень рентабельности, % / Level of profitability, %	55,28	7,69	41,87	24,47	60,62	3,73

Выводы. Исследования, проведенные нами на кочевых пасеках Волгоградской области, доказали целесообразность использования муравьиной кислоты при лечении варроатоза пчел, и может быть использована при ведении органического животноводства. В ходе эксперимента установлено, что лечебные мероприятия, проводимые в опытных группах, дали положительный эффект. На всех пасеках в тех группах, где использовали муравьиную кислоту, количество клеща снизилось на 14,3-28,2 % и не превышало 3,8 %, в то же самое время в контрольных группах количество клеща увеличилось. Лечебные мероприятия положительно повлияли на зимовку пчел, отход в опытных группах не превышал 8,3 % пчел, при этом в контрольных семьях отход пчел был не ниже 18,8 %, кроме того, отмечаем, что на 2-х пасеках погибло по 1 семье в контрольных группах. Медовая продуктивность в конечном итоге также была выше в опытных группах: так, показатель «Получено всего меда» в опытных группах был не ниже 27,42 кг, а в контрольных группах он не превышал 17,9 кг с семьи. Уровень рентабельности также был наивысший в опытных группах и составил от 60,62 % на пасеке №3 до 40,87 на пасеке №2, в то время как в контрольных семьях данный показатель не превышал 24,47 %.

Библиографический список

1. Борьба с клещом Варроа-Якобсони на пасеках Волгоградской области / В. А. Чучунов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 213-219.
2. Вирусная и клещевая нагрузки на пчелиные семьи в Ростовской области / В. И. Масленникова [и др.] // Пчеловодство. 2019. № 5. С. 20-33.
3. Ивойлова М. М., Брандорф А. З., Семакина А. А. Критерии резистентности медоносных пчел к Varroa destructor // Пчеловодство. 2017. № 7. С. 20-23.
4. Оценка влияния вирусной и клещевой нагрузки на гибель пчел / В. И. Масленникова [и др.] // Пчеловодство. 2017. № 5. С. 28-30.

5. Поведенческие адаптации популяции клещей *Varroa destructor* при противоварроатозных обработках / В. И. Масленникова [и др.] // Пчеловодство. 2019. № 7. С. 21-23.
6. Сохликов А. Б., Игнатъева Г. И. Борьба с варроатозом // Пчеловодство. 2018. № 3. С. 30-33.
7. Эффективность ветеринарных препаратов в профилактике и лечении варроатоза пчел / Ж. А. Землянкина [и др.] // Пчеловодство. 2019. № 2. С. 24-26.
8. Юмагузин Ф. Г. Варроатоз в семьях бурзянских бортевых пчел // Пчеловодство. 2014. № 5. С. 32-33.
9. Ecology and Biological Resources of Melliferous Plants in the Vasyugan Plain and their Importance for the Arctic Belt / V. G. Kashkovskii [et al.] // International Journal of Engineering and Technology. 2018. Vol. 7. No 4.38.P. 235-238.
10. Genetic diversity of honeybees in different geographical regions of Siberia / N. V. Ostroverkhova [et al.] // International Journal of Environmental Studies. 2017. Vol. 74. № 5. P. 771-781.
11. Ruiz J., Gutierrez M., Porrini C. Biomonitoring of Bees as Bioindicators // Bee World. 2013. Vol. 90. № 3. P. 61-63.
12. Van der Steen J. J., Kraker J., Grotenhuis T. Assessment of the Potential of Honeybees (*Apis mellifera* L.) in Biomonitoring of Air Pollution by Cadmium, Lead and Vanadium // Journal of Environmental Protection. 2015. № 6. P. 96-102.

Conclusions. Research conducted by us on nomadic apiaries of the Volgograd region in order to establish the feasibility of using formic acid in the treatment of bee varroatosis, which can be used in the management of organic livestock. During the experiment, it was found that therapeutic measures carried out in the experimental groups had a positive effect. In all apiaries in the groups where formic acid was used, the number of mites decreased by 14.3% - 28.2% and did not exceed 3.8%, while in the control groups the number of mites increased. Therapeutic measures positively affected the wintering of bees, the departure in the experimental groups did not exceed 8.3% of bees, while in the control families, the departure of bees was not lower than 18.8%. In addition, we note that 1 family in the control groups died in 2 apiaries. Honey productivity in the end was also higher in the experimental groups, since the indicator "total honey Received" in the experimental groups was not lower than 27.42 kg, and in the control groups it did not exceed 17.9 kg per family. The level of profitability was also highest in the experimental groups and ranged from 60.62 % in apiary No. 3 to 40.87% in apiary No. 2, while in the control families this indicator did not exceed 24.47%.

Reference

1. The fight against the *Varroa-Jacobsoni* tick in apiaries of the Volgograd region / V. A. Chuchunov [et al.] // Izvestia of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2020. No. 1 (57). P. 213-219.
2. Viral and tick loads on bee families in the Rostov region / V. I. Maslennikova [et al.] // Beekeeping. 2019. No. 5. P. 20-33.
3. Ivoylova M. M., Brandorf A. Z., Semakina A. A. Criteria of resistance of honey bees to *Varroa destructor* // Beekeeping. 2017. No. 7. P. 20-23.
4. Assessment of the impact of viral and tick-borne load on the death of bees / V. I. Maslennikova [et al.] // Beekeeping. 2017. No. 5. P. 28-30.
5. Behavioral adaptations of the *Varroa destructor* mite population during anti-varroatous treatments / V. I. Maslennikova [et al.] // Beekeeping. 2019. No. 7. P. 21-23.
6. Sokhlikov A. B., Ignatieva G. I. Struggle with varroatosis // Beekeeping. 2018. No. 3. P. 30-33.
7. The effectiveness of veterinary drugs in the prevention and treatment of varroatosis of bees / Zh.A. Zemlyankina [et al.] // Beekeeping. 2019. No. 2. P. 24-26.
8. Yumaguzhin F. G. Varroatosis in the families of Burzyan borteve bees // Beekeeping. 2014. No. 5. P. 32-33.
9. Ecology and Biological Resources of Melliferous Plants in the Vasyugan Plain and their Importance for the Arctic Belt / V. G. Kashkovskii [et al.] // International Journal of Engineering and Technology. 2018. Vol. 7. No 4.38.P. 235-238.

10. Genetic diversity of honeybees in different geographical regions of Siberia / N. V. Ostroverkhova [et al.] // International Journal of Environmental Studies. 2017. Vol. 74. № 5. P. 771-781.
11. Ruiz J., Gutierrez M., Porrini C. Biomonitoring of Bees as Bioindicators // Bee World. 2013. Vol. 90. № 3. P. 61-63.
12. Van der Steen J. J., Kraker J., Grotenhuis T. Assessment of the Potential of Honeybees (*Apis mellifera* L.) in Biomonitoring of Air Pollution by Cadmium, Lead and Vanadium // Journal of Environmental Protection. 2015. № 6. P. 96-102.

Author information

Chuchunov Vasily Alexandrovich, associate Professor of the Department of Private animal science at the Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), candidate of biological Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3569-5725> chuchunov.78@mail.ru

Radzievsky Evgeny Borisovich, associate Professor of the Department of Private animal science at Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), candidate of agricultural Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045-yenia79@mail.ru>

Zipkin Victor Alexandrovich, associate Professor of "Private animal husbandry" Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26.) doctor of agricultural Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>, vzlepkin@mail.ru

Conable Tatiana Viktorovna, associate Professor of "Private animal husbandry" Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26.) candidate of agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8274-3961>, oziola@mail.ru

Radzievskaya Yulia Vladimirovna, master of the Department of Private animal science, Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045-yenia79@mail.ru>

Информация об авторах

Чучунов Василий Александрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат биологических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3569-5725> chuchunov.78@mail.ru

Радзиевский Евгений Борисович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045-yenia79@mail.ru>

Злепкин Виктор Александрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>, vzlepkin@mail.ru

Коноблей Татьяна Викторовна, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8274-3961>, oziola@mail.ru

Радзиевская Юлия Владимировна, магистр кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045-yenia79@mail.ru>

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-32

CONTROL OF IRRIGATION TECHNOLOGY FOR PERMANENT PLANTS WITH SPRINKLING

N.N. Dubenok¹, A.V. Mayer²

¹«Russian State Agrarian University –

Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev»

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

Received 10.05.2021

Submitted 17.08.2021

Summary

The system of irrigation of perennial garden plantations with the inclusion in the sprinkling irrigation technology of the agro-technical method of slitting, for making narrow cracks with focal intrasoil reservoirs is considered. Such a combined technology will allow, when sprinkling perennial garden plantations, to accumulate irrigation water in the lower focal part of the cut slots, thereby saving water and energy resources.

Abstract

Introduction. Irrigated agriculture in the history of mankind has played a very important role. In many ways, the irrigation technique was highly dependent on local natural conditions, and its development was the process of adapting local plant and water resources for the needs of farmers. The use of land reclamation in modern conditions should be environmentally and energetically justified, where the key roles belong to the development of irrigation systems, irrigation methods and agro-technical technologies of irrigated objects. **Object.** Having studied and compared various technologies and methods of irrigation for growing garden plantings, we proposed a system of irrigation of the garden by sprinkling, with the obligatory introduction of the agro-technical technique «slitting» into the sprinkling technology of many years of garden plantings. Reclamation of soil crevice was carried out in the Volgograd complex department of «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov». The slotting was carried out by a trailed modified unit of the «SHCHN-2-140» brand, for cutting over narrow slots of 2...3 mm, with a cutting chisel located in the lower part of the slot cutter working part, for cutting focal reservoirs, for subsequent accumulation of irrigation water. **Materials and methods.** The research presents a method of cutting slots for intercepting water flows during irrigation, directed parallel and perpendicular to the aisles of garden plantings. After cutting the cracks, an intra-soil water-intercepting and transporting network of focal reservoirs is formed inside the soil, stretched along and across the entire perimeter of the garden irrigation module. **Results and discussion.** The proposed sprinkling system for garden perennial crops with circular sprinklers will positively solve the issue of irrigating garden modules, and an experimental cutting device, mounted on a reinforced frame of a slot cutter from both sides, will solve the problem of irrigation water rolling off on the slopes of a garden massif. The distance between the two cutting attachments is exactly 2 meters. Such a distance between the working parts of the slot is dictated by the scheme for planting garden plantings. Irrigation of the garden is carried out on the basis of the irrigation rate, calculated for full saturation of the soil. In this case, the soil moisture will be 100% (HB) of the calculated meter layer. The proposed technology of sprinkling irrigation of garden plantings with the obligatory cutting of over narrow slots with focal reservoirs will save water and energy resources spent on the irrigation rate when growing garden plantings.

Key words: irrigation system, sprinkler irrigation, irrigation technology, agro-technical method, modified slit cutter, focal reservoirs, cutting method, garden plantings, conservation of energy and water resources.

Citation. Dubenok N.N., Mayer A.V. Control of irrigation technology for permanent plants with sprinkling. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 311-318 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-32.

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

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

УДК 631.674

**УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЕЙ ОРОШЕНИЯ
МНОГОЛЕТНИХ НАСАЖДЕНИЙ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ**

Н. Н. Дубенок, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
А. В. Майер, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

¹РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Москва

Дата поступления в редакцию 10.05.2021

Дата принятия к печати 17.08.2021

Актуальность. Орошаемое земледелие в истории человечества сыграло очень большую роль. Во многом техника ирригации находилась в большой зависимости от местных природных условий, и ее развитие было процессом приспособления местных растительных и водных ресурсов для нужд земледельцев. Применение мелиорации в современных условиях должно быть экологически и энергетически обоснованно, при этом ключевые роли принадлежат разработкам систем орошения, способам полива и агротехническим технологиям орошаемых объектов. **Объект исследования.** Исследовав и сопоставив различные технологии и способы орошения при выращивании садовых насаждений, мы предложили систему орошения сада способом дождевания с обязательным введением в технологию дождевания многолетних садовых насаждений агротехнического приема «щелевание». Мелиоративный прием щелевания почвы проводили разработанным нами методом в Волгоградском комплексном отделе ВНИИГиМ. Щелевание осуществлялось прицепным модифицированным агрегатом марки ЩН – 2 - 140 для нарезки сверхузких щелей 2...3 мм, с режущим долотом, расположенным в нижней части рабочего органа щелереза, для нарезки очаговых резервуаров и для последующей аккумуляции поливной воды. **Материалы и методы.** В исследованиях представлен метод нарезки щелей для перехвата водных потоков при орошении, которые направлены параллельно и перпендикулярно междурядьям садовых насаждений. После нарезки щелей внутри почвы образуется внутрипочвенная водоперехватывающая и транспортирующая сеть очаговых резервуаров, протянутых вдоль и поперек по всему периметру садового поливного модуля. **Результаты и обсуждение.** Предложенная система дождевания садовых многолетних культур с дождевальными аппаратами кругового действия положительно решит вопрос орошения садовых модулей, а экспериментальный режущий орган, монтируемый на усиленную раму щелереза с двух сторон, решит проблему скатывания поливной воды на склонах садового массива. Расстояние между режущими двумя рабочими органами составляет ровно 2 метра. Такое расстояние между рабочими органами щелереза продиктовано схемой высадки садовых насаждений. Орошение сада осуществляется из поливной нормы, рассчитанной на полное насыщение почвы. Влажность почвы при этом составит 100 % (НВ) расчетного метрового слоя. Предложенная технология орошения дождеванием садовых насаждений с обязательной нарезкой сверхузких щелей с очаговыми резервуарами позволит экономить водные и энергетические ресурсы, затрачиваемые на оросительную норму при выращивании садовых насаждений.

Ключевые слова: системы орошения, орошение дождеванием, технологии орошения, очаговые резервуары, способ нарезки, орошение садовых насаждений.

Цитирование. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Управление технологией орошения многолетних насаждений при дождевании. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 311-318. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-32.

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. Разработка ресурсосберегающей технологии выращивания садовых многолетних культур с минимальными затратами и максимальным производством фруктовой продукции является одной из основных задач науки [1, 2, 4].

Садовые многолетние культуры яблони и груши принадлежат к числу важнейших фруктовых деревьев. Как показывает практика, размещение садовых площадей в засушливых условиях Нижнего Поволжья экономически и экологически оправдано. В Нижнем Поволжье, где сумма среднесуточных температур выше 10°C составляет 3200...3800 $^{\circ}\text{C}$, а продолжительность вегетационного периода достигает до 180 дней, возможно возделывание садовых многолетних культур раннего и позднего срока созревания. За период вегетации с апреля по октябрь сумма приходящей фотосинтетической активной радиации (ФАР) составляет около $11,5 \times 10^9$ кДж/га. Такое произведение означает, что при КПД использования ФАР 1 % яблоня формирует до 150...200 кг урожая фруктов. Главным сдерживающим фактором реализации садовых культур является постоянная или периодическая нехватка количества сезонных осадков [3, 7, 14]. Поэтому весьма актуально решение вопросов по разработке новой дождевальной техники, агротехнологических приемов и способов орошения как наибольшей составляющей использования генетического потенциала культуры на орошаемых земельных площадях. Решение этих задач на сегодняшний день в условиях нарастающего дефицита характерно не только для Нижних районов Волги, но и для южных регионов России включительно [1, 5, 6].

Одним из способов орошения многолетних садовых культур, отвечающих требованиям экономии поливной воды в сравнении с поверхностными способами орошения, является дождевание [8, 11, 15].

Несмотря на определенную изученность этого способа орошения (Александров А. Д., Шумаков Б. Б., Бородычев В. В., Кружилин И. П., Курбанов С. А., Храбров М. Ю. и др.), необходимо проведение дополнительных исследований, направленных на совершенствование существующей оросительной техники и технологических приемов при поливе многолетних садовых насаждений с целью уточнения и дальнейшей модернизации агротехнического приема щелевания при способе орошения дождеванием садовых культур и многолетних насаждений. Предложенная дождевальная система орошения найдет свое применение для полива кустарниковых, ягодных, овощных и злаковых культур [6, 9, 10]. Агротехнический прием «щелевание», введенный в технологию орошения дождеванием также положительно отразится при поливе сельскохозяйственных культур, особенно в регионах с холмистым рельефом.

Материалы и методы. Орошение садовых многолетних культур находится в прямой зависимости от климатических, гидрогеологических условий и биологических особенностей возделываемого сада. Важным элементом является способ орошения и агротехнические приемы, направленные на управление технологией орошения, которая определяет роль формирования водного баланса сада [12, 13]. Агротехнические приемы предполивной обработки почвы применялись для эффективного использования поливной воды при дождевании. При расчетах определения водного баланса нами использовался метод непосредственных полевых измерений, метод водного баланса, который включает методы, основанные на уравнивании водного баланса поля, и методы испарителей и лизиметров. Агротехника садовых насаждений, выращиваемых на получение стабильного урожая фруктов, разрабатывалась на основе опыта ученых ВНИИГиМ и зональных рекомендаций с вводом в технологию орошения дождеванием агротехнического приема щелевания, агрегатом ЩН – 2-140 с двумя экспериментальными рабочими органами.

Результаты и обсуждение. В настоящее время в орошаемом садоводстве применяются различные технологии полива, такие как сплошное затопление всей площади сада, полив по приствольным чашам, с одновременным увлажнением междурядий, дождеванием и полив по чекам [10, 12].

При орошении дождеванием без тщательной планировки на поверхности почвы появляются очаги невпитавшейся воды, которые возникают в зависимости от интенсивности расхода воды на протяжении подачи всей поливной нормы. При орошении

дождеванием заданной интенсивностью дождя (i) вся поступающая на поле вода впитывается в течение времени (t). Рассуждая о водопроницаемости, можно показать, что при поливе с одинаковой интенсивностью часть расхода Q воды будет впитана почвой, а объем V может стать причиной ирригационного стока.

На основании математических преобразований поливная норма при дождевании, при которой образуется неуправляемый сток из-за ряда причин, от которых зависит скорость водопроницаемости, может быть рассчитана по формуле:

$$m_{\text{эд}} = \sqrt[a]{K_o * i^{2a-1}};$$

Во избежание смыва почвы и скапливания воды на неровных поверхностях орошаемого участка при дождевании, нами предложен агротехнический прием щелевания с поделкой сверхузких щелей 2...3 см с очаговыми резервуарами, нарезанными в почве в нижней части щели посредством щелереза ЩН-140-2, разработанным и запатентованным учеными ВФ ВНИИГиМ.

Исходя из вышеизложенного материала после обоснования оптимальной поливной нормы m_s , рассчитанной для конкретных почвенных условий, следует подчеркнуть, что если оптимальная поливная норма больше бестоковой, то рассчитывают эрозионно допустимую норму и сравнивают ее снова с оптимальной нормой. При меньшем значении эрозионно допустимой нормы, в сравнении с номинальной нормой, рассчитывают слой возможного ирригационного стока (рисунок 1).

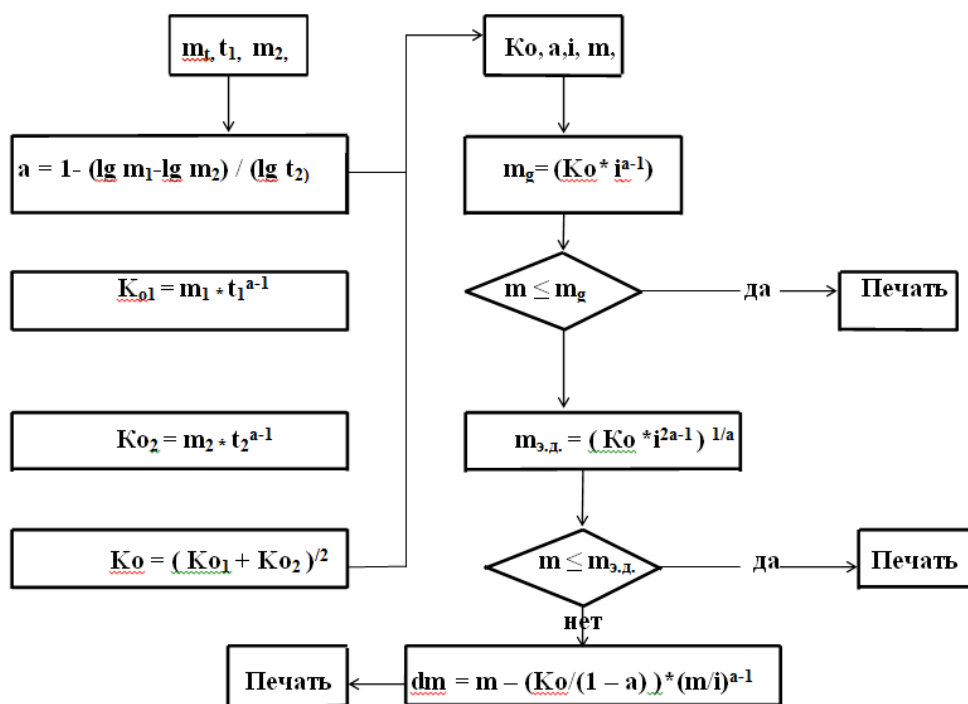


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма расчета эрозионно-допустимой поливной нормы:
 K_o – скорость впитывания м/ч, a – параметр характеризующий динамику изменения скорости впитывания, i – уклон поверхности почвы, $m_{\text{м}}^3/\text{час}$ – поливная норма, $m_{\text{эд}}$ – эрозионно-допустимая норма, dm – слой возможного эрозионного стока

Figure 1 – Block diagram of the algorithm for calculating the erosion-permissible irrigation rate.
 K_o is the rate of absorption, m/h , a is a parameter characterizing the dynamics of change in the rate of absorption, i is the slope of the soil surface, mm^3/h is the irrigation rate, med is the erosion-permissible rate, dm is the layer of possible erosive runoff.

Численные значения рассчитанных величин являются основой при обосновании параметров технологических приемов предполивной обработки почвы, повышающих рациональное использование водных ресурсов.

Принцип работы системы орошения дождеванием заключается в следующем. Забор поливной воды осуществляется из пруда-накопителя 1. Затем вода по всасывающим трубопроводам 2 посредством насосной станции 3 под давлением транспортируется до фильтровальной станции 5 и очищенная вода по подводящему трубопроводу 6 поступает в распределительный внутрипочвенный трубопровод 7 и посредством соединительных трубопроводов 8 поливная вода подается в гидранты 9. Из гидрантов вода распределяется по поливным трубопроводам 11 и подается к дождевальным аппаратам, посредством которых осуществляется дождевание садовых модулей (рисунок 2).

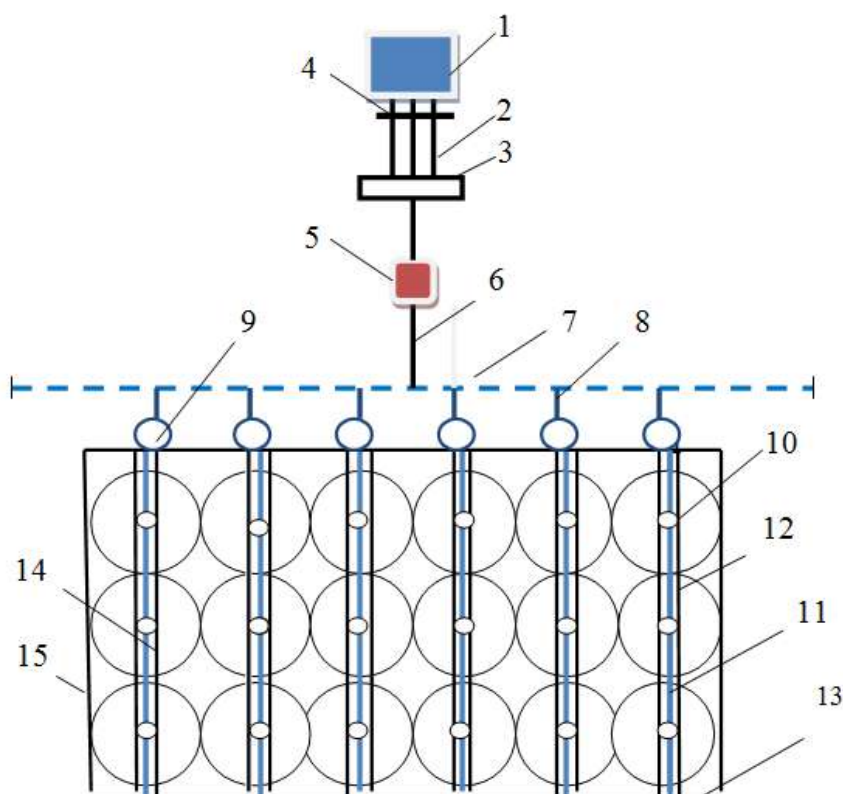


Рисунок 2 – Условная схема системы орошения садовых культур дождеванием:

- 1 – пруд-накопитель; 2 – всасывающие трубопроводы; 3 – насосная станция;
4 – армированная перемычка; 5 – фильтровальная станция; 6 – подводящий трубопровод;
7 – распределительный внутрипочвенный трубопровод; 8 – соединительный трубопровод;
9 – гидрант; 10 – дождевательный аппарат кругового действия; 11 – поливной трубопровод;
12-14 – внутренние границы поливного участка; 13-15 – границы садового модуля

Figure 2 – Conditional scheme of the irrigation system for horticultural crops by sprinkling:

- 1 – storage pond; 2 – suction pipelines; 3 – pumping station; 4 – reinforced lintel; 5 – filter station;
6 – supply pipeline; 7 – subsoil distribution pipeline; 8 – connecting pipeline; 9 – hydrant;
10 – sprinkler circular action; 11 – irrigation pipeline; 12-14 – internal boundaries of the irrigated area; 13-15 – boundaries of the garden module

Дальность струи дождевательного аппарата определяется исходя из давления в поливных трубопроводах. В среднем при давлении в 0,02...0,25 МПа длина струи дождевальным аппаратом достигает 25 метров в диаметре (рисунок 2).

Выводы. Авторами предложена оросительная система дождевания сада. Представлен и усовершенствован агротехнический прием предполивной нарезки сверхузких щелей в поливном садовом модуле, с очаговыми резервуарами для аккумуляции в них почвенной влаги. Основные положения и результаты по разработке агротехнического приема по нарезке сверхузких щелей с очаговыми резервуарами обсуждались на ученых советах ВНИИГиМ, на конференциях молодых ученых и специалистов в высших учебных заведениях Южного региона по комплексным проблемам мелиорации степной зоны. Полученные результаты исследований могут быть использованы как производственными организациями, так и фермерскими хозяйствами, где применяют для орошения дождевальную технику. Особенно эффективен разработанный прием щелевания на склоновых землях, когда поливная вода не смывается быстрым потоком, а проникает в нарезанные щели и почвенная влага сохраняется в нарезанных очаговых резервуарах на расчетный период времени, сдвигая сроки и даты очередного вегетативного полива, тем самым сокращая количество вегетативных поливов.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Проблемы оптимального водообеспечения сои в условиях орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 39-49.
2. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
3. 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. Goosheh M. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop // Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754.
13. Haider S., Ullah K. Projected crop water requirement over agro-climatically diversified region of Pakistan // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. V. 281. P. 107824.
14. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova, V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. V. 24. № 5. P. 909-913.

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.

Conclusion. The authors proposed an irrigation system for sprinkling the garden. Presented and improved agrotechnical method of pre-irrigation cutting over narrow slots in an irrigation garden module, with focal reservoirs, for accumulating soil moisture in them. The main provisions and results for the development of an agrotechnical method for cutting ultra-narrow slots with focal reservoirs were discussed at scientific councils, VNIIGiM, at conferences of young scientists and specialists in higher educational institutions of the Southern region on complex problems of land reclamation of the steppe zone. Both industrial organizations and farms can use the obtained research results, where sprinkler equipment is used for irrigation. The developed method of crevice on slope lands is especially effective, when irrigation water is not washed off with a rapid flow, but penetrates into the cut crevices and soil moisture is stored in the cut focal reservoirs for the required design period, thereby shifting the dates and dates of the next vegetative irrigation.

References

1. Borodychev V. V., Lytov M. N. Problemy optimal'nogo vodoobespecheniya soi v usloviyah orosheniya // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2019. № 2 (54). P. 39-49.

2. Borodychev V. V., Lytov M. N. Tehniko-tehnologicheskie osnovy regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrofitocenoza v usloviyah orosheniya // *Nauchnaya zhizn'*. 2019. T. 14. № 10 (98). P. 1484-1495.

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'skohozyajstvennykh 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 jeffektivnosti orositel'nyh 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 dozhddevaniya // *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. Goosheh M. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop // *Irrigation and drainage*. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754.

13. Haider S., Ullah K. Projected crop water requirement over agro-climatically diversified region of Pakistan // *Agricultural and Forest Meteorology*. 2020. V. 281. P. 107824.

14. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova, V. V. Borodychev, M. N. Lytov // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018. V. 24. № 5. P. 909-913.

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.

Author's information

Dubenok Nikolai Nikolaevich - Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Department of Forestry and Land Reclamation of the Russian State Agricultural University - Moscow Agricultural Academy K. A. Timiryazeva (RF127550 Moscow st. Timiryazevskaya 49, Doctor of Agricultural Sciences, ORKID: <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>, phone: 89857544488, Email: dubenok@mail.ru.

Mayer Alexander Vladimirovich - Senior Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyukova, (Russian Federation 127750 Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St. 44, building 2), Candidate of Agricultural Sciences, ORKID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>, phone 89053378678, Email: 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, ORCID: <https://orcid.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, ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916> т.89053378678 э/п: vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-33

MODULAR SOIL TILLAGE TOOL

I.B. Borisenko, D.V. Skripkin, M. V. Meznikova, D.V. Bobrikov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 14.06.2021

Submitted 20.08.2021

Abstract

Introduction. Ensuring the stability of yields, high quality products and rational use of material resources is possible with the completeness and balance of farming, the use of modern technologies, technical equipment, taking into account the peculiarities for this climatic zone. In the conditions of arid agriculture any technology of cultivation must provide the saving of soil and environmental resources of nature at the expense of the use of multipurpose equipment, adapted to the conditions of work in this area. Under the described conditions, the requirements to the systems of tillage and soil protection from erosion are paramount. **Object.** The object of research is the modular tillage tool being developed. **Materials and methods.** When carrying out technological operations for tillage, a large number of soil tillage equipment differing from each other is used. Its availability in production forces agricultural enterprises to make economic expenditures on its purchase. However, this machine can be used in the technology of cultivation only one day, and the rest of the time it is idle, causing material damage to its owners. With the purpose of increasing the effectiveness of tillage machines and reducing depreciation by reducing idle time in the unused season, the modular tillage tool is offered which allows you to use a universal frame and mounted on it exchangeable tillage tools with the ability to apply mineral fertilizers at different depths and in different periods of the soil treatment. **Results and conclusions.** Presented is the design of a modular tillage tool allowing for surface tillage as well as basic cheesecloth or slot tillage. The design uses the universal frame on which it is possible to place interchangeable working parts and auxiliary equipment. Assembly and/or replacement of the working parts are carried out before the necessary technological operation on the soil is carried out. At

the same time the tool has a possibility to introduce mineral fertilizers into the cultivated zone with the necessary distribution of fertilizers by depth. This scheme of using the universal frame of the proposed modular tillage tool, allows you to increase the time of use of the tool frame in the technologies of cultivation of crops and reduce both the economic and production costs of the enterprise.

Key words: *modular soil tillage tool, tillage, mineral fertilizer application, chisel tillage, strip tillage, cultivation.*

Citation. Borisenko I.B., Skripkin D.V., Meznikova M. V., Bobrikov D.V. Modular soil tillage tool. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3 (63). 318-327 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-33.

Author's contribution. All authors of this research study were directly involved in the development, planning and analysis of the obtained data. All authors have read and approved the received version of the article.

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

УДК 631.31

МОДУЛЬНОЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ОРУДИЕ

И. Б. Борисенко, доктор технических наук, профессор

Д. В. Скрипкин, кандидат технических наук

М. В. Мезникова, кандидат технических наук

Д. В. Бобриков, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 14.06.2021г.

Дата принятия к печати 20.08.2021

Актуальность. Обеспечение стабильности урожаев, получение высокого качества продукции и рационального использования материальных ресурсов возможно при комплектности и сбалансированности ведения сельского хозяйства, использовании современных технологий, технического оснащения с учетом особенностей для данной климатической зоны. В условиях засушливого земледелия любая технология возделывания должна обеспечивать экономию почвенных и экологических ресурсов природы за счет использования многооперационной техники, приспособленной к условиям работы в этой местности. При описанных условиях первостепенными являются требования к системам обработки и защите почв от эрозии. **Объект.** Объектом исследований является разрабатываемое модульное почвообрабатывающее орудие. **Материалы и методы.** При выполнении технологических операций по обработке почвы используется большое количество отличающейся друг от друга почвообрабатывающей техники. Наличие ее в производстве заставляет сельскохозяйственные предприятия осуществлять экономические затраты на ее приобретение. Однако данная машина может быть применена в технологии возделывания всего только один день, а остальное время простаивать, нанося материальный урон своим владельцам. С целью увеличения эффективности применения почвообрабатывающих машин и снижения амортизации за счет сокращения простоя в неиспользуемое время сезона предложено почвообрабатывающее модульное орудие, позволяющее использовать универсальную раму и монтируемые на неё сменные почвообрабатывающие рабочие органы с возможностью внесения минеральных удобрений на различных глубинах и в различные периоды проводимой обработки почвы. **Результаты и выводы** Представлена конструкция модульного почвообрабатывающего орудия, позволяющего проводить обработку почвы как поверхностную, так и основную чизельную или щелевую. В конструкции используется универсальная рама, на которой возможно размещать сменные рабочие органы и вспомогательное оборудование. Монтаж и/или замена рабочих органов проводится перед проведением необходимой технологической операции по обработке почвы. Одновременно орудие обладает возможностью вносить минеральные удобрения в обрабатываемую зону с необходимым распределением их по глубине. Данная схема использования универсальной рамы предлагаемого модульного почвообрабатывающего орудия позволяет увеличить время использования рамы орудия в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и снижать как экономические, так и производственные затраты предприятия.

Ключевые слова: модульные почвообрабатывающие орудия, обработка почвы, внесение минеральных удобрений, чизельная обработка почвы, полосовая обработка почвы, культивация.

Цитирование. Борисенко И. Б., Скрипкин Д. В., Мезникова М. В., Бобриков. Д. В. Модульное почвообрабатывающее орудие. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 318-327. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-33.

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. Наиболее благоприятный выбор технологии обработки почвы может зависеть от большого количества применяемых операций: от отвальной обработки до обработки почвы по системе No-till с широким использованием всевозможных методов безотвальной обработки почвы с целью уменьшения энергетических затрат. Применение технологий по обработке почвы обусловлено почвенно-климатическим состоянием обрабатываемых участков, требованиями к возделываемой культуре и степенью развития сельскохозяйственного производства, наличием питательных веществ в почве, а также средствами механизации и грамотностью специалистов [3, 4].

Кратность перемещения сельскохозяйственных машин по почве сильно зависит от количества выполненных технологических операций при возделывании культур. Это провоцирует истирание почвы в пыль, увеличивает плотность почвы, а также снижает влагопроницаемость и капиллярность данного участка. Отсюда и значительное снижение урожайности возделываемых культур [1, 11].

Использование в системе обработки почвы многооперационных сельскохозяйственных машин ведет к снижению отрицательного влияния на почву, при этом снижается время проведения операций, а качество работы и производительность повышаются с одновременным уменьшением производственных затрат. Они включают набор рабочих органов, обеспечивающих выполнение технологических операций по обработке почвы, которые позволяют совмещать их по агротехнологии, срокам и качеству работ [2, 9].

Материалы и методы. Рассмотрим несколько моделей таких машин. Многооперационная сельскохозяйственная машина (рисунок 1), выполняющая операции по поверхностной и подготовительной к посеву обработке почвы. На раме рассматриваемой машины совмещены рабочие органы, такие как сферические диски, работающие на глубину 0,06...0,1 м, плоскорежущие рабочие органы, рыхлящие почву на глубину до 0,21 м, а также выравнивание и уплотнение обработанной почвы выравнивающими катками.



Рисунок 1 – Агрегат комбинированный многоцелевой АКМ-3,6

Figure 1 – Multi-purpose combined AKM-3.6

Почвообрабатывающий комбинированный агрегат (рисунок 2) АКП-6 осуществляет следующие виды работ: обработку почвы за один проход на глубину 0,16 м; лушение стерни; обработку и уход за парами; измельчение остатков стеблей и рыхление почвы после уборки кукурузы и корнеплодов; весеннюю обработку почвы с заделкой различных видов минеральных удобрений; проведение работ по предпосевной обработке почвы как для яровых, так и для озимых культур.

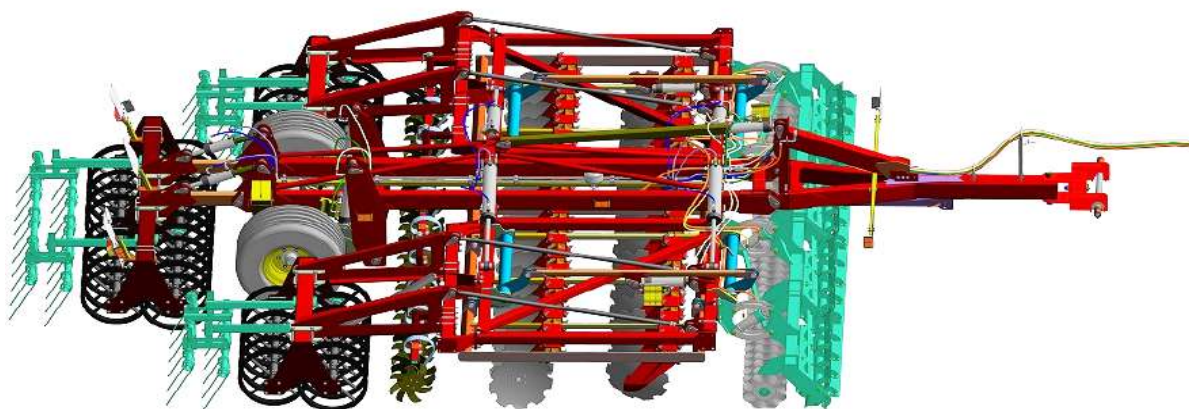


Рисунок 2 – Универсальный комбинированный почвообрабатывающий агрегат АКП-6

Figure 2 – Universal combined tillage machine AKP-6

Агрегат многооперационный почвообрабатывающий АМП-4 (рисунок 3) применяется для ухода за парами, подготовки почвы под посев яровых и озимых культур и поверхностное рыхление без оборота пласта. АМП-4 при перемещении по поверхности поля своими рабочими органами осуществляет рыхление почвы на глубину до 0,18 м, разрушение крупных комьев почвы, подрезание корневой системы сорняков и выравнивание обрабатываемой полосы.



Рисунок 3 – Многооперационный почвообрабатывающий агрегат АМП-4

Figure 3 – Multi-tillage machine AMP-4

Результаты и обсуждение. Рассматривая представленные комбинированные орудия, можно сделать вывод, что их применение при возделывании сельскохозяйственных культур сокращает сроки проведения работ, а также позволяет совмещать

технологические операции обработки почвы. Это влияет на снижение затрат как финансовых, так и энергетических при получении урожая. Однако данный тип машин не способен решать полностью все поставленные задачи по проведению как поверхностной обработки почвы для посева и ухода за парами, так и основной обработки почвы. Применение комбинированных машин не освобождает предприятия АПК от необходимости приобретения однооперационной почвообрабатывающей машины, необходимой в технологии и применяемой для проведения конкретной технологической операции по обработке почвы. И эта машина может использоваться всего несколько дней в сезоне работы, а стоимость её может составлять значительные суммы [8, 10]. При этом стоимость данной техники складывается из цены материала, из которого она выполнена, затраченного энергетического ресурса и заработной платы специалистов, которые её изготовили. На основании приведенных ранее затрат, стоимость самой машины можно разделить на стоимость рамы машины и её рабочих органов. При этом основную стоимость данной машины (около 60-70 %) составляет её несущая рама, а прочую оставшуюся часть составляет цена рабочих органов и расходных материалов [2, 7].

Отсюда возникает вопрос, возможно ли создать универсальную модульную раму, на которой можно размещать съёмные модули различного почвообрабатывающего оборудования с возможностью одновременного внесения минеральных удобрений. Данная разработка позволит эксплуатировать её длительный период сезона на работах, связанных с обработкой почвы, осуществляя лишь смену модулей с рабочими органами в необходимый период сезона. Такая конструкция рамы позволит снизить стоимость будущей машины из-за своей универсальности и увеличит эффективность её применения в агротехнологиях возделывания сельскохозяйственных культур [4, 5-7].

На основании вышеописанных проблем коллективом авторов были проведены исследования в данном направлении, в результате которых была разработана конструкция модульного почвообрабатывающего орудия.

Предлагаемую модульную почвообрабатывающую машину (рисунок 4) можно использовать на операциях, связанных с глубокой полосовой щелевой, чизельной, безотвальной обработкой почвы, поверхностной обработкой, на всех стадиях работ с возможностью внесения минеральных удобрений.

Данная конструкция модульной почвообрабатывающей машины может комплектоваться сменными модулями, состоящими из отдельных наборов рабочих органов: щелерезов, чизельных стоек, культиваторных секций, дисковых батарей и катков различного профиля, а также оборудования для внесения минеральных удобрений. При необходимости рабочие органы можно устанавливать комбинированно.

Возможные схемы комплектования модульного почвообрабатывающего орудия представлены на рисунке 4. Комплектование орудия можно осуществлять следующим образом:

1. Установка на раму модуля с рабочими органами щелереза для основной полосовой обработки почвы или чизеля с оборудованием для внесения минеральных удобрений на заданную глубину обработки с необходимым распределением и нормой.

2. Монтаж модуля с рабочими органами, необходимыми для проведения междурядной обработки с применением оборудования для подкормки растений минеральными удобрениями. При этом на раму можно установить рабочие органы для проведения сплошной культивации, а также дискования для проведения работ по подготовке почвы к посеву или борьбы с сорной растительностью на парах.

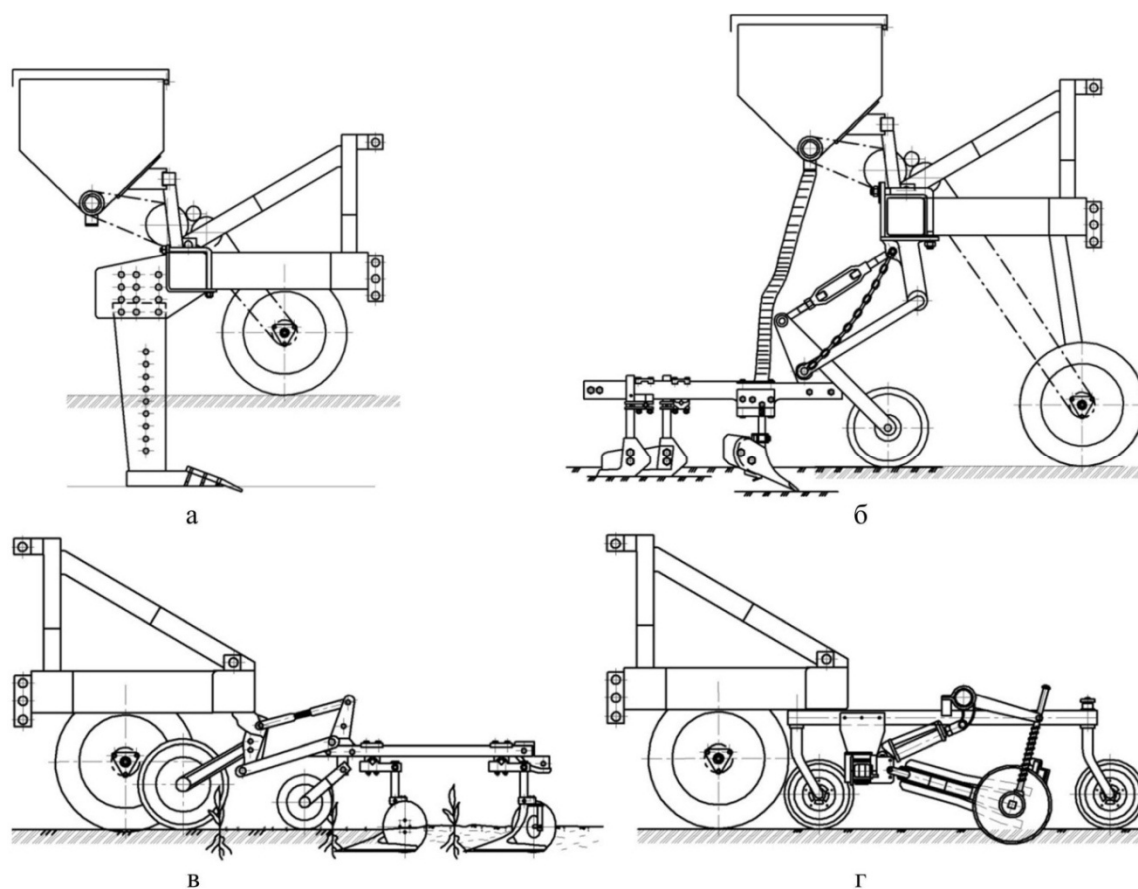


Рисунок 4 – Схема сменных модулей почвообрабатывающей машины:

- а – схема полосовой обработки почвы с возможным внесением минеральных удобрений;
- б – схема междурядной обработки почвы с внесением мелиорантов;
- в – схема сплошной культивации; г – схема дискования почвы

Figure 4 – Scheme of interchangeable modules of tillage machine:

- a – scheme of strip-tillage with possible application of mineral fertilizers;
- b – scheme of inter-row tillage with the application of ameliorants;
- c – scheme of continuous tillage; d – scheme of soil disking

Процесс сборки машины следующий: на универсальную раму монтируются, в соответствии со схемой проведения работы, модули с рабочими органами и, по необходимости, бункеры туковысевающих аппаратов для минеральных удобрений с приводными редукторами. Далее устанавливают опорно-приводные колеса и осуществляют регулировку глубины хода рабочих органов. После сборки машины её агрегируют с трактором и производят регулировку на площадке, и далее она отправляется в поле на выполнение полевых работ.

Данная модульная почвообрабатывающая машина со сменными модулями рабочих органов способна выполнять комплекс технологических операций как по поверхностной обработке, так и по основной обработке на глубину до 0,35 м с возможностью внесения минеральных удобрений. При необходимости на раму можно устанавливать два модуля рабочих органов для совмещения нескольких операций обработки почвы. Это даёт возможность сельскохозяйственным предприятиям использовать универсальную модульную раму модульной машины на протяжении всего сезона работ с почвой. Такая схема избавит хозяйства от приобретения сложной почвообрабатывающей техники специализированного назначения с периодом работы в несколько дней в сезон и позволит

снизить экономические, а также технологические затраты сельскохозяйственного предприятия за счет использования модульной почвообрабатывающей машины на операциях по обработке почвы с применением оборудования для внесения удобрений и мелиорантов в технологических операциях возделывания сельскохозяйственных культур.

Рассмотрим работу модульного почвообрабатывающего орудия, собранного для проведения мелиоративной чизельной обработки почвы с одновременным внесением мелиорантов с возможностью распределения их нормы по глубине.

Предложенное нами орудие направлено на достижение следующих задач: рыхление почвы на глубину отзывчивости растений с внесением в корнеобитаемый слой почвы мелиорантов и удобрений с одновременным улучшением плодородного слоя почвы, а также увеличение урожайности возделываемых культур.

Этот результат достигается тем, что разработанное нами орудие для чизельной обработки почвы с возможным внесением удобрений и мелиорантов состоит из комбинированной клинообразной стойки с установленными в задней её части тукораспределителями. На носке башмака стойки установлено сменное долото, при этом по осевой линии задней стороны стойки выполнены резьбовые отверстия через равное расстояние, определяющее распределение туков, к которым крепятся лево- и правосторонние захваты туков в виде пластин, направленных под углом $15...25^\circ$ к боковой стенке борозды, которая образуется клинообразной стойкой. При этом длина пластины определяется зоной смыкания почвы.

На рисунке 5 изображен рабочий орган орудия для мелиоративной чизельной обработки почвы с одновременным внесением мелиорантов и возможностью распределения нормы по глубине, вид сбоку; вид А – сверху; вид В – вид сзади.

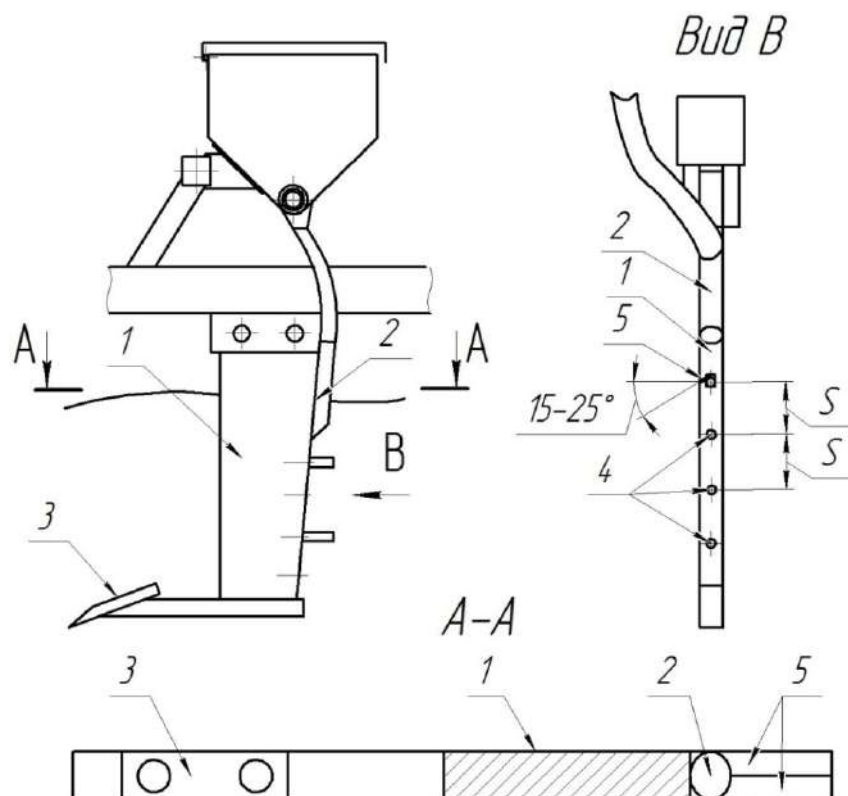


Рисунок 5 – Рабочий орган орудия для мелиоративной чизельной обработки почвы с одновременным внесением мелиорантов и возможностью распределения нормы по глубине

Figure 5 – Working body of the tool for reclamation tillage with simultaneous application of ameliorants and the possibility of distributing the rate by depth

Орудие для мелиоративной чизельной обработки почвы с одновременным внесением мелиорантов с возможностью распределения нормы по глубине состоит из комбинированной клинообразной стойки 1, на задней её части находится тукопровод 2. В нижней части стойки 1 на башмаке установлено сменное долото 3, выполненное из твердой износостойкой стали. В задней части стойки 1 по осевой её линии реализованы резьбовые отверстия 4 через равные расстояния. В резьбовых отверстиях на болтах установлены лево- и правосторонние захваты туков 5 в виде пластин, направленных под углом 15...25° к боковой стенке борозды, образуемой клинообразной стойкой 1. Длина пластины определяется зоной смыкания почвы. Расстояние между захватами туков 5 задается требуемым распределением удобрений в пахотном слое, с учетом шага S между отверстиями 4.

Орудие для мелиоративной чизельной обработки почвы с одновременным внесением мелиорантов и возможностью распределения нормы по глубине работает следующим образом.

При подготовке агрегата к работе осуществляют проверку его технического состояния, регулировку глубины обработки и внесения удобрений, а также заправку бункеров мелиорантами или минеральными удобрениями в зависимости от проводимой операции. После этого проводят регулировку туковысевающих аппаратов на заданную норму внесения. Далее орудие направляется в поле, где при перемещении в заглубленном виде долотом 3, установленном на носке стойки 1, прорезает обрабатываемый пласт почвы в вертикальной плоскости и смещает его в стороны. Образующая зона рыхления после прохождения рабочего органа через определенный промежуток времени сомкнется. Одновременно при движении рабочего органа в почве по закрепленному тукопроводу 2 мелиоранты или вносимые минеральные удобрения под воздействием силы гравитации подаются к установленным в задней части стойки 1 лево- и правосторонним захватам 5 и попадают под воздействие смыкающихся боковых стенок, насыщая собой подвергшийся обработке участок почвы. Наклон захватов 5 под углом 15-25° обеспечивает скатывание отсеченного удобрения от основного потока к боковым стенкам борозды, образованной клиновидной стойкой 1, с последующим смещением и заделкой релаксирующей почвой. Применение лево- и правосторонних захватов 5 с возможностью перемещения по отверстиям 4, выполненным вдоль осевой линии задней стороны стойки с шагом S , обеспечивает требуемое расположение и распределение вносимого в корнеобитаемый слой почвы гранулированных минеральных удобрений и мелиорантов, повышающих урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур.

Выводы. Применение спроектированного орудия для мелиоративной чизельной обработки почвы с одновременным внесением мелиорантов с возможностью распределения нормы по глубине обеспечивает насыщение пахотного корнеобитаемого горизонта необходимыми удобрениями или мелиорантами, что способствует созданию хороших условий для роста и развития растений, а также увеличивает урожайность возделываемой культуры. Предложенная схема модульной почвообрабатывающей машины позволит сельскохозяйственным предприятиям увеличить производительность используемых агрегатов для обработки почвы и расширить область её использования в различных технологиях возделывания за счет единовременного приобретения универсальной рамы и сменных модулей с необходимым набором рабочих органов и оборудования.

Библиографический список

1. Божко И. В., Пархоменко Г. Г., Камбулов С. И. Совершенствование конструкции рабочего органа для послейной бзотвальной обработки почвы // *Тракторы и сельхозмашины*. 2018. № 5. С. 26-31.
2. Борисенко И. Б., Мезникова М. В. Обоснование конструктивных параметров орудий для выполнения полосовой обработки почвы в энергосберегающей системе земледелия // *Вестник аграрной науки Дона*. 2020. № 4 (52). С. 19-27.

3. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Ткаченко А. В. Эффективность инновационных систем возделывания подсолнечника на южных черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 116-124.

4. Повышение уровня функционирования сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин путем обоснования параметров стойки рабочего органа / С. И. Камбулов, В. Б. Рыков, И. В. Божко, В. В. Колесник // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 1. С. 9-16.

5. Canales E., Bergtold J., Williams J. Modeling the choice of tillage used for dryland corn, wheat and soybean production by farmers in Kansas // Agricultural and Resource Economics Review. 2018. № 47 (1). P. 90-117.

6. Energy and agrotechnical indicators in the testing of machine-tractor units with subsoiler / A. S. Ovchinnikov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. V. 12(24). P. 7150-7160. www.scopus.com

7. Ghasemzadeh H. R., Humburg D. Using fan nozzles with adjustable spray angle on long rods // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2016. Vol. 18. P. 80-92.

8. Methods and applications of new technologies used for reducing of chemical usage and controlling of pests (a review) / M. A. Ebrahimi, M. H. Khoshtaghaza1, S. Minaei1, B. Jamshidi // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2018. Vol. 20. No. 2. P. 144-154.

9. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops / I. B. Borisenko, A. S. Ovchinnikov, M. V. Meznikova, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, A. F. Rogachev, E. I. Ulybina // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 341. 012092.

10. Strip-till technology – a method for uniformity in the emergence and plant growth of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) in different environmental conditions of Northern Poland / I. Jaskulska, L. Gałżewski, M. Piekarczyk, D. Jaskulski // Italian Journal of Agronomy. 2018. № 13 (3). P. 194-199.

11. The ways to reduce chemical fertilizer input and increase fertilizer use efficiency in Maize in Northeast China / M. Hua [et al.] // Scientia Agricultura Sinica. 2018. № 51(14). P. 2758-2770.

Conclusion. Application of the designed tool for meliorative tillage with simultaneous application of ameliorants with the possibility of depth distribution of the norm provides saturation of the arable root zone with necessary fertilizers or ameliorants, which helps to create good conditions for plant growth and development and also increases the yield of the cultivated crop. The proposed scheme of the modular tillage machine will allow agricultural enterprises to increase the productivity of the used units for tillage and expand the area of its use in various cultivation technologies due to the simultaneous acquisition of a universal frame and interchangeable modules with the necessary set of working tools and equipment.

References

1. Bozhko I. V., Parkhomenko G. G., Kambulov S. I. Improvement of the design of the working body for dust-b-LA non-dump truck of salt // Tractors and agricultural machines. 2018. N. 5. P. 26-31.

2. Borisenko I. B., Meznikova M. V. Justification of design parameters of implements for strip-tillage in energy-saving farming system // Bulletin of the Don Agrarian Science. 2020. № 4 (52). P. 19-27.

3. Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G., Tkachenko A. V. Effectiveness of innovative sunflower cultivation systems on southern black soils of Volgograd Region // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. № 3 (59). P. 116-124.

4. Raising the level of functioning of agricultural tillage machines by substantiating the parameters of the working body rack / S. I. Kambulov, V. B. Rykov, I. V. Bozhko, V. V. Kolesnik // Tractors and agricultural machines. 2018. No. 1. P. 9-16.

5. Canales E., Bergtold J., Williams J. Modeling the choice of tillage used for dryland corn, wheat and soybean production by farmers in Kansas // Agricultural and Resource Economics Review. 2018. № 47 (1). P. 90-117.

6. Energy and agrotechnical indicators in the testing of machine-tractor units with subsoiler / A. S. Ovchinnikov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. V. 12(24). P. 7150-7160. www.scopus.com

7. Ghasemzadeh H. R., Humburg D. Using fan nozzles with adjustable spray angle on long rods // *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2016. Vol. 18. P. 80-92.

8. Methods and applications of new technologies used for reducing of chemical usage and controlling of pests (a review) / M. A. Ebrahimi, M. H. Khoshtaghazal, S. Minaei, B. Jamshidi // *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 2018. Vol. 20. No. 2. P. 144-154.

9. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops / I. B. Borisenko, A. S. Ovchinnikov, M. V. Meznikova, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, A. F. Rogachev, E. I. Ulybina // *Conference on Innovations in Agricultural and Rural development IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2019. V. 341. 012092.

10. Strip-till technology – a method for uniformity in the emergence and plant growth of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) in different environmental conditions of Northern Poland / I. Jaskulska, L. Gałęzewski, M. Piekarczyk, D. Jaskulski // *Italian Journal of Agronomy*. 2018. № 13 (3). P. 194-199.

11. The ways to reduce chemical fertilizer input and increase fertilizer use efficiency in Maize in Northeast China / M. Hua [et al.] // *Scientia Agricultura Sinica*. 2018. № 51(14). P. 2758-2770.

Author's information

Borisenko Ivan Borisovich - Honored inventor of the Russian Federation, Dr. of Technical Sciences, Senior Research Scientist of the Department "Farming and Agrochemistry" of FSBEI HE Volgograd SAU. (400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), Chief Researcher, Professor, tel. +7 (8442) 41-12-48. E-mail: borisenivan@yandex.ru

Skripkin Dmitry Vladimirovich, researcher of "Research Institute for Advanced Innovation and Research in the Agroindustrial Complex" of the FSBEI HE Volgograd SAU, (400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), Candidate of Technical Sciences, tel. +7(8442) 41-15-10. E-mail: umka525@mail.ru

Meznikova Marina Viktorovna, Senior Researcher of "Research Institute for Advanced Innovations and Research in the Agroindustrial Complex" of the of the FSBEI HE Volgograd SAU, (400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), Candidate of Technical Sciences, tel. +7 (8442) 41-12-48.

Bobrikov Dmitry Vladimirovich, Graduate student of the department "Farming and agrochemistry" FSBEI HE Volgograd SAU, (400002, Volgograd, 26 Universitetsky Avenue)

Информация об авторах

Борисенко Иван Борисович, Заслуженный изобретатель РФ, д-р техн. наук, ст. науч. сотрудник кафедры «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), главный научный сотрудник, Профессор, тел. +7 (8442) 41-12-48. E-mail: borisenivan@yandex.ru

Скрипкин Дмитрий Владимирович, научный сотрудник «НИИ перспективных инноваций и исследований в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук, тел. +7(8442) 41-15-10. E-mail: umka525@mail.ru

Мезникова Марина Викторовна, старший научный сотрудник «НИИ перспективных инноваций и исследований в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук тел. +7 (8442) 41-12-48.

Бобриков Дмитрий Владимирович, аспирант кафедры "Земледелие и агрохимия" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26).

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-34

STUDY OF THE EFFECT OF CARBON DIOXIDE ON REDUCING MOISTURE LOSS DURING COLD STORAGE OF SMOKED FISH

E.N. Neverov, I.A. Korotkiy, P.S. Korotkih,
O.A. Neverova, L.A. Proskuryakova

Kemerovo State University, Kemerovo

Received 23.06.2021

Submitted 25.08.2021

Abstract

Introduction. When storing smoked fish, there is a loss of mass, the so-called «shrinkage» or «shrinkage», which occurs due to the loss of moisture in the product, which leads to significant weight losses of fish and fish products during trade. **Object.** The purpose of this work is to study the effect of carbon

dioxide on the shrinkage of smoked fish and to develop a technical solution for the implementation of the technology with the use of CO₂ in the fish trade. As the studied samples, we use mackerel, flounder and crucian carp. **Materials and methods.** To conduct experimental studies, a refrigerator for storing and trading smoked fish in a carbon dioxide environment was developed. The developed refrigerating chamber with the installed measuring complex allows you to control the shrinkage of cold-smoked fish during its storage. **Results and conclusions.** The studies were carried out in two versions: storing fish in a chamber under traditional conditions and with the addition of carbon dioxide (CO₂) to the refrigerator. The use of a carbon dioxide gas environment during the storage of smoked fish leads to an increase in the moisture-retaining ability of fish compared to the traditional method of storage. In the proposed method of storage in a cold gas environment with CO₂, the shrinkage of fish is reduced. Carbon dioxide penetrating into the tissues of the product is capable of hydration with the formation of carbon dioxide, bicarbonates and carbonate ions. The latter bind water molecules well in the hydrate shell due to positive hydration, which slows down the processes of hydrolysis and oxidation of lipids inside the subcutaneous layer and preserves the moisture-retaining ability of tissues. Thus, the use of carbon dioxide in the storage of smoked fish reduces weight loss and does not affect the appearance of the fish. There are no signs of spoilage and discoloration of the fish. The gas environment carbon dioxide does not affect the taste qualities of smoked fish meat, which is also of great importance.

Key words: smoked fish, storage, «shrinkage», carbon dioxide.

Citation. Neverov E. N., Korotkiy I. A., Korotkih P. S., Neverova O. A., Proskuryakova L. A. Study of the effect of carbon dioxide on reducing moisture loss during cold storage of smoked fish. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3 (63). 327-337 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-34.

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

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

УДК 641.664

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА СНИЖЕНИЕ ПОТЕРИ ВЛАГИ ПРИ ХОЛОДИЛЬНОМ ХРАНЕНИИ КОПЧЕНОЙ РЫБЫ

Е. Н. Неверов, доктор технических наук, профессор

И. А. Короткий, доктор технических наук, профессор

П. С. Коротких, аспирант

О. А. Неверова, доктор технических наук, профессор

Л. А. Проскурякова, доктор технических наук, профессор

¹ ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

Дата поступления в редакцию 23.06.2021

Дата принятия к печати 25.08.2021

Актуальность. При хранении копченой рыбы происходит потеря массы, так называемая «усадка» или «усушка», которая возникает из-за потери влаги в продукте, что приводит к существенным потерям массы рыбы и рыбной продукции при торговле. **Объект.** Целью данной работы является исследование влияния диоксида углерода на усушку копченой рыбы и разработка технического решения реализации технологии с применением CO₂ при торговле рыбой. В качестве исследуемых образцов используем скумбрию, камбалу и карася. **Материалы и методы.** Для проведения экспериментальных исследований была разработана холодильная камера для хранения и торговли копченой рыбой в среде диоксида углерода. Разработанная холодильная камера с установленным измерительным комплексом позволяет контролировать усушку рыбы холодного копчения при ее хранении. **Результаты и выводы.** Исследования проведены в двух вариантах: хранение рыбы в камере при традиционных условиях и с добавлением в холодильную камеру диоксида углерода (CO₂). При хранении копченой рыбы использование газовой среды на основе углекислого газа позволяет повысить влагоудерживающую способность продукта по сравнению с традиционными способами хранения рыбы. При использовании в торговых сетях разработанной технологии хранения рыбы в газовой среде CO₂ усушка рыбы

значительно снижается, проникающий газообразный диоксид углерода в ткани рыбы вызывает гидратацию с получением уголекислоты, гидрокарбонатов и карбонат-ионов. В свою очередь, карбонат-ионы образуют связь молекулы воды в гидратной оболочке посредством положительной гидратации, это позволяет замедлить процессы гидролиза и окисления липидов в подкожном слое и обеспечить влагоудерживающую способность тканей рыбы, что в итоге приводит к снижению потери влаги готового продукта. Таким образом, применение диоксида углерода при хранении копченой рыбы снижает потери массы и не ухудшает ее внешнего вида. При этом каких-либо показателей изменения качества рыбы, а также изменения цвета рыбы нет. Применение газообразной среды CO₂ не оказывает влияния на вкусовые характеристики мяса копченой рыбы, что также имеет большое значение.

Ключевые слова: копченая рыба, хранение рыбы копченой, холодильное хранение рыбы, диоксид углерода.

Цитирование. Неверов Е. Н., Короткий И. А., Коротких П. С., Неверова О. А., Проскурякова Л. А. Исследование влияния диоксида углерода на снижение потери влаги при холодильном хранении копченой рыбы. *Известия НВ АУК*. 2021. 3 (63). 327-337. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-34.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Большое количество различных видов пищевых продуктов является, как правило, скоропортящимися. Для длительного сохранения качества пищевых продуктов их размещают в холодильных камерах, где поддерживают нормируемую температуру, позволяющую предотвратить развитие микроорганизмов. Но существует ряд проблем при хранении определенных видов товаров. Так, при хранении копченой рыбы происходит потеря массы, так называемая «усадка» или «усушка», которая возникает из-за потери влаги в продукте, что приводит к существенным потерям массы рыбы и рыбной продукции при торговле [1, 2, 10].

При хранении копченой рыбы коэффициент «усадки» в среднем для разных видов рыбы может составлять: вобла – 26,7 %, лещ – 20,0 %, каспийская сельдь – 21,4 % от массы готовой соленой рыбы. Разность в размере потерь массы рыбы в процессе копчения очень сильно зависит от размера навески рыбы в подаваемой партии. При засолке масса соленой воблы возрастает в среднем на 11,8 %, леща – около 13,1 %, а сельди каспийской – на 9,4 %. Снижение массы рыбы при сушке происходит в процентном соотношении в среднем: воблы – 10,4 %, леща – 7,6, а каспийской сельди – 11,6 % (от общей массы соленой рыбы). 40 % от общей потери массы приходится на мясо, а остальные 60 % – на несъедобные части (голова, субпродукты, кожа, кости, плавники). В мясе соленой рыбы находятся бромированные вещества, определяемые как фенолы, массой от 6 до 14 мг на 100 г сухого вещества. В процессе копчения объем фенолов в мясе копченой рыбы возрастает до 2-3 раз. Между степенью копчения рыбы, определяемой органолептически, и содержанием фенолов в мясе существует соответствие. Мясо обычной копченой рыбы обладает 20-35 мг, а слегка копченой – 20 мг фенола и меньше на 100 г сухого вещества. Во время копчения происходит частичное расщепление белков мяса рыбы, что свидетельствует об увеличении количества небелкового и аминокислотного азота в рыбе после копчения (в 1,5-1,8 раза) [5, 9, 10, 14].

В соответствии со стандартами гигиены, трехдневный период хранения рыбы горячего копчения в настоящее время является обязательным, но срок хранения такой рыбы без изменения качества гораздо больше. Если рыба горячего копчения произведе-

на в соответствии с требованиями технических условий, то срок ее реализации будет увеличен. Также на продолжительность хранения рыбы в охлажденном состоянии в торговой сети, транспортных средствах и бытовых холодильниках существенно влияет температура хранения, которая лежит в диапазоне от минус 2 до 2 °С [3, 6, 7, 11].

Кроме того, для увеличения сроков хранения копченую рыбу подвергают замораживанию до минус 30 °С и при данной температуре производят ее транспортировку, хранение, и реализация производится в течение 30 суток. Перед реализацией для сохранения качества рыбы обязательно производят медленное оттаивание с температурой среды, не превышающей 8 °С. Также при хранении копченой рыбы относительная влажность воздуха должна находиться в пределах 70–80 %, увеличение относительной влажности до 90 % (допускается при хранении замороженной рыбы), что снижает потерю массы рыбы, которая связана с испарением влаги в виде естественной убыли [4, 15].

Во время хранения копченой рыбы необходимо регулярно производить контроль чистоты воздуха в холодильных камерах, рыба при загрузке в камеру должна проходить контроль на предмет заражения плесенью, т.к. данный продукт очень сильно подвержен этому. Еще один немаловажный процесс, который часто встречается при длительном хранении копченой рыбы, это окисление жира, который в итоге ухудшает вкус и запах, а также приводит к существенным потерям продукта за счет усушки [11].

При хранении копченой рыбы способов борьбы с усушкой, реализуемых на практике, не так и много, в большинстве случаев используют различные виды упаковки: полиэтиленовый пакет, вакуумную упаковку, повышают до предельных значений влажность в камерах. Но эти методы не обеспечивают существенного снижения усушки продукта, а приводят к удорожанию реализуемой рыбы и сложности реализации на практике [9, 13, 16].

Материалы и методы. Целью данной работы является исследование влияния диоксида углерода на усушку копченой рыбы и разработка технического решения реализации технологии с применением CO_2 при торговле рыбой.

В городе Кемерово были проведены маркетинговые исследования в торговых точках с копченой рыбой. Наибольшим спросом пользуется и соответственно реализуется в торговых точках рыба следующих видов: скумбрия, камбала, карась, горбуша, кета, мойва, щука и др.

В качестве исследуемых образцов используем скумбрию, камбалу и карася.

Для проведения экспериментальных исследований была разработана холодильная камера для хранения и торговли копченой рыбой в среде диоксида углерода. Схема холодильной камеры представлена на рисунке 1.

Холодильная камера представляет собой теплоизолированный объем (8). Внутренний объем холодильной камеры имеет секцию обшивки, которая выполнена из нержавеющей стали, а наружная изготовлена из листового алюминия. В пространстве между обшивками размещен теплоизоляционный материал с низким коэффициентом теплопроводности. В верхней части холодильной камеры установлена дверь (9). Рыба укладывается в специальный решетчатый ящик (5), установленный на профильных уголках. Холодильная камера установлена на станине (10).

Подача диоксида углерода происходит непосредственно в контейнер (12) с помощью привода из бункера (15) в виде прессованных цилиндров (таблеток) (13). Механическая заслонка перемещается по роликам при помощи шагового двигателя. В камере установлен измеритель концентрации углекислого газа модели DT – 802 (6), в момент падения концентрации CO_2 подается сигнал на приборную панель (14), после чего происходит открытие заслонки (11) и таблетка с прессованным диоксидом углерода

подается по желобу (16) непосредственно в контейнер (12), размещенный в камере хранения. Время сублимации диоксида углерода зависит от загрузки камеры и температуры, поддерживаемой в охлаждаемом объеме [8, 12].

Термодатчик (4) регулирует интенсивность охлаждения и поддержание определенной температуры в охлаждаемом объеме. Если термодатчик (4) фиксирует температуру ниже установленной, то подает сигнал на контроллер (7) и компрессор (3) отключается.

В данной установке применяется фреоновая (R404a) схема. К основным элементам относят: поршневой компрессор (3), испаритель (1), конденсатор (2), дроссельный элемент.

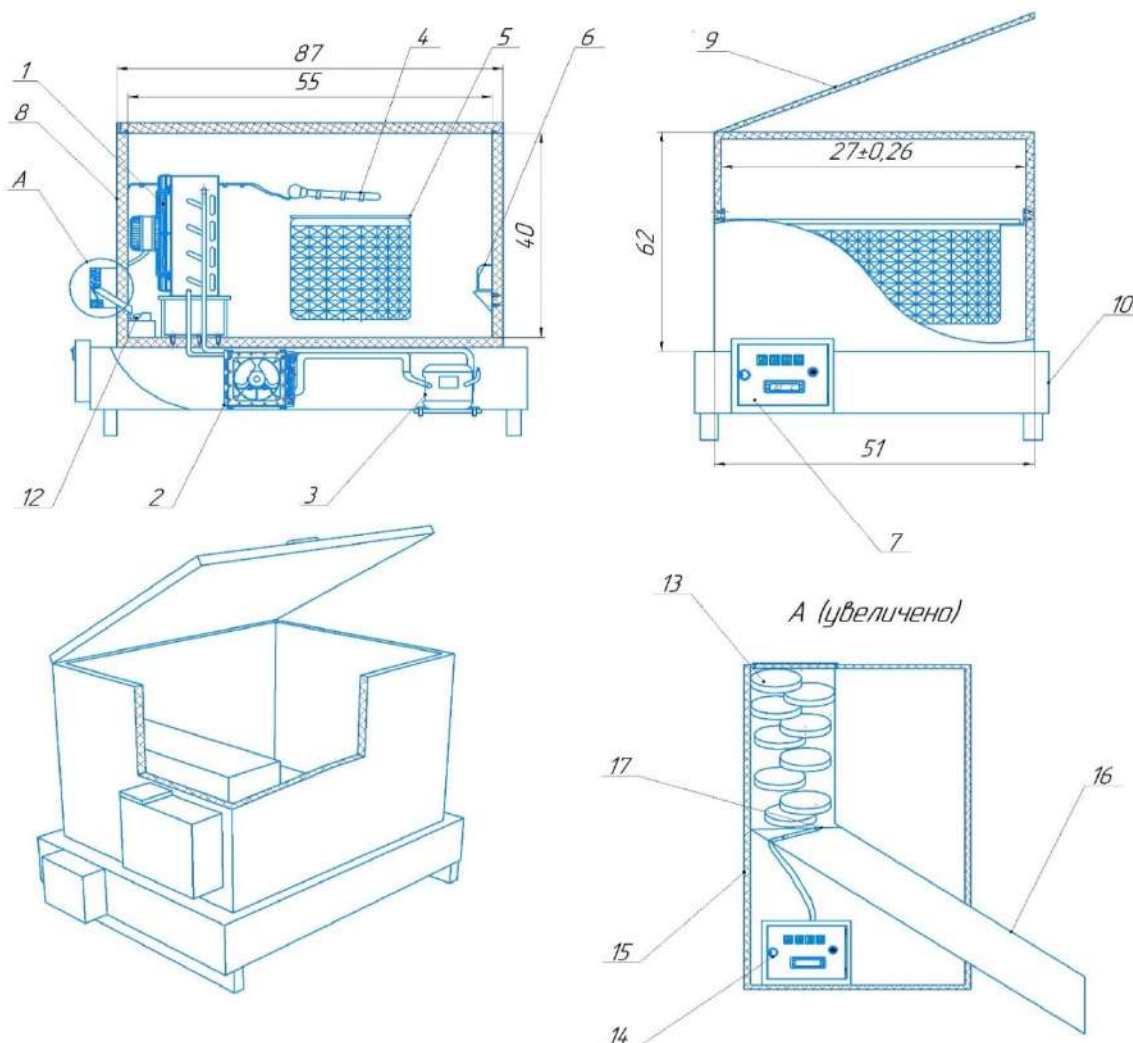


Рисунок 1 – Холодильная камера для хранения и торговли рыбой

Figure 1 – Refrigerator for storing and trading fish

В измерительный комплекс входят следующие элементы: весы лабораторные (m-er 123 acf «sensomatic» tft) с погрешностью измерения $\pm 0,05$ гр., измеритель концентрации углекислого газа в воздухе DT-802 с погрешностью гр. ± 75 ppm, регистратор температуры и влажности DT-172, точность измерения температуры в диапазоне $-10...40$ °C составляет ± 1 °C, а измерения влажности в диапазоне $60...80$ % RH составляет $\pm 3,5$ % RH.

Разработанная холодильная камера с установленным измерительным комплексом позволяет контролировать усушку рыбы холодного копчения при ее хранении.

Результаты и обсуждение. Исследования проведены в двух вариантах: хранение рыбы в камере при традиционных условиях и с добавлением в холодильную камеру диоксида углерода (CO₂) [13].

Первая серия экспериментов была проведена без подачи диоксида углерода в камеру.

Перед началом проведения эксперимента холодильная камера выводится на стационарный режим работы, который поддерживается в течение всего периода хранения копченой рыбы. Температура в камере составила 2 ± 2 °C, относительная влажность – на уровне 70 %.

В холодильную камеру загружается рыба холодного копчения 3-х видов (скупбрия, карась, камбала). Перед началом эксперимента масса рыбы составила: скупбрия – $333 \pm 0,1$ г, карась – $154 \pm 0,1$ г, камбала – $242 \pm 0,1$ г.

В таблице 1 представлены изменения массы рыбы в течение десяти суток хранения.

Таблица 1 – Изменение массы рыбы в течение десяти суток хранения

Table 1 – Change in fish weight during ten days of storage

Продолжительность хранения рыбы холодного копчения, (сут.) / Duration cold smoked fish storage, (day)	Масса рыбы (г) / Fish mass (g)		
	Скупбрия / Mackerel	Карась / Carp	Камбала / Flounder
1	333 ± 0.1	154 ± 0.1	242 ± 0.1
2	329 ± 0.1	151 ± 0.1	235 ± 0.1
3	326 ± 0.1	149 ± 0.1	224 ± 0.1
4	326 ± 0.1	145 ± 0.1	217 ± 0.1
5	325 ± 0.1	144 ± 0.1	209 ± 0.1
6	319 ± 0.1	140 ± 0.1	200 ± 0.1
7	317 ± 0.1	138 ± 0.1	191 ± 0.1
8	315 ± 0.1	136 ± 0.1	183 ± 0.1
9	313 ± 0.1	134 ± 0.1	175 ± 0.1
10	311 ± 0.1	131 ± 0.1	166 ± 0.1

Из анализа полученных результатов можно сделать вывод, что потеря массы скупбрии в первые сутки хранения составила 4 грамма (1,2 %), а на третьи сутки снизилась на 3 грамма и общая потеря рыбы составила 2,1 %, после чего до пятых суток существенных изменений не происходило, на шестые сутки вес скупбрии составил 319 г, что составило 4,2 %, в течение последующих четырех суток масса скупбрии уменьшалась каждый день в среднем на 3 грамма. Таким образом, в течение десяти суток скупбрия потеряла 22 грамма, или около 6,6 %.

Во время первых суток хранения потери массы скупбрии наиболее существенны, что можно связать с максимальной разностью температур воздуха в холодильной камере и рыбой, также существенное влияние оказывает то, что мономолекулярный слой более прочно адсорбируется на поверхности рыбы, это так называемая свободная вода. Увеличение влаги на поверхностных слоях продукта приводит соответственно к увеличению усушки. На конечном этапе хранения рыбы происходит снижение интенсивности потери массы, что связано с потерей влаги уже от внутренних слоев рыбы и потерей связанной воды [11].

Карась в течение первых двух суток терял по 3 грамма каждый день, порядка 1,9 %, на третьи сутки потеря массы составила 4 грамма (2,5 %), на четвертые сутки значительных потерь не возникло, начиная с шестых суток и до окончания процесса хранения потеря в массе карася стабильно составила 2 грамма каждый день. Таким образом, общая масса потери составила 23 г за весь период это около 15 %.

У камбалы в первые сутки потеря массы составила 7 граммов, это порядка 2,9 %, что значительно больше, чем у других видов копченой рыбы, в последующие дни вес камбалы уменьшался каждый день на 9 граммов (3,7 %). Общая потеря массы камбалы в течение всего времени хранения составила 76 граммов, что в процентах за 10 суток хранения составило около 31 %, что весьма существенно. Причиной такой существенной потери массы копченой камбалы и скумбрии является их высокая жирность и количество влаги, которой в тканях мяса данных видов рыбы больше, чем у карася, также данное явление можно связать с тем, что морская вода, находящаяся в мясе рыбы (йодированная вода) из-за наличия солей испаряется гораздо интенсивней, а так же камбала была потрошённой, что привело к увеличению поверхности тепло- и влагообмена, причем не только с внешней поверхности, но и с внутренней поверхности рыбы.

Значительно на потерю влаги рыбы оказывает ее жирность, жирные рыбы содержат меньше влаги, чем тощие. Таким образом, карась относится к менее жирной рыбе и соответственно потери его массы в процессе хранения снижаются по сравнению с другими видами исследуемых рыб.

Следующая группа исследований по хранению копченой рыбы проведена с использованием диоксида углерода. Принцип работы холодильной камеры для хранения и торговли рыбой представлен на рисунке 1.

Рыба, используемая в исследованиях, таких же видов, что и в предыдущей группе исследований, но в этот раз в камеру помещается диоксид углерода и датчик для контроля концентрации CO₂.

Перед началом эксперимента холодильная камера была выведена на стационарный режим работы, который характеризуется постоянной влажностью 70 % и температурой 2±2 °С, а также концентрацией диоксида углерода, в случае когда концентрация CO₂ падает, прессованный диоксид углерода автоматически подаётся через жёлоб из бункера в контейнер (12).

Масса рыбы холодного копчения перед загрузкой в камеру для хранения составила: скумбрия – 351±0,1 г., карась – 163±0,1 г., камбала – 143±0,1 г.

В таблице 2 показано снижение массы рыбы в течение 10 суток хранения с поддержанием в холодильной камере газовой углекислотной среды.

Таблица 2 – Изменение массы рыбы в течение 10 суток хранения с поддержанием в холодильной камере газовой углекислотной среды

Table 2 – The change in the mass of fish during 10 days of storage with the maintenance of a carbon dioxide gas environment in the refrigerator

Продолжительность хранения рыбы холодного копчения, (сут.) / Duration cold smoked fish storage, (day)	Масса рыбы (г) / Fish mass (g)		
	Скумбрия Mackerel	Карась Carp	Камбала Flounder
1	351±0.1	163±0.1	143±0.1
2	341±0.1	159±0.1	137±0.1
3	341±0.1	157±0.1	134±0.1
4	340,5±0.1	155±0.1	130±0.1
5	340±0.1	153±0.1	128±0.1
6	339±0.1	152±0.1	123±0.1
7	338±0.1	151±0.1	119±0.1
8	339±0.1	148±0.1	115±0.1
9	335±0.1	145±0.1	112±0.1
10	334±0.1	143±0.1	108±0.1

Анализ полученных данных (таблица 2) показывает, что потеря массы скумбрии в первые сутки составила 10 граммов (2,8 %), в последующие восемь суток масса рыбы уменьшалась в среднем по 1 грамму в сутки, а на девятые сутки потеря массы составила 4 грамма и далее опять около 1 грамма. Таким образом, в течение десяти суток хранения скумбрия холодного копчения потеряла 17 граммов, что составляет 4,8 %.

Карась же в свою очередь в течение всего эксперимента (10 суток) терял от 1 до 4 граммов ($0,6 \div 2,4$ %) каждые сутки и потеря массы на десятые сутки составила 20 граммов, или 12 %.

У камбалы в первые сутки потеря массы составила 6 граммов (4,2 %). Далее темп потери влаги был снижен, на вторые и третьи сутки усушка составила 4 грамма, а на четвертые сутки – 2 грамма. Затем на пятые сутки произошло увеличение потери массы рыбы и составило 5 граммов, после чего потеря влаги стабилизировалась и составляла не более 4 граммов (2,5 %). Общая потеря массы камбалы холодного копчения в течение всего периода хранения составила 35 граммов (24,4 %). Причина такой потери влаги описана выше, но применение CO_2 позволяет уменьшить потери влаги с поверхности рыбы.

В предлагаемом способе усушка копченой рыбы проходит более равномерно и менее интенсивно, даже для рыбы с высокой жирностью и влагосодержанием. При этом процесс холодильного хранения копченой рыбы реализуется путем воздействия на продукт холодной газовой среды диоксида углерода. В данном случае при хранении рыбы происходит вытеснение кислорода из камеры хранения сублимирующим диоксидом углерода. В этих условиях, образуется газовая среда с высокой концентрацией CO_2 . При хранении копченой рыбы в данной среде с низкой концентрацией кислорода и высокой CO_2 позволяет использовать антисептические свойства диоксида углерода, который поддерживает в животных тканях метаболизм веществ на достаточно низком уровне, что обеспечивает снижение развития патогенной микрофлоры и, тем самым, увеличивает срок хранения пищевого продукта более чем в два раза.

При хранении копченой рыбы использование газовой среды на основе углекислого газа позволяет повысить влагоудерживающую способность продукта относительно традиционных способов хранения рыбы. При использовании в торговых сетях разработанной технологии хранения рыбы в газовой среде CO_2 усушка рыбы значительно снижается, проникающий газообразный диоксид углерода в ткани рыбы вызывает гидратацию с получением углекислоты, гидрокарбонатов и карбонат-ионов. В свою очередь карбонат-ионы образуют связь молекулы воды в гидратной оболочке по средствам положительной гидратации, это позволяет замедлить процессы гидролиза и окисления липидов в подкожном слое и обеспечить влагоудерживающую способность тканей рыбы, что в итоге приводит к снижению потери влаги готового продукта.

Выводы. Таким образом, применение диоксида углерода при хранении копченой рыбы снижает потери массы и не ухудшает ее внешнего вида. При этом каких-либо показателей изменения качества рыбы, а также изменений цвета рыбы нет. Применение газообразной среды CO_2 не оказывает влияния на вкусовые характеристики мяса копченой рыбы, что также имеет большое значение.

Библиографический список

1. Влияние ультразвукового воздействия на интенсивность процесса посола рыбного сырья / В. В. Садовой [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2020. № 10. С. 212–217.
2. Использование пленок, обогащенных антоциановым пигментом, в качестве индикатора свежести рыбного фарша / Н. Ю. Чеснокова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 2. С. 349–362.

3. Неверов Е. Н. Анализ способов охлаждения неразделанной рыбы диоксидом углерода // Вестник Международной академии холода. 2018. № 2. С. 55-60.
4. Неверов Е. Н., Коротких П. С., Салищева О. В. Методы совершенствования технологии хранения сушено-вяленой рыбы // Вестник КрасГАУ. 2019. № 3. С. 175-181.
5. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on microbiological properties of cold-smoked trout / J. Dordević [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V. 85 (1). 012084.
6. Effect of supercritical CO₂ plant extract and berry press cakes on stability and consumer acceptance of frozen Baltic herring (*Clupea harengus membras*) mince / A. Damerau [et al.] // Food Chemistry. 2020. V. 332. # 127385.
7. Kuwahara Yu. T., Ohno S. Recycling salmon meat by decontamination under mild conditions using high-pressure carbon dioxide // Waste Management. 2021. V. 124. P. 102-109.
8. Li P., Mei J., Xie J. Chitosan-sodium alginate bioactive coatings containing ϵ -polylysine combined with high CO₂ modified atmosphere packaging inhibit myofibril oxidation and degradation of farmed pufferfish (*Takifugu obscurus*) during cold storage // LWT. 2021. V. 140. № 110652.
9. Mireles Dewitt C. A., Oliveira A. C. M. Modified atmosphere systems and shelf life extension of fish and fishery products // *Foods*. 2016. V. 5 (3). Art. no. 48. Pp. 1-27.
10. Mohan C. O. A., Ravishankar C. N. Active and intelligent packaging systems-application in seafood // World Journal of Aquaculture Research and Development. 2019. Vol. 1. № 1. P. 010-016.
11. Nguyen T.-B., Nguyen T.-H., Chung W.-Y. Battery-free and noninvasive estimation of food pH and CO₂ concentration for food monitoring based on pressure measurement // *Sensors* (Switzerland). 2020. V. 20 (20). No. 5853. P. 1-12.
12. Rode T. M., Rotabakk B. T. Extending shelf life of desalted cod by high pressure processing // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2021. V. 69. № 102476.
13. Studying the sublimation of carbon dioxide / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, E. V. Korotkaya, A. N. Rashchepkin // *Periodico Tche Quimica*. 2021. V. 18. №37. P. 1-12.
14. Szabo E. A., Cahill M. E. Nisin and ALTA(TM) 2341 inhibit the growth of *Listeria monocytogenes* on smoked salmon packaged under vacuum or 100% CO₂ // *Letters in Applied Microbiology*. 2019. V. 28 (5). P. 373-377.
15. The design of the device for the solid carbon dioxide production / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, A. N. Rashchepkin, M. I. Ibragimov, A. N. Grinyuk // *IOP: Materials Science and Engineering*, 2020.
16. Zand N., Mohammadi A. S., Eshaghi M. R. Effect of modified atmosphere packaging and multi-layer flexible films on sensory evaluation of smoked kutum fish (*Rutilus frisii kutum*) // *Der Pharma Chemica*. 2016. V. 8 (19). P. 600-607.

Conclusions. Thus, the use of carbon dioxide in the storage of smoked fish reduces weight loss and does not affect the appearance of the fish. There are no signs of spoilage and discoloration of the fish. The gas environment carbon dioxide does not affect the taste qualities of smoked fish meat, which is also of great importance.

Reference

1. Influence of ultrasonic influence on the intensity of the salting process of fish raw materials / V. V. Sadovoy [et al.] // *Bulletin of KrasGAU*. 2020. No. 10. P. 212–217.
2. Use of films enriched with anthocyanin pigment as an indicator of freshness of fish mince / N. Yu. Chesnokova [et al.] // *Technics and technology of food production*. 2021. V. 51. No. 2. P. 349–362.
3. Neverov E. N. Analysis of methods for cooling uncut fish with carbon dioxide // *Bulletin of the International Academy of Cold*. 2018. No. 2. P. 55-60.
4. Neverov E.N., Korotkikh P. S., Salishcheva O. V. Methods for improving the storage technology of dried-dried fish // *Bulletin of KrasGAU*. 2019. No. 3. P. 175-181.

5. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on microbiological properties of cold-smoked trout / J. Dordević [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V. 85 (1). 012084.
6. Effect of supercritical CO₂ plant extract and berry press cakes on stability and consumer acceptance of frozen Baltic herring (*Clupea harengus membras*) mince / A. Damerau [et al.] // Food Chemistry. 2020. V. 332. # 127385.
7. Kuwahara Yu. T., Ohno S. Recycling salmon meat by decontamination under mild conditions using high-pressure carbon dioxide // Waste Management. 2021. V. 124. P. 102-109.
8. Li P., Mei J., Xie J. Chitosan-sodium alginate bioactive coatings containing ϵ -polylysine combined with high CO₂ modified atmosphere packaging inhibit myofibril oxidation and degradation of farmed pufferfish (*Takifugu obscurus*) during cold storage // LWT. 2021. V. 140. № 110652.
9. Mireles Dewitt C. A., Oliveira A. C. M. Modified atmosphere systems and shelf life extension of fish and fishery products // *Foods*. 2016. V. 5 (3). Art. no. 48. Pp. 1-27.
10. Mohan C. O. A., Ravishankar C. N. Active and intelligent packaging systems-application in seafood // World Journal of Aquaculture Research and Development. 2019. Vol. 1. № 1. P. 010-016.
11. Nguyen T.-B., Nguyen T.-H., Chung W.-Y. Battery-free and noninvasive estimation of food pH and CO₂ concentration for food monitoring based on pressure measurement // Sensors (Switzerland). 2020. V. 20 (20). No. 5853. P. 1-12.
12. Rode T. M., Rotabakk B. T. Extending shelf life of desalted cod by high pressure processing // Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2021. V. 69. № 102476.
13. Studying the sublimation of carbon dioxide / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, E. V. Korotkaya, A. N. Rashchepkin // Periodico Tche Quimica. 2021. V. 18. №37. P. 1-12.
14. Szabo E. A., Cahill M. E. Nisin and ALTA(TM) 2341 inhibit the growth of *Listeria monocytogenes* on smoked salmon packaged under vacuum or 100% CO₂ // Letters in Applied Microbiology. 2019. V. 28 (5). P. 373-377.
15. The design of the device for the solid carbon dioxide production / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, A. N. Rashchepkin, M. I. Ibragimov, A. N. Grinyuk // IOP: Materials Science and Engineering, 2020.
16. Zand N., Mohammadi A. S., Eshaghi M. R. Effect of modified atmosphere packaging and multi-layer flexible films on sensory evaluation of smoked kutum fish (*Rutilus frisii kutum*) // Der Pharma Chemica. 2016. V. 8 (19). P. 600-607.

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

Neverova Olga Alexandrovna, Director of the Institute of Biology, Ecology and Natural Resources of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University» (RF, 650043, Kemerovo, Krasnaya str., 6), Doctor of Technical Sciences, tel. 8923600-73-67, e-mail: nev11@yandex.ru

Proskuryakova Larisa Alexandrovna, Professor of the Department of Psychology and General Pedagogy of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University» (RF, 650043, Kemerovo, Krasnaya str., 6), Doctor of Technical Sciences, tel. 8913079-90-42, e-mail: loral@yandex.ru

Информация об авторах

Неверов Евгений Николаевич, заведующий кафедрой техносферной безопасности 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

Неверова Ольга Александровна, директор института «Биологии, экологии и природных ресурсов» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (РФ, 650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6), доктор технических наук, тел. 8923600-73-67, e-mail: nev11@yandex.ru

Проскурякова Лариса Александровна, профессор кафедры «Психология и общая педагогика» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», (РФ, 650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6), доктор технических наук, тел. 8913079-90-42 e-mail: lora-al@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-35

SELECTION PROCEDURE FOR SUNFLOWER CLEANERS ON GRAIN CLEANING MACHINES

**D. A. Nekhoroshev, D. D. Nekhoroshev,
I.V Kuznetsov, N. D. Nekhoroshev**

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 29.04.2021

Submitted 20.08.2021

Summary

Harvesting of grain and industrial crops is carried out by combine harvesters equipped with threshing devices of beater and rotary type, which grind the grain mass, consisting of straw and ears. At the same time, a heap of grain threshed by a combine harvester includes grains of the main crop, as well as weed seeds and grain impurities, which affect the processing process, preparing grain for storage and obtaining seeds. Grain admixture contains damaged, broken, sprouted, shriveled, crushed, pest-eaten and unripe grains. The weed admixture is subdivided into mineral (lumps of soil and sand) and organic (ears, chaff, leaves, stems). Along with the above, it is necessary to highlight the harmful admixture, which is in the heap, dangerous to human and domestic animal health (seeds of poisonous plants). The presence of weeds in the grain heap is controlled by the standard. Grain that does not meet the standards cannot be used for food purposes and for harvesting seeds without preliminary cleaning. Sometimes the primary cleaning of the grain heap is also required in the case when the presence of trash impurities is less than established by the standard. The beginning of cleaning the threshed grain heap begins even in the process of harvesting on the screen of a combine harvester. Therefore, in fields not clogged with weeds, the correct technological adjustment of the threshing apparatus allows you to eliminate the presence of crushed and crushed grains, and the adjustment of the air flow of the fan will allow you to separate light organic impurities (chaff, awn, leaves). When harvesting fields clogged with weeds, it is not always possible to remove impurities and obtain grain of good quality; in such cases, grain cleaning machines are used to obtain grain of the appropriate standards.

Keywords: grain weight, a pile of grain, graincleaning machines, sieves, coefficient of friction, grating mill.

Citation. Nekhoroshev D.A., Nekhoroshev D.D., Kuznetsov I.V., Nekhoroshev N.D. Selection procedure for sunflower cleaners on grain cleaning machines. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3 (63) 337-343 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-35.

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

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

УДК 631.362.221

**МЕТОДИКА ВЫБОРА РЕШЁТ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОДСОЛНЕЧНИКА
НА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ****Д. А. Нехорошев, доктор технических наук, профессор****Д. Д. Нехорошев, кандидат технических наук, доцент****И. В. Кузнецов, аспирант****Н. Д. Нехорошев, студент***Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 29. 04.2021

Дата принятия к печати 20.08.2021

Уборка зерновых и технических культур проводится зерноуборочными комбайнами, оснащенными молотильными аппаратами бильного и роторного типа, которые перетирают хлебную массу, состоящую из соломы и колосьев. При этом обмолоченный комбайном ворох зерна включает зёрна основной культуры, а также семена сорных растений и зерновую примесь, которые влияют на процесс переработки, подготовки зерна к хранению и получению семян. Зерновая примесь содержит поврежденные, битые, проросшие, щуплые, давленные, поеденные вредителями и незрелые зерна. Сорная примесь подразделяется на минеральную (комочки почвы и песок) и органическую (колосья, поллова, листья, стебли). Наряду с вышеперечисленными, следует выделить и вредную, находящуюся в ворохе, опасную для здоровья человека и домашних животных примесь (семена ядовитых растений). Наличие сорных примесей в зерновом ворохе контролируется стандартом. Зерно, не соответствующее стандартам, нельзя использовать в продовольственных целях и для заготовки семян без предварительной очистки. Иногда первичная очистка зернового вороха требуется и в том случае, когда количество сорных примесей меньше установленных стандартом. Начало очистки обмолоченного зернового вороха начинается ещё в процессе уборки на грохоте зерноуборочного комбайна. Поэтому на полях, не засорённых сорняками, правильная технологическая регулировка молотильного аппарата позволяет устранить наличие колотых и дроблёных зёрен, а регулировка воздушного потока вентилятора позволит отделить легкие органические примеси (полову, ости, листья). При уборке полей, засорённых сорняками, не всегда имеется возможность удалить примеси и получить зерно хорошего качества, в таких случаях используются зерноочистительные машины, позволяющие получить зерно, соответствующее стандартам.

Ключевые слова: зерновая масса, ворох зерна, зерноочистительные машины, решёта, коэффициент трения, решётный стан.

Цитирование. Нехорошев Д. А., Нехорошев Д. Д., Кузнецов И. В., Нехорошев Н. Д. Методика выбора решёт для очистки подсолнечника на зерноочистительных машинах. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 337-343. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-35.

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. Хранение продовольственного зерна, подготовка к реализации и получение качественного семенного материала во многом зависит от технологического процесса очистки зерна и конструкции зерноочистительных машин. Для этих целей выбираются машины, в устройстве которых используется одновременно несколько режимов очистки: аспирационная, решётная и разделение на ячеистых поверхностях. Наибольшее распространение получили зерноочистительные машины с воздушно-решётным способом сепарации. В конструкции этих машин используются плоские пробивные решёта, они монтируются в решётном стане, который приводится в движение коленчатым валом или эксцен-

триковым механизмом, совершая возвратно поступательные движения. Разделение зерновой массы на решётах производится по геометрическим параметрам: на решётах с прямоугольными отверстиями по толщине, а на решётах с круглыми отверстиями – по ширине [1, 6, 8]. При этом качество технологического процесса очистки зернового вороха зависит от удельной производительности площади поверхности сепарации решётного стана и запланированного качества выполняемых работ [3, 4].

Материалы и методы. В конструкциях современных зерноочистительных машин используют одновременно несколько способов разделения зерна [9, 13]. Следует отметить, что большинство зерноочистительных машин для первичной очистки зерна и подготовки семенного материала используют решётный способ очистки, который позволяет реализовать качественную сортировку за счёт разделения зернового вороха по геометрическим параметрам [2, 10, 12]. Существующие зерноочистительные машины имеют небольшие конструктивные отличия, но технологический процесс движения зерна по решётам, представленный на рисунке 1, для них аналогичен.

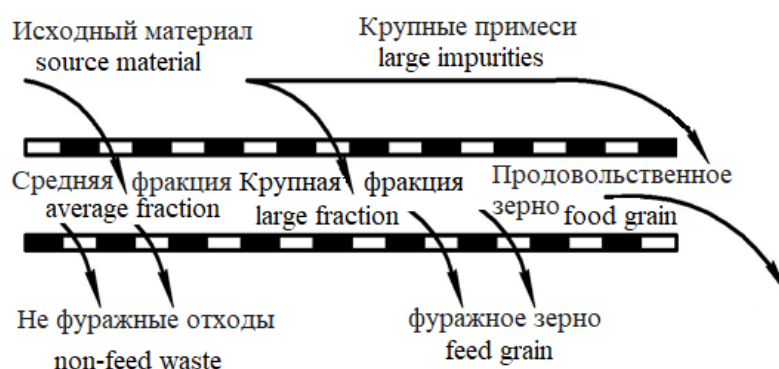


Рисунок 1 – Технологический процесс движения зерна на решётах

Figure 1 – Technological process of grain movement on sieves

Поступающий на очистку зерновой ворох подлежит разделению на следующие фракции: крупные примеси; нефуражные отходы (подсев); колотое, шуплое и мелкое зерно (фуражные отходы); продовольственное сортированное зерно (первый сорт). Для того чтобы получить качественное разделение вороха на соответствующие фракции, необходимо при очистке подбирать решёта соответствующие перерабатываемой культуре (таблица 1).

Таблица 1 – Предварительные размеры решёт для очистки зерновых и технических культур

Table 1 – Preliminary sizes of sieves for cleaning grain and industrial crops

Культура / Culture	Отделение крупных примесей (сход), мм / Separation of large impurities (convergence), mm	Отделение мелких примесей (подсев), мм / Separation of small impurities (seeding), mm	Отделение фуражного зерна (отходы), мм / Feed grain separation (waste), mm
Пшеница / Wheat	Ø 4,0 – 7,0 □ 3,0 – 4,0	Ø 2,0 – 2,5 □ 1,7 – 2,2	Ø 2,5 – 3,0 □ 2,0 – 2,4
Ячмень / Barley	Ø 5,0 – 8,0 □ 2,6 – 3,6	Ø 2,5 □ 2,0 – 2,4	Ø 3,0 □ 2,2 – 2,6
Подсолнечник / Sunflower	Ø 9,0 – 12,0 □ 4,5 – 5,0	Ø 3,6 – 4,0 –	– □ 2,0 – 3,0

Обозначения: Ø – решето с круглыми отверстиями; □ – решето с прямоугольными отверстиями.

Результаты и обсуждение. Подбор решёт и размеров сепарирующих отверстий производится с использованием вариационных кривых распределения геометрических параметров основной культуры и примесей, характеристиками которых являются средний размер семян m и среднее квадратическое отклонение σ , геометрических параметров семян от среднего значения [5]. При достаточно большом числе выполненных нами замеров распределение семян можно описать кривой распределения Гаусса (рисунок 2).

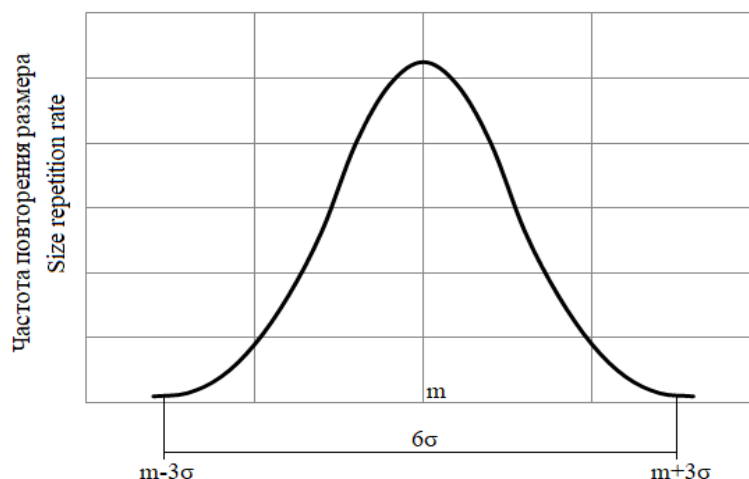


Рисунок 2 – Кривая Гаусса для распределения размеров семян

Figure 2 – The Gaussian curve for the distribution of seed sizes

Используя закон нормального распределения, определим геометрические параметры зерна подсолнечника:

$$f(l) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{U^2}{2}}, \quad (1)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение длины зерна подсолнечника l ; $U=(l-m)/\sigma$ - отклонение длины зерна подсолнечника l от математического ожидания.

Тогда, чтобы определить вариационные кривые распределения длины зерна подсолнечника, используем математическую функцию $\varphi(U)$, которая представлена формулой (2):

$$\varphi(U) = f(l) \cdot \sigma = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{U^2}{2}}. \quad (2)$$

Чтобы построить вариационные кривые, необходимо определить минимальные l_{min} и максимальные l_{max} значения длины семян:

$$l_{min} = m - 3\sigma; \quad (3)$$

$$l_{max} = m + 3\sigma. \quad (4)$$

На графике кривой распределения размеров семян по оси x (рисунок 2) обозначают значения длины семян l_{min} , l_{max} и m . Полученные значения от m до l_{min} и m до l_{max} делим на 4 равные части. Им соответствуют точки: 0 ; $0,75\cdot\sigma$; $1,5\cdot\sigma$; $2,25\cdot\sigma$; $3,00\cdot\sigma$, которые отражают величину математического ожидания.

Используя в расчётах формулу (2), получаем:

$$f(l) = \frac{\varphi(U)}{\sigma}. \quad (5)$$

Полученные данные теоретических расчётов позволяют проводить корректировку размеров решёт при подготовке зерноочистительных машин к работе. Учитывая качество очистки зернового материала необходимо соблюдать следующие требования подбора решёт. Размер сепарирующих отверстий решёт для выделения крупных примесей определяется выражением $m+3\sigma$, для выделения мелких примесей (не фуражные отходы) $m-3\sigma$, для выделения мелких и щуплых семян (фуражные отходы) $m-\sigma$.

На первом этапе подбора решёт определяют вид очистки: первичная очистка, сортировка или калибровка. В соответствии с видами очистки выбирают тип решёт и последовательность расположения их в решетном стане (таблица 3). С целью повышения эффективности очистки первыми, устанавливают решёта с прямоугольными отверстиями, которые разделяют ворох по толщине (Т). Для отделения крупных примесей устанавливают решёта с круглыми отверстиями, которые разделяют ворох по ширине (Ш). Выход не фуражных отходов (подсев) происходит на решётах с круглыми отверстиями. Для отделения фуражного зерна устанавливают решёта с прямоугольными отверстиями. Получение калиброванного семенного зерна требует использования триерных барабанов, которые разделяют ворох по длине (Д).

Таблица 3 – Данные по распределению геометрических размеров семян подсолнечника

Table 3 – Data on the distribution of geometric dimensions of sunflower seeds

Культура / Culture	Размеры семян / Seed sizes		$l-3,0\cdot\sigma$	$l-2,25\cdot\sigma$	$l-1,5\cdot\sigma$	$l-0,75\cdot\sigma$	l	$l+0,75\cdot\sigma$	$l+1,5\cdot\sigma$	$l+2,25\cdot\sigma$	$l+3,0\cdot\sigma$
Подсолнечник / Sunflower	Т	Размер, мм / Size, mm	1,56	1,71	2,03	2,12	2,3	2,50	2,68	2,87	3,20
		$f(l)$	0,01	0,16	0,51	1,2	1,5	1,2	0,51	0,12	0,01
	Ш	Размер, мм / Size, mm	1,81	1,99	2,01	2,40	2,6	2,78	3,01	3,30	3,50
		$f(l)$	0,02	0,12	0,47	1,13	1,3	1,14	0,47	0,16	0,01
	Д	Размер, мм / Size, mm	4,97	6,0	6,19	6,7	7,8	8,0	8,63	9,1	9,8
		$f(l)$	0,01	0,04	0,18	0,42	0,5	0,42	0,18	0,04	0,01

Качество и эффективность работы зерноочистительной машины при очистке семян подсолнечника зависит от технической характеристики выбранной машины. При выборе машины необходимо учитывать: коэффициент трения зерна по решёткам; угол наклона, частоту и амплитуду колебаний решетного стана; скорость воздушного потока аспирационной системы; процент засорённости очищаемого зерна [7, 11].

Выводы. На основе анализа основных операций технологического процесса очистки и сортировки семян зерновых и подсолнечника на зерноочистительных машинах, использующих для разделения зерновой массы решёта с круглыми и с прямоугольными отверстиями, были определены основные параметры размеров отверстий.

Следует отметить, что для получения качественного семенного материала при очистке подсолнечника необходимо величину воздушного потока в аспирационных каналах первой и второй ступени уменьшить до 4,3...5,3 м/с. Решёта установить в следующей последовательности: верхние с прямоугольными отверстиями - □ 4,2...5,6 мм, с круглыми отверстиями - Ø 8,2...10,2 мм; нижние с круглыми - Ø 2,4...3,6 мм, с прямоугольными - □ 2,2...2,6 мм.

Библиографический список

1. Анискин В. И. Развитие зерноочистительной техники // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2005. № 1. С. 12-14.
2. Гиевский А. М. Обоснование схемы размещения и соотношения решет в решетных станах // Лесотехнический журнал. 2013. № 3. С. 36-46.
3. Гиевский А. М. Повышение эффективности работы двухаспирационной пневмосистемы универсальной воздушно-решетной зерноочистительной машины // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 5. С. 32-34.
4. Ермольев Ю. И. Модельное прогнозирование показателей функционирования воздушно-решетной зерноочистительной машины от роста эффективности операции пневмосепарации // Вестник Донского государственного технического университета. 2014. Т. 14. № 1 (76). С. 122-134.
5. Жолобов Н. В. Решётные сепараторы зерноочистительных машин. Киров: Вятская ГСХА, 2005. 47 с.
6. Казаров К. Р. Технологии и средства механизации сушки и послеуборочной обработки зерна. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. 310 с.
7. Тарасенко А. П. Качественные показатели работы машин для вторичной очистки зерна // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. № 3. С. 36-39.
8. Тарасенко А. П. Фракционирование зернового вороха на решетках // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. № 5. С. 26-29.
9. Evaluation of reliability of sorghum harvester / A. S. Ovchinnikov [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. V. 12 (7). P. 2277-2284. www.scopus.com
10. Krach W. Technik der Siebung in der Getreidemüllerei // Mehl und Brot. 1977. Vol. 31-2. P. 43-48.
11. Physical Properties of Agricultural Materials and their influence on Design and Performance of Agricultural Machines and Technologies // Collection of papers Faculty of Mechanization, College of Agricultural in Prague Vysoka škola zemědělská. Prague, 1985. 202 p.
12. Stanger E. A. Grain – cleaning machinery // Milling feed and fertiliser. 1977. Vol. 160. № 8. P. 11-15.
13. Wessel J. Verfahren des Siebens und des Windsichtens // Grundlagen des Landtechn. Bd. 18. 1968. № 4. P. 151-157.

Conclusions. Based on the analysis of the main operations of the technological process of cleaning and sorting grain and sunflower seeds on grain cleaning machines using sieves with round and straight-angle holes for separating the grain mass, the main parameters of the hole sizes were determined. It should be noted that in order to obtain high-quality seed material during sunflower cleaning, it is necessary to reduce the air flow in the aspiration channels of the first and second stages to 4.3...5.3 m/s. The sieves should be installed in the following sequence: the upper ones with rectangular holes - 4.2...5.6 mm, with round holes - 8.2...10.2 mm; the lower ones with round holes - 2.4...3.6 mm, with rectangular ones - 2.2...2.6 mm.

Reference

1. Aniskin V. I. Development of grain cleaning equipment // Tractors and agricultural machines. 2005. № 1. P. 12-14.
2. Gievsky A. M. Substantiation of the layout scheme and the ratio of sieves in sieve mills // Lesotechnical journal. 2013. № 3. P. 36-46.

3. Gievsky A. M. Improving the efficiency of the two-air pneumatic system of the universal air-sieve grain cleaning machine // Tractors and agricultural machines. 2014. № 5. P. 32-34.
4. Ermolyev Yu. I. Model forecasting of the functioning indicators of an air-sieve grain cleaning machine from the increase in the efficiency of the pneumatic separation operation // Bulletin of the Don State Technical University. 2014. V. 14. № 1 (76). P. 122-134.
5. Zholobov N. V. Sieve separators of grain cleaning machines. Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2005. 47 p.
6. Kazarov K. R. Technologies and means of mechanization of drying and post-harvest processing of grain. Voronezh: Voronezh State Agrarian University, 2016. 310 p.
7. Tarasenko A. P. Qualitative performance indicators of machines for secondary grain cleaning // Agricultural machines and technologies. 2011. № 3. P. 36-39.
8. Tarasenko A. P. Fractionation of a grain heap on sieves // Agricultural machines and technologies. 2012. № 5. P. 26-29.
9. Evaluation of reliability of sorghum harvester / A. S. Ovchinnikov [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. V. 12 (7). P. 2277-2284. www.scopus.com
10. Krach W. Technik der Siebung in der Getreidemüllerei // Mehl und Brot. 1977. Vol. 31-2. P. 43-48.
11. Physical Properties of Agricultural Materials and their influence on Design and Performance of Agricultural Machines and Technologies // Collection of papers Faculty of Mechanization, College of Agricultural in Prague Vysoka škola zemědělská. Prague, 1985. 202 p.
12. Stanger E. A. Grain – cleaning machinery // Milling feed and fertiliser. 1977. Vol. 160. № 8. P. 11-15.
13. Wessel J. Verfahren des Siebens und des Windsichtens // Grundlagen des Landtechn. Bd. 18. 1968. № 4. P. 151-157.

Authors Information

Dmitry Dmitrievich Nekhoroshev, Associate Professor of the Department «Energy Systems and Power Plants». Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. ndd.volgau@yandex.ru

Dmitry Artemovich Nekhoroshev, Professor of the Department of «Technical Systems in the agro-industrial complex». Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5064-2974> dmitr-nech@yandex.ru

Kuznetsov Ivan Vladimirovich, post-graduate student of the department «Technical systems in agriculture». Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), laser94@mail.ru

Nikita Dmitrievich Nekhoroshev, a student of the «Faculty of Engineering and Technology». Volgograd State Agrarian University (26, Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), nikita.nech@yandex.ru

Информация об авторах

Нехорошев Дмитрий Артёмович, профессор кафедры «Технические системы в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т, Университетский, д. 26.), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5064-2974> dmitr-nech@yandex.ru

Нехорошев Дмитрий Дмитриевич, доцент кафедры «Энергетические системы и электростанции» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т, Университетский, д. 26.), кандидат технических наук, доцент. ndd.volgau@yandex.ru

Кузнецов Иван Владимирович, аспирант кафедры «Технические системы в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т, Университетский, д. 26.), laser94@mail.ru

Нехорошев Никита Дмитриевич, студент «Инженерно-технологического факультета» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т, Университетский, д. 26.), nikita.nech@yandex.ru

ESTIMATION OF WORKING CAPACITY OF SMALL-SIZED BIOLOGICAL TREATMENT PLANTS OF MUNICIPAL WASTE UNDER VARIABLE LOADS

A.E. Novikov¹, P.S. Vasilyev², E.A. Dugin¹, M.I. Filimonov¹

¹*Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute
of Irrigated Agriculture, Volgograd*

²*Volgograd State Technical University, Volgograd*

Received 26.05.2021

Submitted 30.08.2021

*The article was prepared with the support of the grant
of the President of the Russian Federation MD-311.2020.11.*

Summary

The article presents comparative studies of sedimentation curves of the phase boundary for a typical small-sized biological wastewater treatment plant and an experimental station, in which an aeration tank and a secondary clarifier are technologically connected by a channel sludge separator. It has been proven that, under the same operating conditions, the trouble-free and reliable maintenance of the main technological parameters of operation for the experimental station with a duct desludger is 26.9% higher than for the «Eurobion» station.

Abstract

Introduction. The efficiency and environmental friendliness of the operation of biological wastewater treatment plants depends on the sedimentation properties of activated sludge. In case of malfunctions in the operation of treatment facilities, including volley discharges, activated sludge «swells», accompanied by a sharp decrease in the rate of its sedimentation and removal into the natural hydrographic network. If the technological regulations for biological treatment of domestic wastewater are observed and environmentally friendly separation products are obtained, they can be used in agriculture for fertilization and irrigation of forage, industrial and other crops. **Object.** The object of the study was the experimental and typical («Eurobion») small-sized biological treatment plants for domestic wastewater for individual residential buildings of suburban and rural infrastructure, kinetic curves of the phase boundary. **Materials and methods.** In the studies, a typical station «Eurobion» (option 1) and an experimental station with an intensifier of sludge separation (option 2) were studied. Both biological treatment plants of municipal wastewater are small-sized, with a capacity of 1000 l / day, technologically have aerobic and anaerobic zones with vertical zonal aeration and a secondary settling tank. The efficiency of the stations was assessed based on the experimental data of the kinetic curves of the phase separation and the results of their statistical analysis by correlation and regression methods. Hydrochemical determination of the sludge dose by volume and by dry weight with an output to the sludge index was carried out according to the methods of hydrobiological and bacteriological control of the biological treatment process at facilities with aeration tanks. Statistical analysis of field data consisted in testing the «null hypothesis» about the normality of the experimental distribution of a random variable V according to Kolmogorov's goodness-of-fit test, reduction of the physical conditions of the kinetics of the phase boundary to the regression equation. Regression coefficients were determined by the least squares method to confirm the homogeneity of the variances of a random variable, the significance of the regression coefficients and the adequacy of the regression equation were calculated by the statistical tests of Cochran, Student and Fisher using standard methods. The distribution of the confidence probability of the combined influence of the variables τ and I on the dependent V was determined in the ranges of the scatter of the values of the random variable V statistically significant for each station in parallel experiments. **Results and conclusion.** An experimental small-sized station for biological treatment of domestic wastewater includes an aeration tank, an intensifier of sludge separation - a channel sludge separator, a secondary clarifier, a reservoir of purified water, aerators and a transport system. In a duct sludge separator, wastewater passes sequentially through a flow divider, an agglomeration chamber for activated sludge flakes, a biofilter and a flow stabilizer. The agglomeration chamber is structurally made to ensure the residence time of wastewater from 10 to 20 minutes. Due to intensive mixing and agglomeration of small flakes with larger particles, the

gravitational effect is increased up to 20%. The obtained Kinsh curves under normal operating conditions of plants with a wastewater flow rate from 30 to 32 l / h and an oxygen concentration in the aerobic zone of 4.0 mg / l indicate rather high sedimentation characteristics of activated sludge. At the same time, more intensive sedimentation of activated sludge was observed in the samples of option 2, where the beginning of the compaction of settled sludge due to compression under the weight of the overlying layers was recorded from 18 minutes of observation, versus 24 minutes in a typical station. Under conditions of an increased flow rate (salvo discharge in the volume of 1210 l / h), the sludge index for a typical station was 119, which is 32% higher than that for an experimental sample. At the same time, in both versions, the beginning of the compaction of the settled sludge was recorded for 24 minutes. Under conditions that simulate the violation of sedimentation characteristics by reducing the oxygen concentration from 4.0 to 2.0 ... 0.5 mg / l, the best settling results were achieved in option 2 with a change in the sludge index from 131 to 182 versus 164 ... 220 in a typical biological treatment plant municipal waste water. Using the calculated values of the Fisher criterion F_r , the confidence probability p of the aggregate influence of τ and I on V was calculated using the MS Excel spreadsheet processor. In this case, the minimum value of the confidence probability is limited by the actual level of significance $q = 0.063 = 6.3\%$. It has been proven that, under the same conditions, the trouble-free and reliable maintenance of the main technological parameters of operation for a small-sized biological wastewater treatment plant with a channel sludge separator is 26.9% higher than for the Eurobion station.

Keywords: wastewater, biological treatment, small-sized stations, intensification of sludge separation, kinetic curves, reliability, exploitation, statistical analysis.

Citation. Novikov A.E., Vasilyev P.S., Dugin E.A., Filimonov M.I. Estimation of working capacity of small-sized biological treatment plants of municipal waste under variable loads. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 344-355 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-36.

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 628.334.51

ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАЛОГАБАРИТНЫХ СТАНЦИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ КОММУНАЛЬНЫХ СТОКОВ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ

А. Е. Новиков¹, доктор технических наук, доцент

П. С. Васильев², кандидат технических наук

Е. А. Дугин¹, аспирант

М. И. Филимонов¹, кандидат технических наук

¹Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, Волгоград

²Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Дата поступления в редакцию 26.05.2021

Дата принятия к печати 30.08.2021

*Статья подготовлена при поддержке гранта
Президента Российской Федерации МД-311.2020.11.*

Актуальность. Эффективность и экологичность работы станций биологической очистки сточных вод зависит от седиментационных свойств активного ила. При нарушениях в работе очистных сооружений, в том числе залповых сбросах, происходит «вспухание» активного ила, сопровождающееся резким снижением скорости его осаждения и выносом в природную гидрографическую сеть. При соблюдении технологического регламента биологической очистки бытовых сточных вод и получении экологически безопасных продуктов разделения они могут быть использованы в сельском хозяйстве для удобрения и орошения кормовых, технических и других культур. **Объект.** Объектом исследования являлись экспериментальная и типовая («Евробийон») малогабаритные станции биологической очистки бытовых сточных вод для индивидуальных жилых строений загородной и сельской инфраструктуры, кинетические кривые границы раздела

фаз. **Материалы и методы.** Оценку работоспособности станций проводили на основании опытных данных кинетических кривых раздела фаз и результатов их статистического анализа корреляционным и регрессионным методами. Гидрохимические определения дозы ила по объему и по сухому весу с выходом на иловый индекс проводили по методикам гидробиологического и бактериологического контроля процесса биологической очистки на сооружениях с аэротенками. Распределение доверительной вероятности совокупного влияния переменных τ и I на зависимую V определяли в статистически значимых для каждой станции диапазонах разброса значений случайной величины V в параллельных опытах. **Результаты и выводы.** Экспериментальная малогабаритная станция биологической очистки бытовых сточных вод включает аэротенк, интенсификатор илоотделения – канальный илоотделитель, вторичный отстойник, резервуар очищенной воды, аэраторы и систему транспорта. В канальном илоотделителе сточные воды последовательно проходят через делитель потока, камеру агломерации хлопьев активного ила, биофильтр и стабилизатор потока. Камера агломерации конструктивно выполнена с условием обеспечения времени пребывания сточных вод от 10 до 20 минут. За счет интенсивного перемешивания и агломерации мелких хлопьев с более крупными частицами гравитационный эффект увеличивается до 20 %. Выполненные исследования кинетических кривых раздела границы фаз для условий нормальной эксплуатации, а также приближенных к аварийным – при залповом сбросе сточных вод в объеме 1210 л/час и при снижении концентрации кислорода с 4,0 до 0,5 мг/л, доказали эффективность и экологичность работы экспериментальной станции с интенсификатором илоотделения. При одних и тех же условиях эксплуатации безаварийное и надежное поддержание основных технологических параметров работы для малогабаритной станции биологической очистки сточных вод с канальным илоотделителем на 26,9 % выше, чем для станции «Евробийон».

Ключевые слова: сточные воды, биологическая очистка сточных вод, малогабаритные станции очистки, интенсификация илоотделения.

Цитирование. Новиков А. Е., Васильев П. С., Дугин Е. А., Филимонов М. И. Оценка работоспособности малогабаритных станций биологической очистки коммунальных стоков при переменных нагрузках. *Известия НВ АУК*. 2021. 3 (63). 344-355. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-36.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Эффективность и экологичность работы очистных сооружений определяется седиментационными свойствами активного ила. При их деградации возникает такое явление, как «вспухание» ила, сопровождающееся ростом илового индекса до значений $I = 150 \text{ см}^3/\text{г}$ и более [3, 7, 8]. В результате активный ил не успевает полностью отделиться от очищенной жидкости за время отстаивания во вторичном отстойнике и выносится в природную гидрографическую сеть [4]. В отсутствии рециркуляции активного ила в системе аэротенк – вторичный отстойник, а также толерантности биоценоза активного ила к агрессивным условиям среды глубокой деструкции загрязняющих компонентов не происходит и интегральная степень очистки сточных вод не достигает приемлемых значений. Как следствие, приходится останавливать работу очистных сооружений, проводить трудоемкие операции по пуску и наладке технологического процесса и оборудования [1, 6, 11].

При соблюдении регламента технологии биологической очистки коммунальных сточных вод и получении экологически безопасных продуктов разделения (иловой осадок сточных вод, осветленная вода) они могут быть использованы в сельском хозяйстве для удобрения и орошения кормовых, технических и других культур [9, 10, 12].

Целью исследования являлось изучение седиментационных свойств активного ила проектируемых малогабаритных станций биологической очистки сточных вод.

Материалы и методы. В исследованиях изучали типовую станцию «Евробийон» (патент №2455239) – вариант 1 и экспериментальную станцию с интенсификатором илоотделения (патент №173044) – вариант 2. Обе станции биологической очистки коммунальных сточных вод малогабаритные, производительностью 1000 л/сут, технологически имеют аэробную и анаэробную зоны с вертикальной зональной аэрацией и вторичным отстойником.

Оценку работоспособности станций проводили на основании кинетических кривых раздела границы фаз (кривые Кинша), полученных при переменных нагрузках (таблица 1) в режиме непрерывной эксплуатации в течение двух месяцев, и результатов их статистического анализа корреляционным и регрессионным методами.

Для построения кинетических кривых раздела границы фаз (седиментационных характеристик) по методикам гидробиологического и бактериологического контроля процесса биологической очистки на сооружениях с аэротенками (ПНД Ф СБ 14.1.77-96, ФР 1.31.2008.04397, ФР 1.31.2008.04398) выполняли гидрохимические определения дозы ила по объему (V , см³/дм³) и по сухому весу (d , г/дм³) с выходом на иловый индекс (см³/г) [2, 5]:

$$I = \frac{V}{d}. \quad (1)$$

При этом пробы иловой смеси отбирали с глубины 0,5 м (зона интенсивной аэрации и перемешивания) пробоотборником с объемом ковша 500 см³.

Таблица 1 – Показатели и режимы работы станций

Table 1 – Indicators and operating modes of stations

Показатель / Indicator	Режимы эксплуатации / Operating modes				
	нормальные условия / normal conditions	увеличенная скорость потока / increased flow rate	нарушение седиментационных характеристик / violation of sedimentation characteristics		
Приток стоков, л/час / Inflow of effluents, l/h	30-32				
Залповый сброс, л/час / Salvo discharge, l/h	-	1210	-	-	-
БПК5:N:P / BPK5:N:P	140:8:1,5				
pH, ед. / pH, units.	7,0				
Температура, °C / Temperature, °C	20				
Концентрация O ₂ , мг/л / Concentration O ₂ , mg/l	4,0	4,0	2,0	1,0	0,5

Для получения репрезентативных данных о состоянии агломерации хлопьев и седиментационных характеристик активного ила определение дозы ила по объему и по сухому весу, расчет илового индекса проводили индивидуально по каждой пробе.

Построение кинетических кривых раздела границы фаз осуществляли следующим образом. Отобранную иловую смесь выдерживали в лаборатории до достижения ею температуры окружающей среды (не более 25 °C). После этого иловую смесь тщательно перемешивали, наливали в мерный цилиндр объемом 1 дм³, установленный на горизонтальной плоскости, и включали секундомер. Через каждые 3 минуты фиксировали объем (в см³), занимаемый оседающей массой активного ила. Через 30 минут отстаивания определяли окончательное значение дозы ила по объему.

Статистический анализ натурных данных заключался в проверке «нулевой гипотезы» о нормальности экспериментального распределения случайной величины V по

критерию согласия Колмогорова, приведении физических условий кинетики границы раздела фаз к единому регрессионному уравнению вида:

$$V = A \cdot \tau^b \cdot I^c, \quad (2)$$

где A , b , c – коэффициенты регрессии; τ – время осаждения, мин.

Здесь коэффициенты регрессии определяли методом наименьших квадратов, а для подтверждения однородности дисперсий случайной величины, значимости коэффициентов регрессии и адекватности самого уравнения (2) рассчитывали статистические критерии Кохрена G Стьюдента t и Фишера F с использованием стандартных методик.

Для оценки безаварийной и надежной эксплуатации станций в различных режимах эксплуатации (таблица 1) рассчитывали распределение доверительной вероятности p (%) совокупного влияния объясняющих переменных τ и I на зависимую V в статистически значимых для каждой станции диапазонах разброса значений случайной величины V в параллельных опытах.

Результаты и обсуждение. В общем виде экспериментальная малогабаритная станция биологической очистки бытовых сточных вод включает аэротенк, интенсификатор илоотделения, вторичный отстойник, резервуар очищенной воды, аэраторы и систему транспорта (рисунок 1).

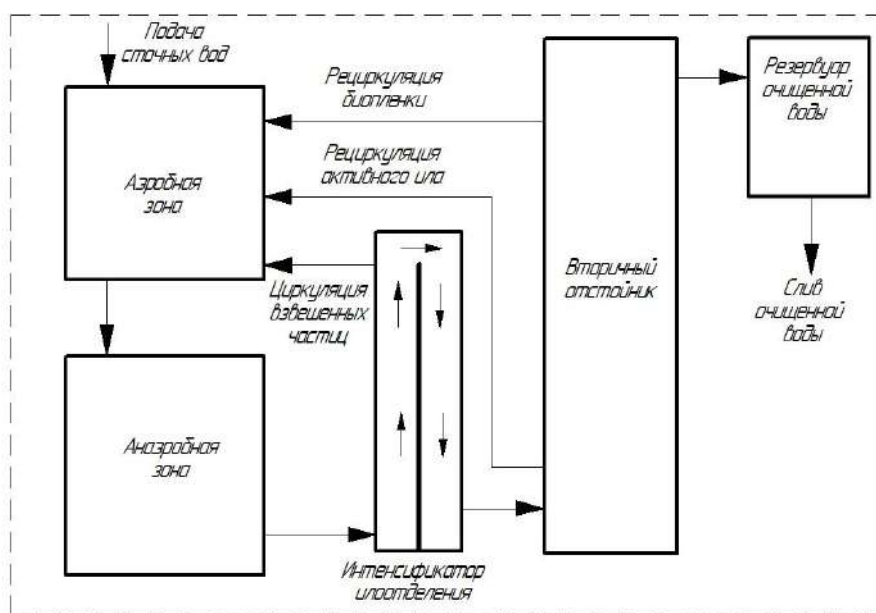


Рисунок 1 – Принципиальная схема малогабаритной станции биологической очистки коммунальных сточных вод

Figure 1 – Schematic diagram of a small-sized biological treatment plant for municipal wastewater

Сточные воды поступают через патрубок в аэробную зону аэротенка. Здесь протекают процессы деструкции органики на нитриты и нитраты, а также в паузах между подачей сточных вод, регенерации активного ила, рециркулирующего из вторичного отстойника. При этом высокая скорость окисления органики достигается интенсивной подачей пузырьков воздуха аэратором и перемешиванием активного ила со сточными водами.

Далее сточные воды попадают в анаэробную зону аэротенка. Здесь основная часть взвешенных частиц задерживается и перемешивается пузырьками воздуха от

придонного аэратора. При этом из-за дефицита кислорода формируется денитрифицирующий биоценоз микроорганизмов, которые в процессе жизнедеятельности расщепляют нитраты до свободного азота.

Для интенсификации илоотделения аэротенк связан с вторичным отстойником канальным илоотделителем (рисунок 2). Здесь сточные воды поочередно проходят делитель потока (а), камеру агломерации хлопьев активного ила (б), биофильтр (в) и стабилизатор потока (г).

В делителе потока за счет пузырьков воздуха образуется спиральный восходящий поток, отделяемый перегородкой от общего потока сточных вод, с которым взвешенные частицы выносятся в циркуляционный канал и в аэробную зону аэротенка. Из прямоточного канала делителя потока сточные воды направляются в камеру агломерации хлопьев активного ила, которая выполнена двойным диаметром на входе. При этом в усеченной части канала происходит их закручивание, сопровождающееся резким снижением скорости потока.

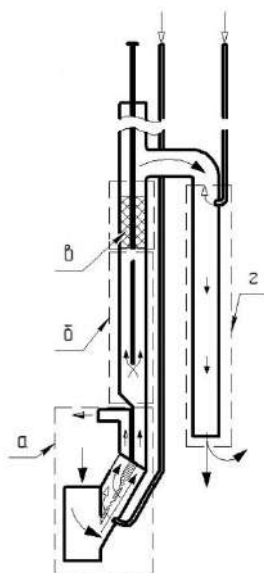


Рисунок 2 – Интенсификатор илоотделения (канальный илоотделитель)

Picture 2 – Silt separation intensifier (channel silt separator)

В камере агломерации на всю длину установлена перегородка на половину диаметра канала. Эта перегородка делит потоки по двум коридорам, что обеспечивает их упорядоченное и спокойное движение. По достижении верхнего уровня перегородки оба потока сточных вод сталкиваются с плотным слоем биофильтра из активного ила. При этом некоторые взвешенные частицы улавливаются биофильтром, обеспечивая увеличение биомассы на носителе и поддержание высокой скорости окисления, тем самым улучшая седиментационные влагоотдающие свойства активного ила. Другие частицы остаются во взвешенном состоянии, за счет градиентной коагуляции притягиваются друг к другу и слипаются, что увеличивает скорость хлопьеобразования и интенсивность выпадения (седиментации) активного ила.

Камера агломерации конструктивно выполнена с условием обеспечения времени пребывания сточных вод от 10 до 20 минут. Таким образом, за счет интенсивного перемешивания и агломерации мелких хлопьев с более крупными частицами гравитационный эффект увеличивается до 20 %.

Далее сточные воды в осветленном состоянии, пройдя стабилизатор потока, в верхней части которого установлен аэратор, попадают во вторичный отстойник. Пу-

зырьки воздуха от аэратора, создавая встречное движение потока, возвращают проскочившие взвешенные частицы обратно на биофильтр.

Накапливаемый осадок во вторичном отстойнике принудительно рециркулирует в аэробную зону аэротенка, а очищенные сточные воды через переливной патрубок поступают в резервуар очищенной воды, откуда погружным насосом вода перекачивается за пределы станции.

На поверхности вторичного отстойника в результате отстаивания образуется биопленка. Для ее удаления на уровне переливного патрубка установлен U-образный эрлифт.

Для оценки седиментационных свойств активного ила были проведены опыты по изучению скорости осаждения для типовой станции «Евробийон» и экспериментальной станции с канальным илоотделителем, результаты которых представлены на рисунке 3.

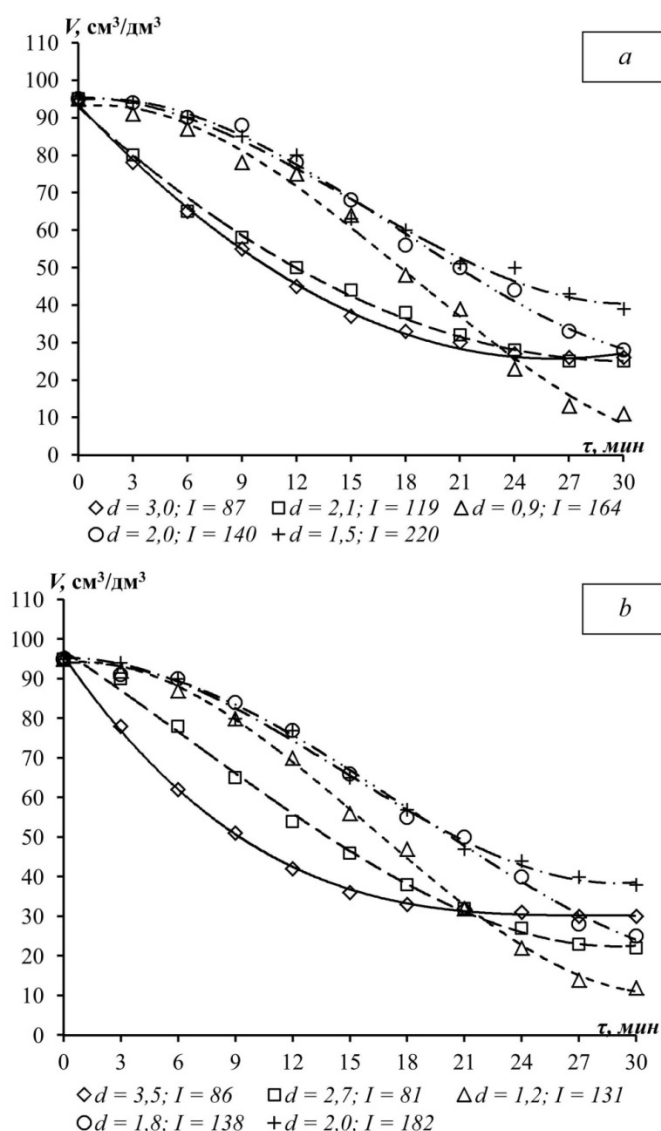


Рисунок 3 – Кинетические кривые границы раздела фаз:
а – станция «Евробийон»; б – станция с канальным илоотделителем

Figure 3 – Kinetic curves of the phase boundary interface:
а – «Eurobion» station; б – station with a channel silt separator

Полученные кривые Кинша в нормальных условиях эксплуатации станций с расходом сточных вод от 30 до 32 л/час и концентрацией кислорода в аэробной зоне 4,0 мг/л

свидетельствуют о достаточно высоких седиментационных характеристиках активного ила. При этом более интенсивное отстаивание активного ила наблюдали в пробах варианта 2, где начало уплотнения осевшего ила за счет сжатия под тяжестью вышележащих слоев фиксировали с 18 минуты наблюдения, против 24 минуты в типовой станции.

В условиях увеличенной скорости потока (залпового сброса в объеме 1210 л/час) иловый индекс для типовой станции составил 119, что выше аналогичного показателя для экспериментального образца на 32 %. При этом в обоих вариантах начало уплотнения осевшего ила фиксировали на 24 минуту.

В условиях, имитирующих нарушение седиментационных характеристик путем снижения концентрации кислорода с 4,0 до 2,0...0,5 мг/л, наилучшие результаты по отстаиванию достигнуты в варианте 2 с изменением илового индекса от 131 до 182 против 164...220 в типовой станции биологической очистки коммунальных сточных вод.

Для оценки надежности работы рассматриваемых станций проверяли «нулевую гипотезу» о нормальности распределения случайной величины V , для чего были рассчитаны статистические показатели, приведенные в таблице 2. В соответствии с полученными результатами критическое значение аргумента функции Колмогорова больше расчетного $1,31 > 0,57$, то есть случайная величина V распределена по нормальному закону.

Для приведения различных физических условий кинетики границы раздела фаз к единому математическому в таблице 3 рассчитаны коэффициенты регрессионного уравнения. При этом в качестве показателя точности регрессии использовали среднюю относительную ошибку и коэффициент линейной множественной корреляции, показывающий, достаточно ли объясняющие переменные τ и I обуславливают количественную вариацию зависимой переменной V .

Таблица 2 – Результаты проверки «нулевой гипотезы» с помощью критерия согласия Колмогорова

Table 2 – Results of testing the «null hypothesis» using the Kolmogorov consent criterion

Показатель / Indicator	Значение показателя / The value of the indicator	
	вариант 1 / option 1	вариант 2 / option 2
Объем выборки случайной величины / Sample size of a random variable	50	
Среднее арифметическое случайной величины, cm^3 / Arithmetic mean of a random variable, cm^3	53,600	53,220
Стандартное отклонение случайной величины, cm^3 / Standard deviation of a random variable, cm^3	23,823	23,839
Действительный уровень значимости / Actual significance level	0,063	
Число равновеликих интервалов деления выборки случайной величины / The number of equal intervals for dividing the sample of a random variable	3	
Расчетное значение аргумента функции Колмогорова λ_r / The calculated value of the argument of the Kolmogorov function λ_r	0,564	0,566
Критическое значение аргумента функции Колмогорова λ_k / The critical value of the argument of the Kolmogorov function λ_k	1,310	
Условие принятия «нулевой гипотезы» / Condition acceptance of the "null hypothesis"	$\lambda_r < \lambda_{kr}$	

Доверительную вероятность совокупного влияния объясняющих переменных на зависимую переменную в статистически значимом диапазоне разброса значений случайной величины в параллельных опытах определяли с помощью распределения Фишера, предварительно задавшись величиной процентного разброса значений случайной величины в параллельных опытах δ_k и рассчитав статистические критерии (таблица 4).

Таблица 3 – Значения коэффициентов регрессии и корреляции

Table 3 – Values of regression and correlation coefficients

Показатель / Indicator	Значение показателя / The value of the indicator	
	вариант 1 / option 1	вариант 2 / option 1
Коэффициент регрессии A / Regression coefficient A	21,930	24,875
Коэффициент регрессии b / Regression coefficient b	-0,574	-0,585
Коэффициент регрессии c / Regression coefficient c	0,461	0,453
Средняя относительная ошибка, % / Average relative error, %	21,57	20,05
Коэффициент линейной множественной корреляции / Coefficient of linear multiple correlation	0,831	0,864

Таблица 4 – Результаты проверки статистических гипотез

Table 4 – Results of statistical hypothesis testing

Показатель / Indicator	Значение показателя / The value of the indicator	
	вариант 1 / option 1	вариант 2 / option 1
Разброс значений случайной величины в параллельных опытах δ_k , % / The spread of values of a random variable in parallel experiments δ_k , %	39,55...53,80	35,72...49,00
Число параллельных опытов / Number of parallel experiments	3	
Расчетное значение критерия Кохрена G_r / The calculated value of the Kohren criterion G_r	0,020	
Критическое значение критерия Кохрена G_k / The critical value of the Kohren criterion G_k	0,127	
Условие принятия гипотезы об однородности дисперсий случайной величины / The condition for accepting the hypothesis of homogeneity of variances of a random variable	$G_r < G_k$	
Расчетное значение критерия Стьюдента для коэффициента / The calculated value of the Student's criterion for the coefficient:		
a - $t_{r,a}$	864	1094
b - $t_{r,b}$	161	199
c - $t_{r,c}$	129	154
Критическое значение критерия Стьюдента t_k / The critical value of the Student's criterion t_k	1,859	1,859
Условие принятия гипотезы о значимости коэффициентов регрессии / The condition for accepting the hypothesis about the significance of regression coefficients	$t_r > t_k$	
Расчетное значение критерия Фишера F_r / Calculated value of the Fisher criterion F_r	1,001...1,445	1,001...1,445
Критическое значение критерия Фишера F_k / The critical value of the Fisher criterion F_k	1,446	1,446
Условие принятия гипотезы об адекватности регрессионного уравнения / The condition for accepting the hypothesis about the adequacy of the regression equation	$F_r < F_k$	

Используя расчетные значения F_r и статистику Фишера, посредством табличного процессора MS Excel, мы вычислили доверительную вероятность p совокупного влияния τ и I на V (рисунок 4). При этом минимальное значение доверительной вероятности ограничено действительным уровнем значимости $q = 0,063 = 6,3 \%$.

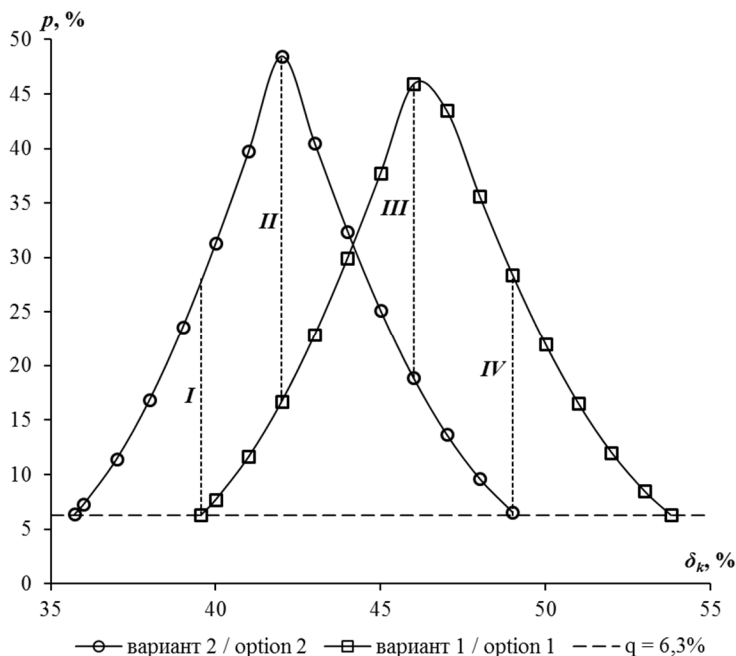


Рисунок 4 – Зависимость p от процентного разброса значений случайной величины в параллельных опытах δ_k

Picture 3 – The dependence of p on the percentage spread of the values of a random variable in parallel experiments δ_k

Из рисунка 4 следует, что при одинаковом разбросе δ_k доверительная вероятность p для экспериментальной станции на 26,9 % выше, чем для типовой станции «Евробион»: среднее значение для положительных разностей ординат в диапазоне границ I-II и отрицательных разностей ординат в диапазоне границ III-IV (функция распределения меняет знак на противоположный).

Выводы. Полученный математический результат с физической точки зрения правомерно трактовать следующим образом. При одних и тех же условиях безаварийное и надежное поддержание основных технологических параметров работы для малогабаритной станции биологической очистки сточных вод с канальным илоотделителем на 26,9 % выше, чем для станции «Евробион». В этой связи экспериментальная станция обладает значительно большей устойчивостью к изменению технологического режима работы.

Библиографический список

1. Исследование седиментационных свойств иловой смеси городских канализационных очистных сооружений / А. А. Кулаков, Н. А. Макиша, А. Ф. Шарифгуллина, Р. Хардер // Вестник МГСУ. 1997. Т. 13. Вып. 5 (116). С. 643-650.
2. Метод оценки работы вторичных отстойников для принятия оперативного решения по оптимизации эксплуатации / М. В. Кевбрина, А. Г. Дорофеев, А. М. Гаврилин, С. Н. Новиков // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2021. № 1. С. 43-53.
3. Моделирование вероятности улавливания дисперсной фазы в тонкопленочном отстойнике с учетом сил инерции / А. Б. Голованчиков, М. И. Филимонов, П. С. Васильев, М. Е. Кисиль // Известия ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах». 2017. № 8 (203). С. 17-23.

4. Новиков А. Е., Дугин Е. А., Филимонов М. И. Адаптация биоценоза активного ила к токсиканту сульфид-иону в модельных сточных водах // Известия Нижневолжского агро-университетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4. С. 324-332.
5. Application of aeration-oxidative jet-looped setup for biological wastewater treatment / O. M. Obodovych, L. A. Sablii, V. V. Sydorenko, M. S. Korenchuk // *Biotechnologia Acta*. 2018. Vol. 11 (2). P. 57-63.
6. Enhancing robustness of activated sludge with *Aspergillus tubingensis* as a protective backbone structure under high-salinity stress / Y. Chen, T. Hu, W. Xiong, A. Fan, S. Wang, H. Su // *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 297.
7. Modeling a biological wastewater treatment system / A. E. Novikov, M. I. Filimonov, E. A. Dugin, A. B. Golovanchikov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Volgograd State Agricultural University, 2020. P. 7.
8. Modeling of enzymatic waste water treatment / A. Novikov, M. Lamskova, E. Dugin, M. Filimonov, S. Grigorov, A. Poddubskiy, G. Chamurliiev // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1553.
9. Sustainable approach to biotransform industrial sludge into organic fertilizer via vermicomposting: a mini-review / L. H. Lee, T. Y. Wu, K. P. Y. Shak, S. L. Lim, K. Y. Ng, M. N. Nguyen, W. H. Teoh // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 2018. Vol. 93 (4). P. 925-935.
10. Ten years of application of sewage sludge on tropical soil. A balance sheet on agricultural crops and environmental quality / W. Melo, D. Delarica, A. Guedes, L. Lavezzo, R. Donha, A. de Araújo, G. de Melo, F. Macedo // *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 643. P. 1493-1501.
11. The combined effects of biomass and temperature on maximum specific ammonia oxidation rate in domestic wastewater treatment / Y. Zhang, S. Wang, S. Gu, L. Zhang, Y. Dong, L. Jiang, W. Fan, Y. Peng // *Frontiers of Environmental Science and Engineering*. 2021. Vol. 15 (6).
12. Vasilyev S., Domashenko Y. Agroecological substantiation for the use of treated wastewater for irrigation of agricultural land // *Journal of Ecological Engineering*. 2018. Vol. 19 (1). P. 48-54.

Conclusion. If the technological regulations for biological treatment of domestic wastewater are observed and environmentally friendly separation products are obtained, they can be used in agriculture for fertilizing and irrigating forage, industrial and other crops. Modernization of a small-sized biological wastewater treatment plant with a canal sludge separator provides intensive mixing and agglomeration of small sludge flakes with larger particles, an increase in the gravitational effect by 20%. Under equal operating conditions, trouble-free and reliable maintenance of the main technological parameters of operation for a station with a duct desludger is 26.9% higher than for a typical station "Eurobion".

Reference

1. Investigation of the sedimentation properties of the sludge mixture of urban sewage treatment plants / A. A. Kulakov, N. A. Makisha, A. F. Sharifgullina, R. Harder // *MGSU Bulletin*. Vol. 13. No. 5 (116). P. 643-650.
2. Method for assessing the operation of secondary clarifiers for making an operational decision to optimize operation / M. V. Kevbrin, A. G. Dorofeev, A. M. Gavrilin, S. N. Novikov // *Best Available Technologies for Water Supply and Sanitation*. 2021. No. 1. P. 43-53.
3. Simulation possibility capture of the dispersed phase in thin-film sump with taking into account the forces of inertia / A. B. Golovanchikov, M. I. Filimonov, P. S. Vasiliev, M. E. Kisil // *Izvestia VSTU. Series "Actual problems of management, computing hardware and informatics in engineering systems"*. 2017. № 8 (203). P. 17-23.
4. Novikov A. E., Dugin E. A., Filimonov M. I. Adaptation of activated sludge biocenosis to toxicant sulfide ion in model wastewater // *Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education*. 2018. No 4. P. 324-332.

5. Application of aeration-oxidative jet-looped setup for biological wastewater treatment / O. M. Obodovych, L. A. Sablii, V. V. Sydorenko, M. S. Korenchuk // *Biotechnologia Acta*. 2018. Vol. 11 (2). P. 57-63.
6. Enhancing robustness of activated sludge with *Aspergillus tubingensis* as a protective backbone structure under high-salinity stress / Y. Chen, T. Hu, W. Xiong, A. Fan, S. Wang, H. Su // *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 297.
7. Modeling a biological wastewater treatment system / A. E. Novikov, M. I. Filimonov, E. A. Dugin, A. B. Golovanchikov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Volgograd State Agricultural University, 2020. P. 7.
8. Modeling of enzymatic waste water treatment / A. Novikov, M. Lamskova, E. Dugin, M. Filimonov, S. Grigorov, A. Poddubskiy, G. Chamurliiev // *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. Vol. 1553.
9. Sustainable approach to biotransform industrial sludge into organic fertilizer via vermicomposting: a mini-review / L. H. Lee, T. Y. Wu, K. P. Y. Shak, S. L. Lim, K. Y. Ng, M. N. Nguyen, W. H. Teoh // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 2018. Vol. 93 (4). P. 925-935.
10. Ten years of application of sewage sludge on tropical soil. A balance sheet on agricultural crops and environmental quality / W. Melo, D. Delarica, A. Guedes, L. Lavezzo, R. Donha, A. de Araújo, G. de Melo, F. Macedo // *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 643. P. 1493-1501.
11. The combined effects of biomass and temperature on maximum specific ammonia oxidation rate in domestic wastewater treatment / Y. Zhang, S. Wang, S. Gu, L. Zhang, Y. Dong, L. Jiang, W. Fan, Y. Peng // *Frontiers of Environmental Science and Engineering*. 2021. Vol. 15 (6).
12. Vasilyev S., Domashenko Y. Agroecological substantiation for the use of treated wastewater for irrigation of agricultural land // *Journal of Ecological Engineering*. 2018. Vol. 19 (1). P. 48-54.

Authors Information

Novikov Andrey Evgenievich, director Federal State Budgetary Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture (9, Timiryazev St., Volgograd, 400002, Russia),
E-mail: novikov-ae@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8051-4786

Vasilyev Pyotr Sergeevich, associate professor of the department "Processes and Apparatus of Chemical and Food Production" Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Technical University" (28, Lenina Avenue, Volgograd, 400002, Russia)
E-mail: nestorvv@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0262-686X

Dugin Evgeny Alexandrovich, graduate student, Federal State Budgetary Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture (9, Timiryazev St., Volgograd, 400002, Russia)
E-mail: dugin_evg@mail.ru ORCID: 0000-0002-2019-3028

Filimonov Maksim Igorevich, research associate, Irrigation Reclamation Department, Federal State Budgetary Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture (9, Timiryazev St., Volgograd, 400002, Russia) E-mail: maks.filimonov.1986@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-1805-5670

Информация об авторах

Новиков Андрей Евгеньевич, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9),
E-mail: novikov-ae@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8051-4786

Васильев Петр Сергеевич, доцент кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28), E-mail: nestorvv@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0262-686X

Дугин Евгений Александрович, аспирант, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9)
E-mail: dugin_evg@mail.ru ORCID: 0000-0002-2019-3028

Филимонов Максим Игоревич, научный сотрудник отдела оросительных мелиораций ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9)
E-mail: maks.filimonov.1986@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-1805-5670

RESULTS OF RESEARCH OF THE CUTTING FORCE OF FODDER BEETS DURING GRINDING

A.I. Ryadnov¹, O.A. Fedorova¹, A.K. Mamahai²

¹ *Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

² *Federal Scientific Agro-Engineering Center of the
All-Russian Institute of Mechanization, Moscow*

Received 08.06.2021

Submitted 20.08.2021

Summary

Comparative experimental studies of the cutting force of the root beet of the varieties «Crimean Pink» and «Record Poly» were carried out when grinding knives with a cutting part of a wave-shaped and rectilinear shape with single-sided and double-sided sharpening when they are installed in the knife wall of the grinder at angles to the vertical of 0 ° and 30°. It is determined that the minimum cutting force of both varieties of fodder beet is fixed when using knives with a wave – shaped cutting part, and the maximum-knives with a cutting part having a rectilinear shape with one-sided sharpening.

Abstract

Introduction. Providing livestock with full-fledged feed, balanced in nutrients, vitamins and trace elements in accordance with the planned productivity, allows you to significantly increase the efficiency of production of livestock products. Feed beet is a highly effective feed for cattle, as it is a rich source of starch. The digestibility of fodder beet by cattle is significantly increased when fed with crushed root-tubers to a certain size. Therefore, root crops should be crushed with choppers before feeding. The most important requirement for grinders is the minimum energy consumption for cutting. The energy cost of cutting is determined primarily by the cutting force. This article is devoted to the study of the cutting force of feed beet varieties «Crimean Pink» and «Record Poly» under laboratory conditions, depending on the cutting depth during its grinding in preparation for feeding to cattle, as well as on the shape of the cutting edge of the knife of the knife wall of the chopper and the angle of the knife in the knife wall. The aim of the study is to experimentally select the shape of the cutting edge of the knife of the knife wall of the chopper of a new design that provides a minimum cutting force for feed beets during its grinding. **Materials and methods.** The object of the study was the knife wall of a shredder manufactured under the RF patent No. 2729524. Flat knives, differing in the shape of the cutting part, were mounted in the knife wall. The first group of knives had a wave-shaped cutting part with double-sided sharpening, and the second and third groups of cutting parts were made straight, respectively, with single-sided and double-sided sharpening. All knives had a length of 120 mm and a thickness of 3 mm. The knives in the knife wall were installed at an angle to the vertical of 0° and 30°. Studies of the cutting force were carried out on a specially designed stand when grinding two varieties of feed beet «Crimean Pink» and «Record Poly». The stand included a hydraulic press, electronic scales, a video camera, and an adapter made of a wooden bar and equipped with a ruler. In the course of experimental studies, the values of the cutting force of feed beet during its grinding were determined, depending on the shape of the cutting edge of the knife of the knife wall and the depth of immersion of the knife in the root crop. **Results and conclusions.** As a result of experimental studies, the values of cutting forces of feed beets «Crimean Pink» and «Record Poly» were obtained every 10 mm of immersion in the root crop of knives of three groups when they are installed in the knife wall at vertical angles of 0 ° and 30°, the average values of cutting forces and their average square deviations, as well as mathematical dependences of the cutting force of feed beets of two varieties on the cutting depth. The results of experimental studies have shown that the minimum cutting force of both varieties of fodder beet is fixed when using knives with a wave – shaped cutting part, and the maximum-knives with a cutting part having a straight shape with one-sided sharpening. The average cutting force of fodder beet when it is crushed with knives with a straight-line cutting part and a double-sided sharpening is higher by 6-40% than when using knives with a wave-shaped cutting part. When using knives with a wave-shaped cutting part, the average cutting force of feed beet of the «Crimean Pink» variety

increases by 10% when the angle of installation of the knife is changed from 00 to 300, and of the «Record Poly» variety-by 35%. Thus, in the shredders of the new design, it is necessary to use knives with a wave-shaped cutting part.

Key words: feed beet, chopping, chopper, knife wall, knife, cutting force.

Citation. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Mamahai A. K. Results of research of the cutting force of fodder beets during grinding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3 (63) 356-366 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-37.

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.

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

УДК 631.363.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УСИЛИЯ РЕЗАНИЯ КОРМОВОЙ СВЁКЛЫ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ

А. И. Ряднов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
О. А. Федорова¹, доктор технических наук, профессор
А. К. Мамахай², специалист

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва

Дата поступления в редакцию 08.06.2021

Дата принятия к печати 20.08.2021

Актуальность. Обеспечение животноводства полноценными кормами, сбалансированными по питательным веществам, витаминам и микроэлементам в соответствии с запланированной продуктивностью, позволяет существенно повышать эффективность производства продукции животноводства. К высокоэффективным кормам для крупного рогатого скота относится кормовая свёкла, так как она является богатым источником крахмала. Усвояемость кормовой свёклы крупным рогатым скотом существенно повышается при скармливании измельченными до определенных размеров корнеклубнеплодами. Поэтому корнеклубнеплоды перед скармливанием следует измельчать с помощью измельчителей. Важнейшее требование к измельчителям – минимальные затраты энергии на резание. Затраты энергии на резание определяются, в первую очередь, усилием резания. Данная статья посвящена вопросу изучения усилия резания кормовой свёклы сортов – «Крымская розовая» и «Рекорд Поли» в лабораторных условиях в зависимости от глубины резания при ее измельчении при подготовке к скармливанию крупному рогатому скоту, а также от формы режущей кромки ножа ножевой стенки измельчителя и угла установки ножа в ножевой стенке. **Цель исследования** – экспериментальным путем выбрать форму режущей кромки ножа ножевой стенки измельчителя новой конструкции, обеспечивающей минимальное усилие резания кормовой свёклы при ее измельчении. **Материалы и методы.** Объектом исследования являлась ножевая стенка измельчителя, изготовленного по патенту РФ №2729524. В ножевую стенку монтировались плоские ножи, отличающиеся формой режущей части. Первая группа ножей имела режущую часть волнообразной формы с двухсторонней заточкой, а у второй и третьей групп режущие части были изготовлены прямолинейными соответственно с односторонней и двухсторонней заточками. Все ножи имели длину 120 мм и толщину 3 мм. Ножи в ножевой стенке устанавливались под углом к вертикали 0° и 30°. Исследования усилия резания проводились на специально разработанном стенде при измельчении двух сортов кормовой свёклы «Крымская розовая» и «Рекорд Поли». Стенд включал гидравлический пресс, электронные весы, видеокамеру и переходник, выполненный из деревянного бруса и оборудованный линейкой. В процессе экспериментальных исследований определялись значения усилия резания кормовой свёклы при ее измельчении в зависимости от формы режущей кромки ножа ножевой стенки и глубины погружения ножа в корнеклубнеплод. **Результаты и выводы.** В результате экспериментальных исследований получены значения усилий резания кормовой свёклы «Крымская розовая» и «Рекорд Поли» через каждые 10 мм по-

гружения в корнеклубнеплод ножей трех групп при их установке в ножевой стенке под углами к вертикали 0° и 30° , средние значения усилия резания и их средние квадратические отклонения, а также математические зависимости усилия резания кормовой свёклы двух сортов от глубины резания. Результаты экспериментальных исследований показали, что минимальное усилие резания обоих сортов кормовой свёклы зафиксировано при использовании ножей с режущей частью волнообразной формы, а максимальное – ножей с режущей частью, имеющих прямолинейную форму с односторонней заточкой. Среднее усилие резания кормовой свёклы при ее измельчении ножами с режущей частью, имеющей прямолинейную форму и двухстороннюю заточку, выше на 6 – 40 %, чем при использовании ножей с режущей частью волнообразной формы. При использовании ножей с режущей частью волнообразной формы среднее усилие резания кормовой свёклы сорта «Крымская розовая» возрастает на 10 % при изменении угла установки ножа с 0° до 30° , а сорта «Рекорд Поли» – на 35 %. Таким образом, в измельчителях новой конструкции необходимо применять ножи с режущей частью волнообразной формы.

Ключевые слова: кормовая свёкла, измельчение корнеклубнеплодов, измельчители, усилие резания.

Цитирование. Ряднов А. И., Федорова О. А., Мамахай А. К. Результаты исследований усилия резания кормовой свёклы при измельчении. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 356-366. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-37.

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. В настоящее время важнейшей проблемой сельскохозяйственного производства является обеспечение населения страны продуктами животноводства, в том числе мясомолочными. Для решения данной проблемы необходимо развивать скотоводство, что невозможно без наличия прочной кормовой базы.

Обеспечение животноводства полноценными кормами, сбалансированными по питательным веществам, витаминам и микроэлементам в соответствии с запланированной продуктивностью, позволяет существенно повышать эффективность производства продукции животноводства.

К высокоэффективным кормам, в частности для крупного рогатого скота, относится кормовая свёкла. Кормовая свёкла является богатым источником крахмала и, следовательно, углеводов. В связи с этим при кормлении крупного рогатого скота кормовой свёклой можно исключить остальные источники углеводов, обогатив корма протеином, минеральными добавками и витаминами [2, 7, 12].

Усвояемость кормовой свёклы крупным рогатым скотом существенно повышается при скармливании корнеклубнеплодами, измельченными до определенных размеров. Поэтому корнеклубнеплоды перед скармливанием следует измельчать с помощью измельчителей. Важнейшее требование к измельчителям – минимальные затраты энергии на резание.

Для снижения затрат энергии на резание корнеклубнеплодов измельчителями необходимо знать основные факторы, влияющие на энергоёмкость измельчения. Для решения данной задачи необходимо провести теоретические и экспериментальные исследования процесса резания кормовых материалов, в том числе и кормовой свёклы. Кроме того, результаты таких исследований позволят провести оптимизацию параметров и режимов работы измельчителей.

В работах [6, 11, 13, 15] установлено, что затраты энергии на резание корнеклубнеплодов во многом определяются усилием резания. Кроме того, на энергоёмкость процесса измельчения корнеклубнеплодов наибольшее влияние оказывают такие факторы, как угол защемления и скорость резания [1].

В работе [4] представлены результаты экспериментальных исследований влияния угла скольжения и скорости резания моркови на величину удельной работы резания, а также скорости движения ножа на усилие резания. Полученные результаты позволили авторам статьи оптимизировать углы скольжения и сделать вывод о том, что с повышением скорости резания растет удельная работа резания. В работе [3] даны рекомендации по значениям угла резания ножа, которые могут быть использованы только для конкретного измельчителя при измельчении определенных корнеклубнеплодов. Этот вывод подтверждают авторы работы [11]. При этом следует отметить, что разработано большое количество конструкций измельчителей корнеклубнеплодов, устройство, принцип работы, и результаты исследований некоторых из них представлен в работах [8-10].

Исследования многих ученых показали, что усилие резания корнеклубнеплодов, а следовательно, и энергоемкость процесса измельчения зависит от принципа резания измельчителем, его конструктивных особенностей и ряда других факторов.

Цель настоящей работы – экспериментальным путем выбрать форму режущей кромки ножа ножевой стенки измельчителя новой конструкции, обеспечивающей минимальное усилие резания кормовой свёклы при ее измельчении.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования оценки усилия резания корнеклубнеплодов проводились в лаборатории кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет».

Объектом исследования являлась ножевая стенка (рисунок 1) измельчителя, изготовленного по патенту РФ №2729524. В ножевую стенку монтировались плоские ножи группами, которые отличаются формой режущей части. Первая группа ножей имела режущую часть волнообразной формы с двухсторонней заточкой, а у второй и третьей групп режущие части были изготовлены прямолинейными соответственно с односторонней и двухсторонней заточками (рис. 2). Все ножи имели длину 120 мм и толщину 3 мм.

Ножи в ножевой стенке устанавливались под углом к вертикали 0° и 30° при горизонтальном расположении корпуса измельчителя (рисунок 1).



Рисунок 1 – Ножевая стенка измельчителя

Figure 1 – Knife wall of the chopper



Рисунок 2 – Формы режущей части ножей:

1 – режущая часть волнообразной формы; 2 – режущая часть прямолинейной формы с односторонней заточкой; 3 – режущая часть прямолинейной формы с двухсторонней заточкой

Figure 2 – Shapes of the cutting part of the knives:

1 – the cutting part of the wavelike shape; 2 – the cutting part of the rectilinear shape with one-sided sharpening; 3 – straight-line cutting part with double-sided sharpening

Исследования усилия резания проводились на специально разработанном стенде (рисунок 3) при измельчении двух сортов кормовой свёклы «Крымская розовая» и «Рекорд Поли». Эти сорта кормовой свёклы широко возделываются в хозяйствах Нижнего Поволжья и по своим физико-химическим показателям подходят для скармливания крупному рогатому скоту.



Рисунок 3 – Стенд для оценки усилия резания корнеклубнеплодов

Figure 3 – Stand for evaluating the cutting force of root crops

Разработанный стенд включал гидравлический пресс, электронные весы, видеокамеру и переходник, выполненный из деревянного бруса и оборудованный линейкой.

До начала исследования из свёклы вырезались куски, каждый из которых имел форму прямоугольного параллелепипеда высотой 120 мм. Все вырезанные куски свёклы взвешивались и нумеровались.

Корпус измельчителя с ножевой стенкой устанавливался на электронные весы, в него помещался вырезанный кусок кормовой свёклы, который прессом через переходник подавался на измельчение. Скорость резания во всех случаях не изменялась.

Процесс измельчения кормовой свёклы записывался на видеокамеру, что позволяло фиксировать усилие резания через каждые 10 мм хода переходника.

После измельчения каждого куса свёклы корпус измельчителя и ножевая стенка очищались, а измельченные части свёклы взвешивались с целью определения возможных потерь корма при измельчении корнеклубнеплодов.

Данный стенд позволял замерять усилие резания кормовой свёклы по глубине погружения ножа в корнеклубнеплод.

Результаты и обсуждение. Результаты экспериментальных исследований позволили получить зависимости усилия резания P двух сортов кормовой свёклы от глубины резания h ножами трех групп при установке их в ножевой стенке под двумя углами к вертикали (рисунки 4, 5, 6 и 7).

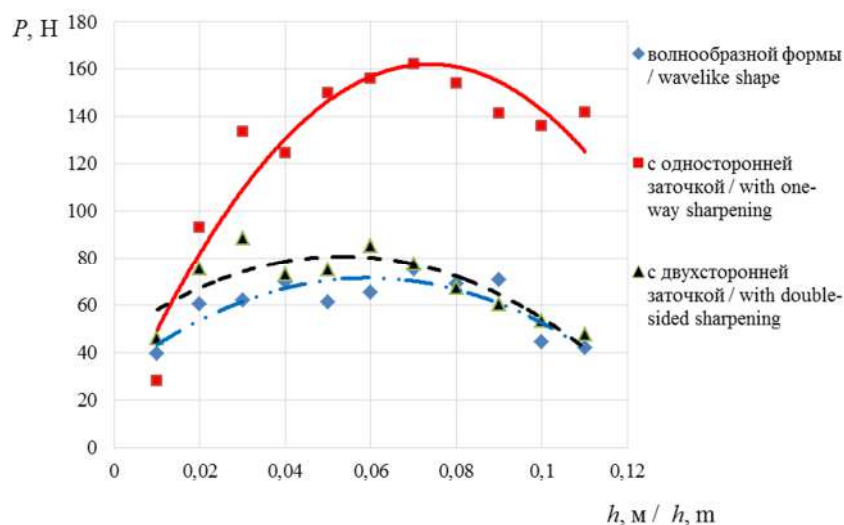


Рисунок 4 – Зависимость усилия резания кормовой свёклы сорта «Крымская розовая» от глубины резания при угле установки ножа 0°

Figure 4 – Dependence of the cutting force of feed beet of the variety "Crimean pink" on the cutting depth at the angle of installation of the knife 0°

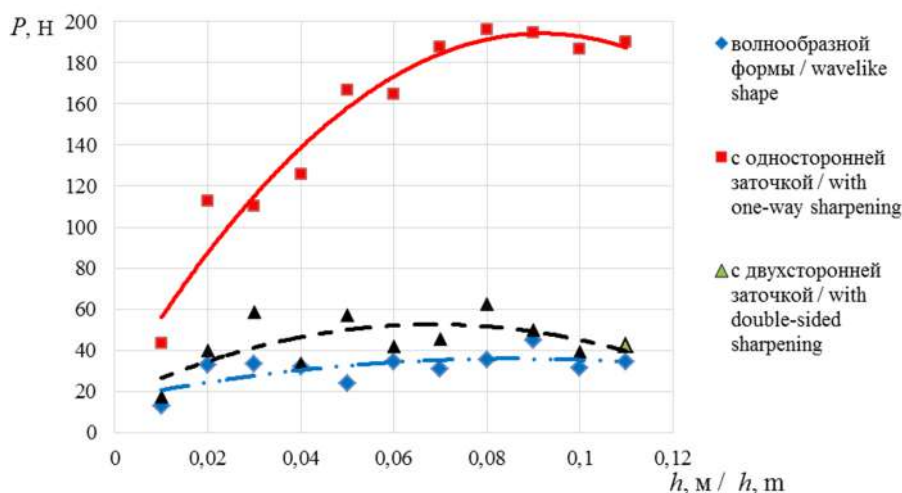


Рисунок 5 – Зависимость усилия резания кормовой свёклы сорта «Рекорд Поли» от глубины резания при угле установки ножа 0°

Figure 5 – Dependence of the cutting force of the feed beet of the "Record Poly" variety on the cutting depth at the angle of installation of the knife 0°

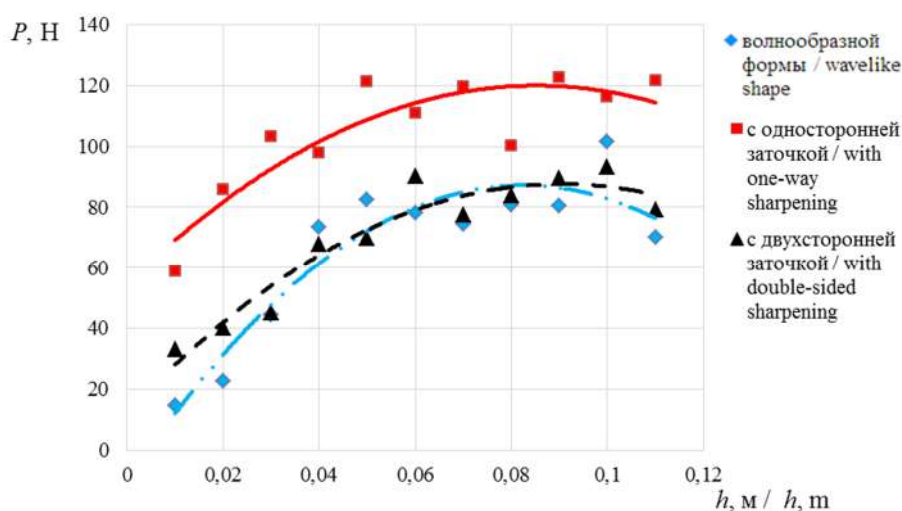


Рисунок 6 – Зависимость усилия резания кормовой свёклы сорта «Крымская розовая» от глубины резания при угле установки ножа 30°

Figure 6-Dependence of the cutting force of feed beet of the variety "Crimean pink" on the cutting depth at the angle of installation of the knife 30°

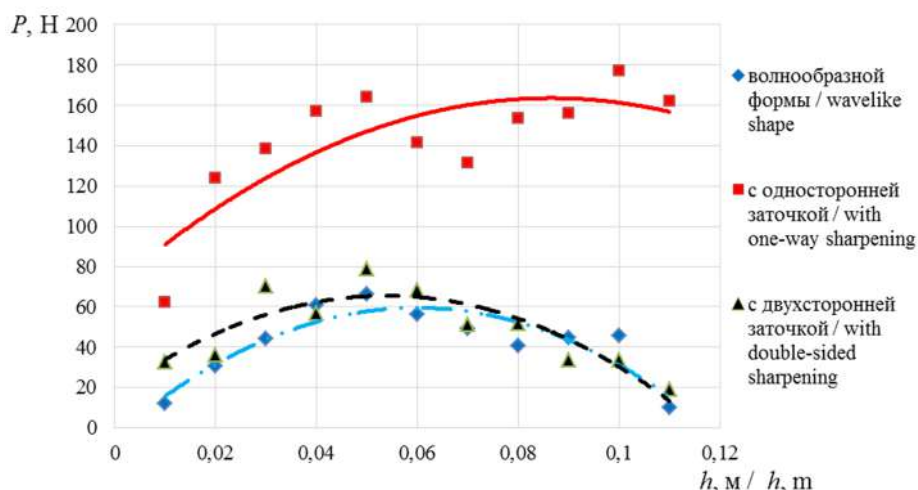


Рисунок 7 – Зависимость усилия резания кормовой свёклы сорта «Рекорд Поли» от глубины резания при угле установки ножа 30°

Figure 7 – Dependence of the cutting force of the feed beet of the "Record Poly" variety on the cutting depth at the angle of installation of the knife 30°

Данные, представленные на рисунках 4-7, позволили рассчитать для каждого варианта средние значения усилия резания кормовой свёклы $P_{ср}$ и их средние квадратические отклонения σ (таблица 1), а также получить математические зависимости усилия резания кормовой свёклы сортов «Крымская розовая» и «Рекорд Поли» от глубины резания ножами с режущей частью волнообразной формы и прямолинейной формы с односторонней и двухсторонней заточками при их установках на 0° и 30° к вертикали (таблица 2).

Из результатов расчетов, представленных в таблице 1, следует, что среднее значение усилия резания минимально при использовании ножей с режущей частью волнообразной формы. Кормовая свёкла сорта «Рекорд Поли» измельчается с меньшим усилием, чем «Крымская розовая» при применении ножей с режущей частью волнообразной формы и с прямолинейной формой, имеющих как одностороннюю, так и двухстороннюю заточку.

Таблица 1 – Средние значения P_{sr} и средние квадратические отклонения σ усилия резания кормовой свёклы

Table 1 – The average values of the P_{sr} and the average square deviations σ of the cutting force of feed beets

Форма режущей части ножа / Shape of the cutting part of the knife	Сорт свёклы / Beet variety	Угол установки ножа, град. / Angle of instal- lation of the knife, deg.	P_{sr} , Н / P_{sr} , Н	σ , Н
Волнообразная / Undulating	Крымская розовая / Crimean pink	0	60	12
		30	66	27
	Рекорд Поли / Record Poly	0	31	8
		30	42	18
Прямолинейная с односто- ронней заточкой / Straight- line with one-way sharpening	Крымская розовая / Crimean pink	0	133	38
		30	105	20
	Рекорд Поли / Record Poly	0	153	44
		30	143	31
Прямолинейная с двухсто- ронней заточкой / Straight- line with double-sided sharp- ening	Крымская розовая / Crimean pink	0	68	15
		30	70	21
	Рекорд Поли / Record Poly	0	44	13
		30	48	19

Таблица 2 – Зависимости усилия резания кормовой свёклы от глубины резания

Table 2 – Dependence of the cutting force of feed beet on the cutting depth

Форма режущей части ножа / Shape of the cutting part of the knife	Сорт свёклы / Beet variety	Угол установки ножа, град. / Ang- le of installation of the knife, deg.	Зависимости усилия резания свёклы P от глубины резания h / Dependence of the cutting force of beet P on the cutting depth h
Волнообразная / Undulating	Крымская розовая / Crimean pink	0	$P = -11524h^2 + 1369,3h + 30,69$ / $P = -11524h^2 + 1369.3h + 30.69$
		30	$P = -14340h^2 + 2363,7h - 10,15$ / $P = -14340h^2 + 2363.7h - 10.15$
	Рекорд Поли / Record Poly	0	$P = -2674h^2 + 457,5h + 16,33$ / $P = -2674h^2 + 457.5h + 16.33$
		30	$P = -17574h^2 + 2104,1h - 3,55$ / $P = -17574h^2 + 2104.1h - 3.55$
Прямолинейная с односторонней заточкой / Straight-line with one-way sharpening	Крымская розовая / Crimean pink	0	$P = -27803h^2 + 4095,7h + 11,17$ / $P = -27803h^2 + 4095.7h + 11.17$
		30	$P = -8997h^2 + 1532,7h + 54,71$ / $P = -8997h^2 + 1532.7h + 54.71$
	Рекорд Поли / Record Poly	0	$P = -20668h^2 + 3795,1h + 20,02$ / $P = -20668h^2 + 3795.1h + 20.02$
		30	$P = -12376h^2 + 2141,8h + 70,92$ / $P = -12376h^2 + 2141.8h + 70.92$
Прямолинейная с двухсторонней заточкой / Straight-line with double-sided sharpening	Крымская розовая / Crimean pink	0	$P = -12097h^2 + 1292,1h + 46,17$ / $P = -12097h^2 + 1292.1h + 46.17$
		30	$P = -9236h^2 + 1669,4h + 12,20$ / $P = -9236h^2 + 1669.4h + 12.20$
	Рекорд Поли / Record Poly	0	$P = -7618h^2 + 1044,2h + 16,82$ / $P = -7618h^2 + 1044.2h + 16.82$
		30	$P = -16471h^2 + 1770,5h + 17,86$ / $P = -16471h^2 + 1770.5h + 17.86$

Максимальное среднее усилие резания имеют ножи с прямолинейной формой режущей частью с односторонней заточкой.

Ножи с прямолинейной формой режущей части и двухсторонней заточкой имели среднее усилие резания выше на 6 % при измельчении кормовой свёклы «Крымская розовая» с установкой ножей под углом 30^0 и на 40 % – при измельчении кормовой свёклы «Рекорд Поли» с установкой ножей под углом 0^0 .

Изменение угла установки ножей с режущей частью волнообразной формы в ножевой стенке с 0^0 на 30^0 приводит к увеличению среднего усилия резания кормовой свёклы сортов «Крымская розовая» и «Рекорд Поли» соответственно на 10 % и 35 %.

Зная зависимости усилия резания кормовой свёклы от глубины резания, представленные в таблице 2, можем определить для каждого варианта глубину погружения ножа в корнеклубнеплод, при которой усилие резания будет максимальным. Эти знания могут быть полезными при усовершенствовании конструкции измельчителя.

Кроме того, экспериментальные исследования показали, что от формы режущей части ножа зависит качество готовой продукции и процесс резания определяет геометрические характеристики ломтика, что напрямую влияет на однородность кормовой свёклы. При воздействии рабочего органа измельчителя на корнеклубнеплод выделяется клеточный сок, т.е. происходит процесс нарушения клеточной структуры. Измельчение наблюдается с эффектом сепарации, и при этом происходит нарушение силы поверхностного слоя, что ведет к потере питательных свойств, снижению качества готового корма из-за того, что сок в свободном состоянии темнеет, покрывается плесенью и окисляется [14]. Экспериментальные исследования потерь сока и качество готового корма необходимо провести дополнительно.

Выводы. Результаты экспериментальных исследований показали, что минимальное усилие резания обоих сортов кормовой свёклы зафиксировано при использовании ножей с режущей частью волнообразной формы, а максимальное – ножей с режущей частью, имеющих прямолинейную форму с односторонней заточкой.

Среднее усилие резания кормовой свёклы при ее измельчении ножами с режущей частью, имеющей прямолинейную форму и двухстороннюю заточку, выше на 6-40 %, чем при использовании ножей с режущей частью волнообразной формы.

При использовании ножей с режущей частью волнообразной формы среднее усилие резания кормовой свёклы сорта «Крымская розовая» возрастает на 10 % при изменении угла установки ножа с 0^0 до 30^0 , а сорта «Рекорд Поли» – на 35 %.

Таким образом, в измельчителях новой конструкции необходимо применять ножи с режущей частью волнообразной формы.

Библиографический список

1. Ананьев В. С. Аналитическое определение общего усилия резания в роторном измельчителе корнеклубнеплодов // Вестник КрасГАУ. 2012. №11. С. 269-273.
2. Брусенков А. В., Ильина И. Е. Повышение эффективности приготовления корнеклубнеплодов // Наука в центральной России. 2019. № 2 (38). С. 91-97.
3. Курдюмов В. И., Аюгин П. Н. Анализ факторов, влияющих на энергоёмкость резания // Нива Поволжья. 2008. № 3 (8). С. 57-59.
4. Курдюмов В. И., Аюгин П. Н., Аюгин Н. П. Снижение энергоёмкости измельчения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008. №5 (43). С. 50-53.
5. Определение усилия со стороны ножа при резании с качением корнеклубнеплодов в измельчителе с горизонтальным вращающимся диском / П. А. Савиных [и др.] // Молочно-зайцевый вестник. 2016. № 3 (23). III кв. С. 62-74.
6. Результаты производственных испытаний экспериментального измельчителя корнеплодов / В. В. Новиков, В. С. Зотеев, О. А. Камышева, А. С. Грецов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (64). С. 74-76.

7. Ряднов А. И., Федорова О. А., Мамахай А. К. Совершенствование конструкции измельчителя корнеклубнеплодов // Вестник НГИЭИ. 2021. № 3 (118). С. 40–51.
8. Савиных П. А., Булатов С. Ю., Смирнов Р. А. Измельчитель корнеклубнеплодов // Сельский механизатор. 2013. Вып. 8. С. 40–41.
9. Савиных П. А., Булатов С. Ю., Смирнов Р. А. Разработка и результаты предварительных исследований малогабаритного измельчителя корнеклубнеплодов // Вестник ВНИИМЖ. Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве. 2014. № 4 (16). С. 115–118.
10. Савиных П. А., Булатов С. Ю., Смирнов Р. А. Оптимизация рабочего процесса измельчителя корнеклубнеплодов // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2015. № 3 (3). С. 36–41.
11. Cattle feeding experiment and chopping device parameter determination for mechanized harvesting of forage rape crop / X. Wan [et al.] // Transactions of the ASABE. 2021. 64 (2). P. 715–725.
12. Cutting resistance of soft materials: effects of blade inclination and friction / A. Spagnoli [et al.] // Theoretical and Applied Fracture Mechanics. 2019. No. 101. P. 200–206.
13. Determination of the optimal incline angle of the incision of the cutting machine of the tuber grinder of potatoes / S. N. Shukhanov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 548(5). 052026.
14. Jamshidpouya M., Najafi G., Tavakoli Hashjin T. Design, fabrication and evaluation of electric forage chopper with adjustable helix angle // Journal of Agricultural Science and Technology. 2018. V. 20 (5). P. 923–938.
15. Upgraded rotary cross-shaped food shredder knife / U. D. Batyrov [et al.] // International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies», IT and QM and IS 2017. 2017. P. 309–311.

Conclusion. The results of laboratory studies have shown that the minimum effort and minimum loss of nutrients for cutting both varieties of fodder beets were recorded when using wave-shaped knives, and the maximum - with one-sided sharpening.

When using a wave-shaped knife, the average cutting force of fodder beets of the Krymskaya Rose variety increases by 10% with a change in the knife setting angle from 00 to 300, and of Record Poly variety - by 32%.

To assess the influence of the angle of installation of knives with one-sided and two-sided sharpening on the cutting force of fodder beets, additional laboratory studies are required.

References

1. Ananyev V. S. Analytical determination of the total cutting force in the rotary chopper of root tubers // Bulletin of KrasGAU. 2012. No. 11. P. 269–273.
2. Brusenkov A. V., Ilina I. E. Improving the efficiency of root crop preparation // Nauka v tsentralnoy Rossii. 2019. No. 2 (38). P. 91–97.
3. Kurdyumov V. I., Ayugin P. N. Analysis of factors affecting the energy consumption of cutting // Niva Povolzhya. 2008. No. 3 (8). P. 57–59.
4. Kurdyumov V. I., Ayugin P. N., Ayugin N. P. Reduction of the energy intensity of grinding // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2008. No. 5 (43). P. 50–53.
5. Determination of the knife force when cutting with rolling root tubers in a shredder with a horizontal rotating disk / P. A. Savinykh [et al.] // Dairy bulletin. 2016. No. 3 (23). III sq. P. 62–74.
6. Results of production tests of an experimental root chopper / V. V. Novikov, V. S. Zoteev, O. A. Kamysheva, A. S. Gretsov // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2017. No. 2 (64). P. 74–76.
7. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Mamakhai A. K. Sovershenstvovanie konstruktssii shredder korneklubneplodov // Vestnik NGIEI. 2021. No. 3 (118). P. 40–51.
8. Savinykh P. A., Bulatov S. Yu., Smirnov R. A. Chopper of root-tubers // Rural mechanizer. 2013. Issue 8. P. 40–41.
9. Savinykh P. A., Bulatov S. Yu., Smirnov R. A. Development and results of preliminary studies of a small-sized root-tuberoses chopper // Vestnik VNIIMZH. Mechanization, automation and machine technologies in animal husbandry. 2014. No. 4 (16). P. 115–118.

10. Savinykh P. A., Bulatov S. Yu., Smirnov R. A. Optimization of the working process of the root-tuberose chopper // Bulletin of the Mari State University. Series "Agricultural sciences. Economic Sciences". 2015. No. 3 (3). P. 36-41.
11. Cattle feeding experiment and chopping device parameter determination for mechanized harvesting of forage rape crop / X. Wan [et al.] // Transactions of the ASABE. 2021. 64 (2). P. 715-725.
12. Cutting resistance of soft materials: effects of blade inclination and friction / A. Spagnoli [et al.] // Theoretical and Applied Fracture Mechanics. 2019. No. 101. P. 200-206.
13. Determination of the optimal incline angle of the incision of the cutting machine of the tuber grinder of potatoes / S. N. Shukhanov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 548(5). 052026.
14. Jamshidpouya M., Najafi G., Tavakoli Hashjin T. Design, fabrication and evaluation of electric forage chopper with adjustable helix angle // Journal of Agricultural Science and Technology. 2018. V. 20 (5). P. 923-938.
15. Upgraded rotary cross-shaped food shredder knife / U. D. Batyrov [et al.] // International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies», IT and QM and IS 2017. 2017. P. 309-311.

Authors Information

Ryadnov Alexey Ivanovich, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), honored worker of the higher school of the Russian Federation, doctor of agricultural Sciences, Professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Fedorova Olga Alekseevna, Professor of the Department of "Technical systems in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), Doctor of Technical Sciences, associate Professor,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, E-mail: foa_77@mail.ru;

Mamakhai Angela Kanvekovna, specialist of the Laboratory of processing and storage of plant Products Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Russia, Moscow, 1st Institutsky proezd, house 5),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8582-108>, E-mail: mamakhaeva@mail.ru

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Федорова Ольга Алексеевна, профессор кафедры «Технические системы в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доцент, доктор технических наук,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, E-mail: foa_77@mail.ru;

Мамахай Анжела Канвековна, специалист лаборатории переработки и хранения продукции растениеводства, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (РФ, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8582-108>, E-mail: mamakhaeva@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-38

ANALYTICAL MODELING OF ARID PASTURE DEGRADATION

A. N. Salugin, M.V. Vlasenko

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

Received 26.05.2021

Submitted 11.08.2021

Abstract

Introduction. The use of mathematical methods in the study of the dynamics of degradation of the vegetation cover in arid territories is currently relevant in the problems of managing the bioproductivity and sustainability of pasture ecosystems. **Object.** The object of research was the plant associations

of the arid belt of Russia. **Materials and methods.** The purpose of the research is to study degradation processes of vegetation cover by mathematical methods using ordinary differential equations. The implementation of such models was carried out numerically by the analytical method of finite differences in the form of arrays describing the time dependence of the areas of soil cover phytocenoses. The dynamics of degradation of phytocenoses was analyzed using interactive graphics. The rate of degradation was associated with the characteristic points of the evolution curves. The novelty of research lies in obtaining solutions to mathematical models of systems of ordinary differential equations in the form of explicit dependences of the areas of projective coverings of phytocenoses on time. **Results and conclusion.** Models are compiled for those cases when the system of ordinary differential equations admits a solution in the form of algebraic expressions in a closed form. Solutions were obtained for various schemes of succession transitions between plant communities. It is noted that an important feature of soil-plant systems is their high sensitivity to the intra-systemic diversity of interactions between phytocenoses, which in turn is determined by the general biodiversity of pasture ecosystems. Such an analysis is promising in specific problems of stability and self-organization of pastures. The results of such models can be applied in the management of pasture biological resources, provided that the regime of their rational use is observed. The matrix of mutual transitions, as a matrix of coefficients of the right parts of the system of ordinary differential equations, is a quantitative measure of adequate «loading» (animal load) on pastures operating in the self-recovery mode.

Key words: *autonomous systems of differential equations, mathematical modeling, dynamics of successions, extreme points, biodiversity.*

Citation. Salugin A.N., Vlasenko M.V. Analytical modeling of arid pasture degradation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 366-376 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-38.

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 631.432.3

АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ АРИДНЫХ ПАСТБИЩ

А. Н. Салугин, доктор сельскохозяйственных наук
М. В. Власенко, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 26.05.2021

Дата принятия к печати 11.08.2021

Актуальность. Применение математических методов при изучении динамики деградации растительного покрова засушливых территорий в настоящее время актуально в задачах управления биопродуктивностью и устойчивостью пастбищных экосистем. **Объектом исследований** являлись растительные ассоциации аридного пояса России. **Материалы и методы.** Цель исследований – изучение деградационных процессов растительного покрова математическими методами с использованием обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Реализация таких моделей осуществлялась численно аналитическим методом конечных разностей в виде массивов, описывающих временную зависимость площадей фитоценозов почвенного покрова. Динамика деградации фитоценозов анализировалась с применением интерактивной графики. Скорость протекания деградации связывалась с характерными точками кривых эволюции. **Новизна исследований** заключается в получении решения математических моделей систем ОДУ в виде явных зависимостей площадей проективных покрытий фитоценозов от времени. **Результаты и выводы.** Составлены модели для случаев, когда система ОДУ допускает решение в виде алгебраических выражений в замкнутой форме. Были получены решения для различных схем сукцессионных переходов между растительными сообществами. Замечено, что важной особенно-

стью почвенно-растительных систем является их высокая чувствительность к внутрисистемному разнообразию взаимодействий между фитоценозами, что в свою очередь определяется общим биоразнообразием пастбищных экосистем. Подобный анализ перспективен в конкретных задачах устойчивости и самоорганизации пастбищ. Результаты таких моделей могут применяться в управлении пастбищными биоресурсами при условии соблюдения режима их рационального использования. Матрица взаимных переходов, как и матрица коэффициентов правых частей системы ОДУ, являются количественной мерой адекватного «нагружения» (животной нагрузки) на пастбища, функционирующие в режиме самовосстановления.

Ключевые слова: *деградация аридных пастбищ, математическое моделирование деградации пастбищ, динамика сукцессий, экстремальные точки.*

Цитирование. Салугин А. Н., Власенко М. В. Аналитическое моделирование деградации аридных пастбищ. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 366-376. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-38.

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. На аридных территориях резкие климатические колебания и антропогенные нагрузки являются серьезным препятствием для обеспечения нормальной кормовой базы и способствуют различным видам деградации пастбищных экосистем (дефляции, биологической регрессии и т. д.) [5, 12-15, 17, 18, 20]. Моделирование состояния аридных пастбищных экосистем при их хозяйственной эксплуатации помогает в решении задач управления их продуктивностью и устойчивостью [2, 9, 10, 11]. В современной математической биологии развивается новое направление моделирования, основанное на дифференциальных уравнениях. Вводятся такие понятия, как «оператор сдвига» (оператор эволюции), «качественная эквивалентность», «бифуркация» и т.д. Математическое моделирование с помощью линейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) успешно используется для исследования динамики почвенных растительных экосистем [3, 7, 8]. Иногда эти уравнения называют эволюционными, а их решение реализуется численно. Успешно решали экологические проблемы с привлечением ОДУ и детально анализировали полученные результаты в своих работах отечественные и зарубежные ученые в середине прошлого – начале настоящего столетий: Самарский А. А., Курдюмов С. П., Свиричев Ю. М., Смирнов, Тихонов А. Н., Jorgensen S. E., Bendoricchio G., Logofet D. O., Ulanova N. G., Klochkova I. N., Demidova A. N. Моделирование с применением дифференциальных уравнений, на наш взгляд, наиболее эффективно для описания динамики многомерных экосистем. Данная методология адекватно отражает развитие сложных экосистем и их устойчивость. При математическом моделировании динамики деградации агроландшафтов преимущество таких моделей неоспоримо. Кроме того, построение оператора эволюции (фазовой траектории), определение точек качественного перелома в динамике экосистем (точек бифуркации) дают ценную информацию об их устойчивости и способности к самоорганизации.

Материалы и методы. Цель исследований – изучение деградационных процессов растительного покрова в аридном поясе России математическими методами с использованием обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). В настоящей работе моделирование осуществлялось на автономных системах линейных дифференциальных уравнений второго и четвертого порядков, описывающих динамику деградации растительности на пастбищах при антропогенном воздействии (в виде распашки и перевыпаса).

При изучении механизмов деградации растительного покрова основное влияние уделяется исследованию формы кривого временного тренда площадей фитоценозов, составляющих покров [1, 4]. Вместе с тем механизмы деградации, приводящие к наблюдаемым формам тренда, не были выявлены. Актуально определить влияние сукцессионных превращений на динамику функционирования фитоценозов, учитывая различную сложности схемы переходов. Были рассмотрены случаи систем ОДУ, когда они решаются в замкнутом виде с начальными условиями (задача Коши). При нахождении общих решений использовался метод неопределенных коэффициентов с графическим наблюдением полученных результатов. Вначале рассматривалась упрощенная схема, когда в сукцессии участвуют всего два фитоценоза (рисунок 1а). В данном случае процесс динамического сукцессионного перехода описывается линейной системой ОДУ (1) второго порядка:

$$\begin{cases} \frac{dS_1}{dt} = -\alpha_{12} \cdot S_1 + \alpha_{21} \cdot S_2 \\ \frac{dS_2}{dt} = -\alpha_{21} \cdot S_2 + \alpha_{12} \cdot S_1 \end{cases}, \quad (1)$$

где α_{ij} – коэффициенты переходов: α_{12} – интенсивность передачи биомассы фитоценоза 1 фитоценозу 2.

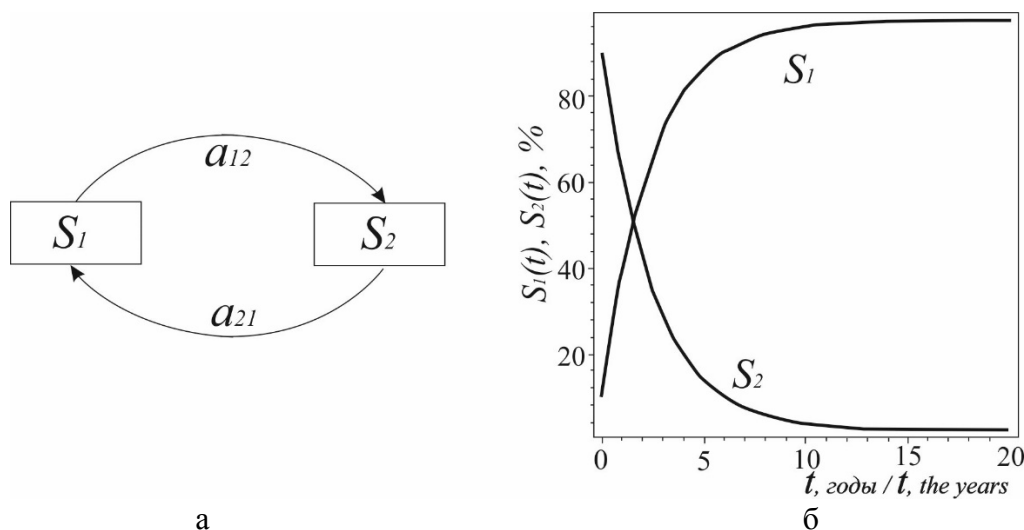


Рисунок 1 – Схема сукцессионных переходов, когда в сукцессии участвуют два фитоценоза: а) – ориентированный граф для двух фитоценозов; б) – решение модели (1) с взаимными переходами, изображенными слева

Figure 1 – Scheme of succession transitions when two phytocenoses participate in succession: а) –oriented graph for two phytocenoses; б) –solution of model (1) with mutual transitions shown on the left.

Интенсивность обратного процесса описывается коэффициентом α_{21} . Знаки этих коэффициентов определяют направление сукцессий: если элемент разрушается, ставится знак минус, если восстанавливается – плюс, линейная система дифференциальных уравнений (1) может быть решена в явном (замкнутом) виде (Смирнов, 1974). Математически модель сукцессионных переходов для любого числа фитоценозов записывается в виде матрицы:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & \alpha_{12} & \dots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & 0 & \dots & \alpha_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \dots & 0 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

В нашем случае для системы (1) матрица (2) выглядит так:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & 0 \end{pmatrix}.$$

Система ОДУ решалась методом неопределённых коэффициентов с использованием системы алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} A(k + \alpha_{12}) - \alpha_{21} \cdot B = 0, \\ -\alpha_{12} \cdot A + B(\alpha_{21} + k) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

и начальных условий: $S_1(0)=S_{10}$, $S_2(0)=S_{20}$ (задача Коши), где S_{10} и S_{20} – значения площадей фитоценозов в начальный момент времени. Решение получено в виде:

$$\begin{cases} S_1(t) = \frac{\alpha_{21}}{\alpha_{12} + \alpha_{21}} + \frac{(\alpha_{21} - \alpha_{12}) \cdot S_2(0) \cdot \alpha_{12}}{\alpha_{12} + \alpha_{21}} \cdot e^{-(\alpha_{12} + \alpha_{21})t} \\ S_2(t) = \frac{\alpha_{12}}{(\alpha_{21} + \alpha_{12})} - \frac{(\alpha_{21} - \alpha_{12}) \cdot S_2(0) \cdot \alpha_{12}}{\alpha_{12} + \alpha_{21}} \cdot e^{-(\alpha_{12} + \alpha_{21})t} \end{cases} \quad (4)$$

где α_{ij} – коэффициенты переходов ($i=1,2; j=1,2$), $S_i(0)$ начальные значения площадей, t – время. Для качественного анализа представим решение в упрощенном виде (сделав замену), объединяя постоянные коэффициенты:

$$\begin{cases} S_1(t) = A + B \cdot e^{-\alpha_{12}t} \\ S_2(t) = A - D \cdot e^{-\alpha_{21}t} \end{cases},$$

где $A = \frac{\alpha_{21}}{\alpha_{12} + \alpha_{21}}$, $B = \frac{(\alpha_{21} - \alpha_{12}) \cdot S_2(0) \cdot \alpha_{12}}{\alpha_{12} + \alpha_{21}}$,

$$D = \frac{(\alpha_{21} - \alpha_{12}) \cdot S_2(0) \cdot \alpha_{12}}{\alpha_{12} + \alpha_{21}}, \quad \alpha = \alpha_{12} + \alpha_{21}.$$

На рисунке 1b приведены графики динамики фитоценозов $S_1(t)$ и $S_2(t)$. Видно, что первый монотонно уменьшается, а второй – асимптотически возрастает, приближаясь к значениям, определяемым условием нормировки: $S_1(t)+S_2(t)=1$. Начальные условия модели: $S_1(0)=0,99$, $S_2(0)=0,01$, $\alpha_{12} = 0.4$, $\alpha_{21} = 0.01$ (1/год).

Результаты. Основным результатом сукцессионных перемен внутри системы, состоящей из двух фитоценозов, является монотонное и асимптотическое приближение их площадей к предельным значениям. В данной модели не учитывается связь почвенно-растительной системы с внешней средой (система замкнутая). Взаимодействие пастбищных растительных сообществ с учетом биосферного окружения описывается дополнительными математическими конструкциями, отражающими конкретные характеристики подобного контакта (изменение климата, антропогенного воздействия). В описанной модели не была учтена ограниченность биосферных ресурсов, где сосуществуют и развиваются фитоценозы. Приведенная модель, скорее демонстрация приёма дифференциальных урав-

нений, чем реальность. Отметим, что в аридных условиях начальной стадии сукцессии пастбищ в процессе деградации порождают промежуточные фитоценозы [16, 19]. Ниже будет рассмотрен вариант с расширенной конфигурацией связей между четырьмя типами подобных фитоценозов. Адекватность описания их динамики с помощью системы ОДУ зависит от точности задания начальных условий, определение которых является отдельной задачей. Отметим, что решая задачу Коши для почвенных растительных экосистем, исследователь получает возможность моделирования их динамики для определения условий их динамического равновесия. Концепция такого моделирования основана на возможности качественной теории ОДУ решать более общие задачи устойчивости пастбищных экосистем и описывать их эволюцию. Это важно для задач управления, когда знание динамики деградации предопределяет стратегию потребления растительными ресурсами пастбищ РФ (нормы выпаса, животная нагрузка).

Модели динамики в виде систем ОДУ допускают аналитическое решение в замкнутом виде. Рассмотрим систему четвёртого порядка с начальными условиями в виде четырех компонент вектора исходных площадей фитоценозов S_{0i} . В нашем случае правая часть системы уравнений не содержит времени (автономные системы). Это означает, что процессы, протекающие внутри экосистемы, не связаны с изменениями внешних воздействий во времени (стационарный случай). Такое упрощение адекватно описывает процессы только стационарных деградационных разрушений без катастроф. Вместе с тем качественная картина, полученная в таком упрощении, имеет принципиальное значение для понимания физической природы сукцессионных механизмов. Результаты такого «промежуточного» моделирования использовались нами для объяснения результатов, полученных при вариантах с более развитой схемой сукцессионных переходов. Для случаев, когда аналитическое решение системы ОДУ не представляется возможным, его получают численно с помощью вычислительного эксперимента (метод конечных разностей) [3, 7, 8]. В настоящей статье рассмотрены аналитические варианты решения системы уравнений второго и четвертого порядков.

Вначале рассмотрим взаимодействие четырёх фитоценозов по схеме, представленной ориентированным графом, изображенном на рисунке 2а, где показаны переходы от исходного состояния к полной деградации. Фитоценозы под номерами 2 и 3 являются промежуточными как результат перемещения в ряду сукцессионных переходов к финальной стадии деградации.

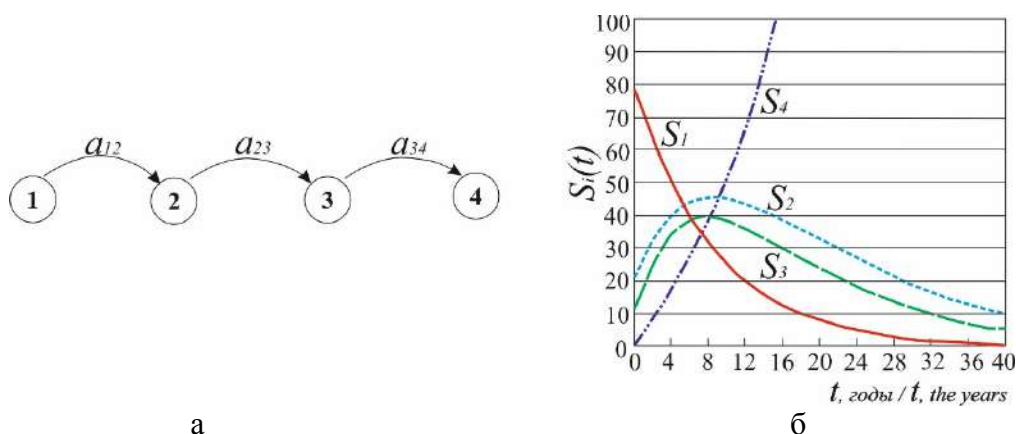


Рисунок 2 – Схема сукцессионных переходов, когда в сукцессии участвуют четыре фитоценоза: а) – ориентированный граф модели деградации; б) – решение математической модели деградации (5)

Figure 2 – Scheme of succession transitions, when four phytocenoses participate in the succession: a) – oriented graph of degradation model; b) – solution of the mathematical model of degradation (5)

Подобная схема была использована в работе Титляновой А. А. и Самбуу А. Д. [9] при изучении залежной сукцессии в степях Тувы. В нашем случае роль залежи играет финальное состояние при антропогенной деградации пастбищ – разбитые пески. В аридных условиях Тувы сукцессионные процессы формирования залежей проходят через две промежуточные стадии (в нашем случае: 2-я и 3-я вершины орграфа). Данная модель не учитывает обратных переходов (восстановление) и описывает только разрушительную эволюцию по механизму «без восстановления». Математически модель в данном случае описывается автономной системой четвёртого порядка:

$$\begin{cases} \frac{dS_1}{dt} = -\alpha_{12}S_1 \\ \frac{dS_2}{dt} = -\alpha_{23}S_2 + \alpha_{12}S_1 \\ \frac{dS_3}{dt} = -\alpha_{34}S_3 + \alpha_{23}S_2 \\ \frac{dS_4}{dt} = \alpha_{34}S_3 \end{cases} \quad (5)$$

где α_{ij} – коэффициент переходов между i и j -ым фитоценозами (слева – направо по схеме). Знак «+» означает рост, «-» – убыль площадей. Опуская промежуточные выкладки, получим решение системы (5) в виде:

$$\begin{cases} S_1(t) = S_0_1 \cdot e^{-\alpha_{12}t} \\ S_2(t) = S_0_2 \cdot e^{-\alpha_{23}t} + S_0_1(e^{-\alpha_{12}t} - e^{-\alpha_{23}t}) \\ S_3(t) = S_0_3 \cdot e^{-\alpha_{34}t} + \left(\frac{S_0_1 \alpha_{12} \alpha_{23}}{(\alpha_{23} - \alpha_{12})(\alpha_{34} - \alpha_{23})} - \frac{S_0_2 \alpha_{23}}{\alpha_{34} - \alpha_{23}} \right) \\ \quad (e^{-\alpha_{12}t} - e^{-\alpha_{34}t}) + \frac{S_0_1 \alpha_{12} \alpha_{23} (e^{-\alpha_{12}t} - e^{-\alpha_{34}t})}{(\alpha_{23} - \alpha_{12})(\alpha_{34} - \alpha_{23})} \\ S_4(t) = S_0_1(e^{-\alpha_{12}t} - e^{-\alpha_{34}t}) \frac{\alpha_{12} \alpha_{23} \left(\frac{1}{\alpha_{34} - \alpha_{12}} - \frac{1}{\alpha_{34} - \alpha_{23}} \right)}{\alpha_{23} - \alpha_{12}} \\ S_0_2(e^{-\alpha_{12}t} - e^{-\alpha_{34}t}) \frac{\alpha_{23}}{\alpha_{34} - \alpha_{23}}, \end{cases} \quad (6)$$

графики которого представлены на рисунке 2b.

Приведенные результаты качественно отличаются от предыдущего (два фитоценоза): $S_1(t)$ и $S_4(t)$ монотонны, но не симметричны относительно друг друга, как это было в двухэлементной модели. Ярко выраженная немонотонность поведения промежуточных фитоценозов $S_2(t)$ и $S_3(t)$ с чёткими экстремумами предсказывает существование особых точек. Полученные аналитические выражения (6) для $S_i(t)$ сложны для анализа поведения фитоценозов во времени. Вместе с тем ценность таких моделей в том, что они дают исследователю возможность посредством качественной теории ОДУ изучать устойчивость экосистем и делать прогнозы на будущее. Количественно определение элементов матрицы переходов, соответствующих стационарным фазовым траекториям, с помощью моделирования может принести практическую пользу в задачах оптимального природопользования и управления пастбищными биоресурсами. Приведённый пример указывает на то, что си-

стема нестабильна. То есть элементы либо асимптотически исчезают (S_1, S_2, S_3), либо занимают всё пространство (S_4). Модель качественно адекватно отражает процесс необратимой деградации четырехкомпонентной экосистемы.

Аналитические решения позволяют изучать поведение фитоценозов в экстремальных точках. В нашем случае наблюдают два экстремума для кривых $S_2(t)$ и $S_3(t)$ (рисунок 2b). Для более точного определения положения экстремальных точек продифференцируем решения, получив явные формулы для производных, с помощью которых можно анализировать скоростную динамику деградации. Графически эти скорости представлены на рисунке 3.

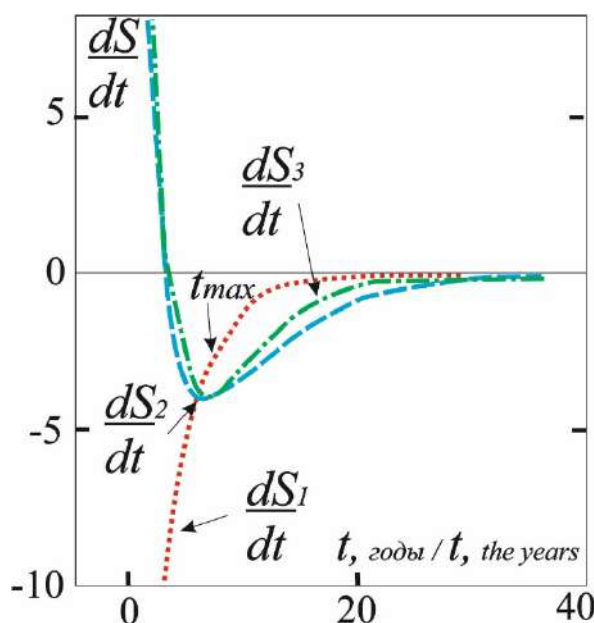


Рисунок 3 – Динамика решений математической модели (5)

Figure 3 – Dynamics of solutions to a mathematical model (5)

Исследуемые сукцессионные процессы имеют различную природу: дефляция и восстановление, деградация и развитие, прогресс и регресс и т.п. При анализе аналитических решений дифференциальных уравнений представляется возможным получать информацию о динамике того или иного фитоценоза растительной экосистемы, определять точки качественных переломов. Графическое представление результатов деградации даёт наглядную интерпретацию модели. Из рисунка 3 видно, что S_1 (также как и S_4) изменяется без изменения знака производной: процессы имеют однородный характер в виде монотонных функций. Кривые $\frac{dS_2(t)}{dt}$ и $\frac{dS_3(t)}{dt}$ пересекают ось времени. Это означает, что в точках пересечения происходит изменение знака скорости деградационного перехода в другие состояния. Качественно изменяется динамика процессов: ускорение меняется на замедление в точке t_{max} . Таким образом, алгебраические выражения для производных дают возможность изучать экстремумы решения модели. Точки качественных переломов при этом определяются из условия равенства нулю вторых производных.

Выводы. Получены и проанализированы две качественно отличные друг от друга аналитические модели деградации почвенных растительных экосистем. Различие определяется числом растительных сообществ, участвующих в сукцессиях, а также числом связей, сопровождающих процесс деградации. Промежуточные фитоценозы

развиваются во времени немонотонно, демонстрируя неустойчивость экосистемы (точки бифуркаций). Качественное изменение динамики фитоценозов модели служит индикатором устойчивости растительных сообществ в целом. Подобный аналитический анализ перспективно использовать в задачах устойчивости и самоорганизации пастбищных фитоценозов. Результаты таких моделей могут применяться в управлении пастбищными биоресурсами. Матрица взаимных сукцессионных переходов (матрица коэффициентов системы ОДУ) является количественной мерой оптимальной животной нагрузки на пастбище при их эксплуатации в режиме самовосстановления.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Власенко М. В., Кулик А. К. Сезонные изменения кормовой продуктивности аридных пастбищ // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 14-24.
2. Кулик А. К., Власенко М. В. Эколого-гидрологическая оценка воздействия сельского и лесного хозяйства на песчаные земли Верхнего Дона // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 1 (57). С. 89-94.
3. Кулик К. Н., Салугин А. Н. Моделирование дефляции аридных пастбищ с помощью Марковских цепей // Экосистемы: экология и динамика. 2017. № 1 (4). С. 5-22.
4. Материалы к флоре Волгоградской области / С. А. Сенатор [и др.] // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018. Т. 12. № 4. С. 23-43.
5. Панкова Е. И., Конюшкова М. В., Мухортов В. И. Тренд развития почв аридных экосистем под влиянием различного антропогенного воздействия (Астраханская область) // Экосистемы: экология и динамика. 2018. Т. 2. № 2. С. 40-64.
6. Роль почв в оценке деградации земель (обзор) / Е. В. Цветнов, О. А. Макаров, А. С. Строков, О. Б. Цветнова // Почвоведение. 2021. № 3. С. 363-371.
7. Салугин А. Н. Численное моделирование сукцессионных переходов в агроэкологии // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 1. С. 62-65.
8. Салугин А. Н. Математические модели динамической устойчивости аридных экосистем // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 339-345.
9. Титлянова А. А., Самбуу А. Д. Детерминированность и синхронность залежной сукцессии в степях Тувы // Известия РАН. Серия Биологическая. 2014. № 6. С. 621-630.
10. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Моделирование функционирования пастбищ в целях прогнозирования их состояния при хозяйственной эксплуатации // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (45). С. 33-38.
11. Шинкаренко С. С., Кошелева О. Ю., Солодовников Д. А. Прогностно-картографическое моделирование продуктивности пастбищ Волгоградской области на основе данных дистанционного зондирования // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 1 (54). С. 69-78.
12. A quantitative approach to zoning arid territories in Russia with respect to climatic and soil-granulometric parameters / D. I. Rukhovich [et al.] // Doklady Earth Sciences. 2019. Vol. 485. No. 2. Pp. 428-431.
13. Experience in approbation of societal land value as a basis for ecological and economic assessment of damage from land degradation / E. V. Tsvetnov [et al.] // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 10. Pp. 1298-1305.
14. Geoinformational analysis of desertification of the Northwestern Caspian / K. N. Kulik [et al.] // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No 2. Pp. 98-105.
15. Kulik K. N., Rulev A. S., Sazhin A. N. Global processes of deflation in steppe ecosystems // Russian Meteorology and Hydrology. 2018. Vol. 43. No 9. Pp. 607-612.
16. Manaenkov A. S., Rybashlykova L. P. Increasing the efficiency of plant-cover restoration in the modern focus of deflation on pastures of the Northwestern Caspian region // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No. 4. Pp. 358-367.

17. On the 30th anniversary of the "General plan to combat desertification of black lands and Kizlyar pastures" / K. N. Kulik [et al.] // *Arid Ecosystems*. 2018. Vol. 8. No 1. Pp. 5-12.
18. Pugacheva A. M. Climatic fluctuations in dry steppes and their role in the demutation process // *Arid Ecosystems*. 2020. Vol. 10. No. 3. Pp. 181-187.
19. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Production potential of restored pastures of the Northwestern Caspian // *Arid Ecosystems*. 2019. Vol. 9. No. 1. Pp. 51-58.
20. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Evaluation of the ecological status and loss of productivity of arid pasture ecosystems of the Sarpa lowland // *Arid Ecosystems*. 2019. Vol. 9. No 4. Pp. 273-281.

Conclusions. Two qualitatively different analytical models of degradation of soil plant ecosystems have been obtained and analyzed. The difference is determined by the number of plant communities participating in successions, as well as by the number of connections accompanying the degradation process. Intermediate phytocenoses develop non-monotonously in time, demonstrating the instability of the ecosystem (bifurcation points). A qualitative change in the dynamics of phytocenoses in the model serves as an indicator of the stability of plant communities as a whole. It is promising to use such an analytical analysis in the problems of stability and self-organization of pasture phytocenoses. The results of such models can be applied in the management of pasture bioresources. The matrix of mutual successional transitions (the matrix of coefficients of the ODE system) is a quantitative measure of the optimal animal load on the pasture during their operation in the self-recovery mode.

Reference

1. Borodychev V. V., Vlasenko M. V., Kulik A. K. Seasonal changes in forage productivity of arid pastures // *News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education*. 2021. No. 1 (61). Pp. 14-24.
2. Kulik A. K., Vlasenko M. V. Ecological and hydrological assessment of the impact of agriculture and forestry on the sandy lands of the Upper Don // *Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture*. 2015. No. 1 (57). Pp. 89-94.
3. Kulik K. N., Salugin A. N. Modeling deflation of arid pastures using Markov chains // *Ecosystems: ecology and dynamics*. 2017. No. 1 (4). Pp. 5-22.
4. Materials for the flora of the Volgograd region / S. A. Senator [et al.] // *Phytocovota of Eastern Europe*. 2018. V. 12. No. 4. Pp. 23-43.
5. Pankova E. I., Konyushkova M. V., Mukhortov V. I. Development trend of soils in arid ecosystems under the influence of various anthropogenic impacts (Astrakhan region) // *Ecosystems: ecology and dynamics*. 2018. Vol. 2. No. 2. Pp. 40-64.
6. The role of soils in assessing land degradation (review) / E. V. Tsvetnov, O. A. Makarov, A. S. Stokov, O. B. Tsvetnova // *Soil science*. 2021. No. 3. Pp. 363-371.
7. Salugin A. N. Numerical modeling of successional transitions in agroecology // *Russian agricultural science*. 2020. No. 1. Pp. 62-65.
8. Salugin A. N. Mathematical models of dynamic stability of arid ecosystems // *Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education*. 2018. No. 4 (52). Pp. 339-345.
9. Titlyanova A. A., Sambuu A. D. Determinism and synchronicity of fallow succession in the steppes of Tuva // *Izvestiya RAN. Biological series*. 2014. No. 6. Pp. 621-630.
10. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Modeling the functioning of pastures in order to predict their condition during economic exploitation // *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. 2018. No. 1 (45). Pp. 33-38.
11. Shinkarenko S. S., Kosheleva O. Yu., Solodovnikov D. A. Predictive-cartographic modeling of pasture productivity in the Volgograd region based on remote sensing data // *South of Russia: ecology, development*. 2020. Vol. 15. No. 1(54). Pp. 69-78.
12. A quantitative approach to zoning arid territories in Russia with respect to climatic and soil-granulometric parameters / D. I. Rukhovich [et al.] // *Doklady Earth Sciences*. 2019. Vol. 485. No. 2. Pp. 428-431.

13. Experience in approbation of societal land value as a basis for ecological and economic assessment of damage from land degradation / E. V. Tsvetnov [et al.] // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No. 10. Pp. 1298-1305.
14. Geoinformational analysis of desertification of the Northwestern Caspian / K. N. Kulik [et al.] // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No 2. Pp. 98-105.
15. Kulik K. N., Rulev A. S., Sazhin A. N. Global processes of deflation in steppe ecosystems // Russian Meteorology and Hydrology. 2018. Vol. 43. No 9. Pp. 607-612.
16. Manaenkov A. S., Rybashlykova L. P. Increasing the efficiency of plant-cover restoration in the modern focus of deflation on pastures of the Northwestern Caspian region // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No. 4. Pp. 358-367.
17. On the 30th anniversary of the "General plan to combat desertification of black lands and Kizlyar pastures" / K. N. Kulik [et al.] // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No 1. Pp. 5-12.
18. Pugacheva A. M. Climatic fluctuations in dry steppes and their role in the demutation process // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No. 3. Pp. 181-187.
19. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Production potential of restored pastures of the Northwestern Caspian // Arid Ecosystems. 2019. Vol. 9. No. 1. Pp. 51-58.
20. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Evaluation of the ecological status and loss of productivity of arid pasture ecosystems of the Sarpa lowland // Arid Ecosystems. 2019. Vol. 9. No 4. Pp. 273-281.

Authors Information

Salugin Alexander Nikolaevich, Chief Researcher, Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Doctor of agricultural sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5443-7326>, e-mail: saluginan@mail.ru.

Vlasenko Marina Vladimirovna, Leading Researcher, Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Candidate of agricultural sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>, e-mail: vlasencomarina@mail.ru.

Информация об авторах

Салугин Александр Николаевич, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5443-7326>, e-mail: saluginan@mail.ru.

Власенко Марина Владимировна, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>, e-mail: vlasencomarina@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-39

THE SPECIFICS OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR REGULATING THE RECLAMATION REGIME OF THE AGROECOSYSTEM

I. F. Yurchenko

*All – Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after A. N. Kostyakov, Moscow*

Received 20.05.2021

Submitted 29.07.2021

Introduction. The offers of the market of digital technologies in agriculture in Russia, which are increasingly receiving the palm in assessing the competitiveness of agro-production, are being intensively improved, which actualizes the solution of the problems of developing and operating innovative digital solutions that increase the efficiency of agribusiness on reclaimed land. **The purpose of the work** is to establish the distinctive features of digital technologies for regulating the reclamation regime of agroecosystems, contributing to the solution of the strategic problem of the domestic agro-industrial complex to ensure the food and environmental security of society. The scientific novelty of

the research is determined by the formation of a set of unified key factors that ensure the effectiveness of the development and operation of digital technologies for managing agricultural production on reclaimed land, and an information resource about the conditions and results of digitalization of crop production processes. The positive aspects of this information support contribute to the active growth of motivation in the application of innovative solutions of the domestic Agro-Industrial Complex, which is of great practical importance for the development of the latter. As a basic method of research, an information-analytical approach was used, which uses the analysis of large volumes of factual material based on the theory of system analysis, methods of analog and expert assessments. **Results and discussion.** The analysis of the potential of the market offers of digital solutions for the transformation of the reclamation situation of agrophytocenosis is carried out. The possibilities of digital technologies for regulating the reclamation regime of agroecosystems in improving the efficiency of agricultural production are characterized. The factors of agricultural production that are to be taken into account in the development of economically and productively profitable management systems for agricultural technologies are identified, studied, systematized and differentiated by the sign of generality and specific features. The basic composition of the information-technical and functional modules of the automated control system with reclamation mode is proposed. Examples of successful software, technological and technical support for the processes of regulating the reclamation regime, priority-oriented procedures for «precision irrigation» and fertilization with irrigation water are presented. The necessity of accelerated development of domestic innovative solutions for digitalization of reclaimed agriculture is emphasized.

Key words: *digital technologies, efficiency, regulation, land management regime, agroecosystem.*

Citation. Yurchenko I. F. The specifics of digital technologies for regulating the reclamation regime of the agroecosystem, *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3 (63) 376-388 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-39.

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

УДК 631.6.02:631.619:631.445.52

СПЕЦИФИКА ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ МЕЛИОРАТИВНОГО РЕЖИМА АГРОЭКОСИСТЕМЫ

И. Ф. Юрченко, доктор технических наук, главный научный сотрудник

*Всероссийский научно исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, Москва*

Дата поступления в редакцию 20.05.2021

Дата принятия к печати 29.07.2021

Актуальность. Предложения рынка цифровых технологий в сельском хозяйстве России, все чаще получающих пальму первенства в оценке конкурентоспособности агропроизводства, интенсивно совершенствуются, что актуализирует решение задач разработки и эксплуатации инновационных цифровых решений, повышающих эффективность агробизнеса на мелиорируемых землях. **Цель работы** заключается в установлении отличительных особенностей цифровых технологий регулирования мелиоративного режима агроэкосистем, способствующих решению стратегической проблемы отечественного АПК по обеспечению продовольственной и экологической безопасности общества. **Научная новизна исследований** определяется формированием множества унифицированных ключевых факторов, обеспечивающих эффективность разработки и эксплуатации цифровых технологий по управлению агропроизводством на мелиорируемых землях, и информационного ресурса об условиях и результатах цифровизации процессов растениеводства. Положительные аспекты указанного информационного обеспечения способствуют активному росту мотивации в применении инновационных решений отечественного АПК, что имеет большое практическое значение для развития последнего. В качестве **базового метода исследований** применялся информационно-аналитический подход, использующий анализ больших объемов фактографиче-

ского материала на основе теории системного анализа, методов аналоговых и экспертных оценок. **Результаты и обсуждение.** Выполнен анализ потенциала предложений рынка цифровых решений по трансформации мелиоративной ситуации агрофитоценоза. Характеризуются возможности цифровых технологий по регулированию мелиоративного режима агроэкосистем в повышении эффективности агропроизводства. Выявлены, изучены, систематизированы и дифференцированы по признаку общности и специфических особенностей факторы агропроизводства, подлежащие учету при разработке экономически и производственно выгодных систем управления мелиоративными агротехнологиями. Предложен базовый состав информационно-технических и функциональных модулей АСУ мелиоративным режимом. Представлены примеры успешно действующего программного, технологического и технического обеспечения процессов регулирования мелиоративного режима, ориентированных на приоритеты процедур «точного орошения» и внесения удобрений с поливной водой. Акцентируется необходимость ускоренного развития отечественных инновационных решений по цифровизации мелиорируемого земледелия.

Ключевые слова: цифровые технологии, точное орошение, регулирование мелиоративных режимов, цифровизация агротехнологий.

Цитирование. Юрченко И. Ф. Специфика цифровых технологий по регулированию мелиоративного режима агроэкосистемы. *Известия НВ АУК*, 2021. 3 (63). 376-388. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-39.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время конкурентоспособность российского рынка агропроизводства напрямую связывается с использованием цифровых технологий, особенно его секторов, обеспечивающих продовольственную и экономическую безопасность страны [6]. Мелиорация имеет определяющее значение для общего развития отечественного сельского хозяйства, способствуя повышению эффективности сельскохозяйственного производства, а также улучшению состояния земельных ресурсов, что актуализирует вопрос цифровизации ее бизнес-процессов. Вместе с тем ключевой становится проблема разработки и использования цифровых решений, повышающих эффективность агробизнеса на мелиорируемых землях [4].

Не следует забывать, что цифровизации агропроизводства предшествовали автоматизация, электронизация и информатизация агро-мелиоративных технологических процессов [10], которые, вопреки определенным достигнутым, а тем более ожидаемым успехам не оградили агропроизводство от глобальных вызовов в сфере продовольственной и экологической безопасности общества в настоящее время, вызванного низким уровнем его технологического и экономического развития. Последствия внедрения новой инфраструктурной технологии могут оказаться сложными и не особо предсказуемыми.

Для российских аграриев остается актуальным правило: «Нельзя автоматизировать хаос» [1, 2]. Успешность цифровизации технологических процессов и производства значимо соотносится с учетом их организационной и функциональной структуры, уровня инноваций в бизнес-процессах, корпоративной этики и культуры, практика которых реализуется в «цифре», а также влияния внешних воздействий (размера и специализация хозяйства, природно-климатических условий, транспортной и информационно-коммуникационной инфраструктуры, эффективности использования ресурсного потенциала, возможности доступа к цифровой инфраструктуре) и т. п. факторов.

Формирование новой «умной» мелиорации обусловлено ее современным назначением, связанным с эффективностью, экономичностью и оперативностью решаемых задач. Для достижения максимальной действенности «цифры» мелиоративному агробизнесу потребуется полное единение успешных результатов теории и практики автоматизации технологических процессов производства, накопленных за всю историю ее развития, и совре-

менных новаций в системе растениеводства. Этому в полной мере способствуют складывающиеся приоритеты модернизации сферы мелиорации за счет использования автоматизированных систем управления производством, базирующимся на инновационных разработках агробизнеса, в первую очередь, точного земледелия [8, 21].

Цель настоящей работы заключается в установлении отличительных особенностей цифровых технологий по регулированию мелиоративного режима агроэкосистем, способствующих решению стратегической проблемы отечественного АПК по обеспечению продовольственной и экологической безопасности общества. Воплощение указанной цели потребовало решения следующих задач:

- выполнить анализ потенциала рынка информационных технологий в сельском хозяйстве;
- определить базовые унифицированные параметры и характеристики эффективной автоматизированной системы по трансформации мелиоративной ситуации агрофитостемы, соответствующей целям и задачами сельскохозяйственного производства;
- сформировать требования к экономически и производственно-технологически эффективной автоматизированной системе по трансформации мелиоративной ситуации агрофитостемы, её ключевым элементам.

Материалы и методы. В настоящее время очевидные различия в развитии процессов внедрения и использования технологий цифровизации в сельском хозяйстве отдельных территориальных образований проявляются как на федеральном, так и региональном уровне и в большинстве своем не отражают объема производственного ресурса АПК региона, эффективность его использования, вклад в развитие агропроизводства в целом по стране [3].

Масштаб применения цифровых технологий скорее обусловлен размером чистой прибыли и рационального использования средств государственной поддержки, чем наоборот. Причины региональной дифференциации применения цифровизации агропроизводства вызваны различиями в эволюции систем поддержки модернизации сельского хозяйства, доле малых форм хозяйствования в структуре товаропроизводителей, в приоритетных стратегиях развития сельского хозяйства в регионах и пр. достаточно субъективных факторах, требующих учета при формировании мероприятий по стимулированию и использованию эффективных и надежных средств цифровизации агротехнологий.

В этой связи представляется неприемлемым однообразие подходов к разработке и использованию цифровых технологий бизнес-процессов агропроизводства для различающихся территориальных образований и агросистем без создания средств цифровизации, учитывающих условия внутриотраслевой среды вплоть до уровня хозяйств. В работе рассматриваются предложения по учету системами цифровизации регулирования мелиоративного режима агросистем отличительных особенностей агропроизводства, обусловленных природно-экологическими и социально-экономическими факторами формирования последнего.

В качестве базового метода исследований применялся информационно-аналитический подход, использующий анализ больших объемов фактографического материала на основе теории системного анализа, методов аналоговых и экспертных оценок.

Научная новизна полученного результата определяется формированием множества унифицированных ключевых факторов, обеспечивающих эффективность разработки и эксплуатации цифровых технологий управления агропроизводством на мелиорируемых землях, и информационного ресурса об условиях и возможностях цифровизации процессов растениеводства. Положительные аспекты указанного информационного обеспечения способствуют активному росту мотивации в применении инновационных решений отечественного АПК, что имеет большое практическое значение для развития последнего.

Результаты и обсуждение. Выполненный анализ предложений рынка цифровых технологий в сельском хозяйстве России показал его активное развитие. За десятилетний период, прошедший с 2006 г. по 2016 г., использование в агропроизводстве сети Интернет возросло с 12,9 до 61,2 % соответственно, то есть в 5 раз, но равномерность внедрения цифровых решений по категориям хозяйств оставляет желать лучшего. Для малых сельскохозяйственных организаций она составляет 55,4 %, микропредприятий – 44,2 %, крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей – 24 %, личных подсобных хозяйств – 21,8 % [3]. Эти показатели включают использование на селе мобильной связи для всех целей, включая непроизводственные, что не повышает уровня их достоверности.

Вместе с тем установлено наличие резерва повышения действенности сельскохозяйственного производства (от 300 до 500 %), потенциала повышения оборота отрасли, роста производительности труда при использовании цифровых процессов и технологий в АПК для управления на макро- и локальных уровнях производства.

Вопросы развития агроэкосистемы сопряжены с повышением урожайности и перспективами возврата извлекаемых энергетических ресурсов. Для достижения поставленных целей используются мелиоративные системы и комплексы, работающие в зависимости от специфики организации агропроизводства в строго заданных технических параметрах и в рамках определенного времени [5, 11, 19]. При грамотной работе в данном направлении формируется адекватное распределение энергетических потоков.

Система агропроизводства имеет следующие структурные элементы: распределение ресурсов; управление производственными процессами, кадровым потенциалом; расходной и доходной составляющей производства; ликвидностью, реализация работ, товаров, услуг. Все эти элементы характерны для мелиоративного сектора и в идеале должны быть максимально автоматизированы. Использование цифровых технологий позволяет [12-14, 16]:

- повысить качество принимаемых решений как стратегического и тактического, так и оперативного характера;
- увеличить эффективность внутри производственного согласования и управления;
- приумножить производительность труда за счет снижения рутинных процессов, выполняемых вручную;
- переориентировать производство на потребителя, повысив тем самым спрос на продукцию;
- снизить себестоимость – одно из наиболее эффективных и перспективных направлений повышения конкурентоспособности на рынке;
- расширить рынок сбыта;
- оптимизировать внедрение новых технологий и продукции;
- упорядочить кадровый потенциал;
- нормализовать документооборот, переведя его в большей степени в цифровой формат.

Автоматизированные технологии трансформации мелиоративной ситуации, по возможности, должны стать универсальным инструментом мощного развития отечественного агропроизводства, который может быть необходимым в различных субъектах хозяйствования: от малых фермерских хозяйств до крупных агрохолдингов и корпораций.

Формирование автоматизированных комплексов регулирования мелиоративного режима агроэкосистемы следует осуществлять на базе проверенных и апробированных теоретических выкладок. основополагающим показателем эффективности функциони-

рования системы комплексной мелиорации должно стать рациональное использование агроэкокультурами и близлежащими природными комплексами фотосинтетически активной солнечной радиации и привнесенной антропогенной энергии [7].

Таким образом, к автоматизированным системам предъявляются следующие общие требования, обязательные для любого сельскохозяйственного производства:

1. Максимальная производительность за счет рационального использования посевами фотосинтетического активного излучения солнца.

2. Учет необходимости регенерации энергетических и материальных потоков в близлежащих экосистемах до их естественного уровня, которая может обеспечить экологическую безопасность агроландшафта.

3. Прямое и целенаправленное управление всеми базовыми факторами, влияющими на эффективность мелиорируемой агроэкосистемы.

4. Оптимальный диапазон регулирования предельных параметров, характеризующих различные аспекты развития растений и культур, для каждой фазы роста растений.

5. Обеспечение устойчивости мелиорируемого агроценоза, в том числе и за счет увеличения биологического разнообразия созданием лесных полос вокруг мелиорируемых полей.

6. Формирование адекватного природно-хозяйственным условиям плодородия мелиорированных земель.

7. Оптимизация условий роста и развития для всех растений каждого севооборота (за счет ориентации на потребности наиболее требовательной культуры).

8. Приоритет возможностей по регулированию диапазонов параметров управления.

9. Наличие широкого диапазона саморегулирования характеристик, регламентирующих аграрное производство, значительно превосходящего неточность регулирования.

10. Возможность оптимизировать и автоматизировать производственные процессы в критические временные интервалы, например, при активном росте сельскохозяйственных культур.

11. Автоматизированный контроль нормализации восстановительных процессов в почвах.

12. Соблюдение норм экологической безопасности.

13. Идентификация стохастических свойств почв и распределения элементов питания растений.

Базовая структура информационно-технических модулей автоматизированной технологии регулирования мелиорируемой агроэкосистемы с учетом специфики функциональной направленности организации (производственная, проектная, научная, учебная) включает:

- программные комплексы автоматизированного принятия решений об управляющих воздействиях (СППР);
- геоинформационные системы (ГИС), реализующие технологии «больших данных»;
- базы данных и системы управления ими (СУБД);
- спутниковую систему навигации (GPS) в качестве источника онлайн информации для отслеживания местоположения отдельных объектов и их перемещения в пространстве;
- систему нормативно-методического обеспечения общих знаний (СОЗ);
- систему автоматизированного проектирования (САПР);
- автоматические системы управления технологическими процессами производства (АСУ ТП) и производством (АСУП).

Выбор структуры АСУ ТП, которая в идеальном варианте интегрируется в общую АСУП, заслуживает особого внимания. С точки зрения задач мелиоративной среды можно предложить следующую структурную схему АСУ ТП (рисунок).

Среди инновационных решений, которым следует отдавать приоритеты при выборе комплексов автоматизированной технологии регулирования мелиорируемой агроэкосистемы в зависимости от специфики организации агропроизводства, имеет смысл выделить следующие:

1. Электронные картографические данные для среднесрочного и долгосрочного прогнозирования агроэкологических процессов.
2. Интегрированные базы данных моделей, использующие разнообразные расчетные подходы, что позволяет существенно сократить время принятия управленческих решений и получать максимально объективную информацию о моделируемых процессах и событиях.
3. Мобильно ориентированные технологии, существенно расширяющие возможности управления агропроизводством, в первую очередь крупных сельскохозяйственных предприятий.
4. Технологии «умной мелиорации», позволяющие учитывать особенности отдельных элементов рельефа и прочих компонент ландшафта, что в первую очередь актуально для больших полей крупных хозяйств.



Рисунок 1 – Функциональная схема АСУ ТП

Примечание: представлено по данным [9]

Figure 1 – Functional diagram of the automated control system

Note: presented according to [9]

Уже сейчас ведущие мировые производители мелиоративной техники стали уделять пристальное внимание вопросам выпуска программного и технического обеспечения процессов регулирования мелиоративного режимов с приоритетами процедур «точного орошения» и внесения удобрений с поливной водой. Среди них выделяются предложения корпораций: John Deere, Lindsay Corp, Crowsmart Lindsay и других [15, 17, 18, 20, 22, 23]. Программно-технические комплексы автоматического управления мелиорацией оптимальным образом подходят для сельскохозяйственных предприятий, занимающихся производством экопродукции, регламентируемой стандартами не только нашей страны, но и Европейского Союза. В архитектуру данного комплекса включены:

- дистанционные тензиометры, определяющие энергетические затраты растений на получение необходимой влаги;
- микроконтроллеры с дистанционным управлением для переключения затворов подачи влаги (информация передается с облачного или, что реже, стационарного сервера посредством сотового соединения);
- программное обеспечение, использующее математические модели, алгоритмы анализа ситуации и формирования управляющих сигналов для запирающих гидравлических затворов;
- усилители сигналов для увеличения площади охвата при работе на больших территориях;
- температурные датчики, а также контрольные датчики влажности воздуха.

Внешние модули интегрируются в систему диспетчерского контроля SCADA. Она обеспечивает возможность пользователям в режиме онлайн контролировать текущие процессы мелиорации. При этом в автоматическом режиме ведется контроль расхода воды из источников.

Отдельно необходимо обратить внимание на наполнение рынка разнообразными датчиками дождя поливных машин, учитывающих его интенсивность и качество. В этом отношении востребованы профильные контроллеры от таких производителей, как SpitnikL и CropX.

Необходимо отметить, что на сегодня приоритетными на отечественном рынке остаются зарубежные, уже апробированные и доказавшие свою эффективность комплексы автоматического управления мелиорацией. Ситуация требует повышенного внимания к совершенствованию отечественной научно-технической базы цифровизации агротехнологий АПК, привлечения в сферу агропроизводства специалистов различных профилей из смежных секторов экономики: инженеров-техников, программистов, инженеров-конструкторов и т. п. специалистов.

Разработка экономически и производственно выгодной автоматизированной системы трансформации мелиоративной ситуации обеспечивается учетом: площади агроэкосистемы, структуры агрофитоценоза, планируемых размеров производительности и использованием сквозных инновационных технологий.

Перечень и приоритеты использования указанных технологий установлены федеральной программой «Цифровая экономика Российской Федерации» от 28.07.2017 №1632-р» в целом для отечественной экономики и проектом программы Минсельхоза РФ «Цифровизации агропромышленного комплекса», рассчитанном до 2024 г., в частности, для сельского хозяйства. В зависимости от профильной ориентации агропромышленного предприятия эффективность сквозных технологий в цифровых комплексах агропроизводства отражена по пятибалльной системе оценки (1-минимум, 5-максимум) в таблице.

Таблица – Эффективность использования инновационных технологий цифровых комплексов агропроизводства в зависимости от профильной ориентации сельскохозяйственного предприятия

Table - The effectiveness of the use of innovative technologies of digital complexes of agricultural production, depending on the profile orientation of an agricultural enterprise

Технологические решения / Technological solutions	Субплатформы цифровых комплексов / Sub-platforms of digital complexes		
	Земля и сопровождение, мелиорация / Land and accompaniment, reclamation	Сельское хозяйство / Agriculture les	Переработка и продажа / Processing and sale
Большие данные / Big data technologies	4	2	4
Нейросети и искусственный интеллект / Neural networks and artificial intelligence technologies	3	3	5
Системы распределенного реестра (блокчейн-технологии) / Distributed ledger systems (blockchain technologies)	3	4	4
Квантовые технологии / Quantum technology	4	2	1
Новые производственные технологии / New production technologies	3	1	2
Промышленный и Интернет вещей / Industrial and Internet of Things	5	4	5
Робототехника и сенсорика / Robotics and sensorics	5	5	3
Технологии беспроводной связи Wi-Fi, Bluetooth / Wireless technologies Wi-Fi, Bluetooth	3	3	3
Технологии дополнительной и виртуальной реальности / Augmented and virtual reality technologies	4	1	2

Примечание: представлено по данным [17].

Выводы. На современном этапе развития сельскохозяйственного производства в целом и мелиорации, в частности для достижения достаточного уровня конкурентоспособности, необходимо использовать в практике отечественных аграриев передовые цифровые программно-технические комплексы, позволяющие автоматизировать многие технологические процессы агропроизводства, в том числе и поддержку производственных управленческих решений. Рынок цифровых технологий в сельском хозяйстве России в последнее время активно развивается, и его предложения интенсивно совершенствуются.

Однако к выбору автоматизированной технологии регулирования мелиорируемой агроэкосистемы для каждого конкретного сельхозпредприятия необходимо подходить предельно осторожно и ответственно, с учетом сферы применения, в зависимости от специализации отдельно взятого агропроизводства и его мощности, специфики организации управления технологическими процессами и производством, кадрового и ресурсного обеспечения и т. п. ограничений.

Представляется правильным инициировать работы:

- по формированию качественного, достоверного и релевантного информационного ресурса о достоинствах, преимуществах, возможностях и пр. положительных характеристиках цифровых технологий регулирования мелиоративного режима, проектируемых, эксплуатирующихся и разрабатываемых РФ и за рубежом;

- по систематизации сведений о выявленных недостатках применения цифровых решений, обусловленных трудно предсказуемыми последствиями использования инновационных технологий в производственных, социально-экономических, психологических сферах управления предприятием; сложностью эксплуатации; высокой затратностью на реализацию и пр. подобными им факторами.

Открытый доступ к такой информации всех участников становления эффективных инновационных агротехнологий в АПК и, в первую очередь, непосредственных заказчиков, будет способствовать успешности цифровизации отрасли.

Отдельного внимания требует ускоренное развитие отечественных инновационных решений. При должной мотивации и правильно организованной поддержке они в состоянии составить достойную конкуренцию зарубежной продукции в области цифровизации мелиоративных процессов агропроизводства. В сравнении с профессионально разрекламированными и эффективно продвинутыми на российский рынок иностранными разработками отечественные проекты цифровизации в большей степени могут адаптироваться к нуждам аграриев России.

Библиографический список

1. Анализ существующих автоматизированных систем управления технологическим процессом / П. Е. Минин [и др.] // Спецтехника и связь. 2014. № 1. С. 29-37. <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya-tehnologicheskim-protsessom>.
2. Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений: Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений мелиоративного водохозяйственного комплекса / Г. Т. Балакай, И. Ф. Юрченко, Е. А. Лентяева, Г. Х. Ялалова. Германия: LAP LAMBERT, 2016. 85 с.
3. Кадомцева М. Е., Нейфельд В. В. Региональные особенности использования технологий точного земледелия в сельском хозяйстве // Проблемы развития территории. 2021. Т. 25. № 2. С. 73-89.
4. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф., Яшин В. М. Модели и информационные технологии управления водопользованием на мелиоративных системах, обеспечивающие благоприятный мелиоративный режим // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 5-6. С. 50-55.
5. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф., Яшин В. М. Методические рекомендации по оценке экологической и мелиоративной ситуаций на орошаемых землях. Москва: Россельхозакадемия, 1994. 56 с.
6. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства». <http://mcxas.ru/upload/iblock/97d/97d2448548e047b0952c3b9a1b10edde.pdf>.
7. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России / под ред. Л. В. Кирейчевой. Москва, 2017. 296 с.
8. Об общих научных подходах к созданию унифицированных прецизионных энерго-сберегающих АСУ ТП / Г. И. Канюк [и др.] // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2016. № 2 (145). С. 20-32. <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-obschih-nauchnyh-podhodah-k-sozdaniyu-unifitsirovannyh-pretsizionnyh-energoberegayuschih-asu-tp>.
9. Савина Т. Н. Цифровая экономика как новая парадигма развития: вызовы, возможности и перспективы // Финансы и кредит. 2018. № 3 (771). <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-ekonomika-kak-novaya-pa-radigma-razvitiya-vyzovy-vozmozhnosti-i-perspektivy>.
10. Юрченко И. Ф. Системы поддержки принятия решений как фактор повышения эффективности управления мелиорацией (обзор) // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2(26). С. 195-209.
11. Bandurin M. A., Volosukhin V. A., Yurchenko I. F. The Efficiency of Impervious Protection of Hydraulic Structures of Irrigation Systems // Advances in Engineering Research. Tyumen: Atlantis Press, 2018. P. 56-61.

12. Chakravorti B., Chaturvedi R. Sh. Digital Planet 2017: How Competitiveness and Trust in Digital Economies Vary Across the World. Medford: The Fletcher school Tufts university, 2017. 70 p. https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2017/05/Digital_Planet_2017_FINAL.pdf.
13. Gray J., Rumpe B. Models for digitalization // Soft & Systems Modeling. 2015. Vol. 14. Issue 4. Pp. 1319-1320.
14. Heather Clancy Why smart irrigation startups are bubbling up. <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling>.
15. John Deere Field Connect. <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-anagement>.
16. Lehmann R. J., Reiche R., Schiefer G. Future internet and the agri-food sector: State-of-the-art in literature and research. Comput. Electron. Agric. 2012. V. 89. P. 158-174.
17. Lindsay Corporation. Plug & Play Add-Ons. <http://www.growsmart.com>.
18. Mobile Drip Irrigation. <https://www.youtube.com/watch?v=3yT9yiyjB-4>.
19. Reclamation Measures to Ensure the Reliability of Soil Fertility / I. F. Yurchenko, M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin [et al.] // Advances in Engineering Research. Tyumen: Atlantis Press, 2018. P. 62-66.
20. SWAMP: An IoT-based Smart Water Management Platform for Precision Irrigation in Agriculture / C. Kamienski [et al.] // Proceedings of the IEEE Global IoT Summit 2018 (GloTS'18), Bilbao, Spain, 4-7 June 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30641960>.
21. Tevatronic. Autonomous Irrigation. <http://tevatronic.net>.
22. Variable Rate Irrigation (VRI) Animation. www.youtube.com/watch?v=tIDfSqAz11s.
23. Yang S. H. Internet-based Control Systems: Design and Applications. Springer, 2011. 224 p.

Conclusions. At the present stage of the development of agricultural production in general and land reclamation in particular, in order to achieve a sufficient level of competitiveness, it is necessary to use advanced digital software and hardware complexes in the practice of domestic farmers, which make it possible to automate many technological processes of agricultural production, including the support of production management decisions. The market for digital technologies in agriculture in Russia has recently been actively developing, and its proposals are being intensively improved.

However, the choice of an automated technology for regulating the reclaimed agroecosystem for each specific agricultural enterprise must be approached extremely carefully and responsibly, taking into account the scope of application, depending on the specialization of a particular agricultural production and its capacity, the specifics of the organization of management of technological processes and production, personnel and resource support, etc. n. restrictions.

It seems to be correct to initiate work:

- on the formation of a high-quality, reliable and relevant information resource about the merits, advantages, opportunities and other positive characteristics of digital technologies for regulating the reclamation regime, designed, operated and developed by the Russian Federation and abroad;
- on the systematization of information about the identified shortcomings of the use of digital solutions, due to the difficultly predictable consequences of the use of innovative technologies in production, socio-economic, psychological spheres of enterprise management; the complexity of operation; high cost of implementation and other factors similar to them.

Open access to such information for all participants in the formation of effective innovative agricultural technologies in the agro-industrial complex and, first of all, for direct customers, will contribute to the success of the digitalization of the industry.

The accelerated development of domestic innovative solutions requires special attention. With proper motivation and properly organized support, they are able to compete with foreign products in the field of digitalization of land reclamation processes in agricultural

production. In comparison with foreign developments professionally advertised and effectively promoted to the Russian market, domestic digitalization projects can adapt to a greater extent to the needs of Russian farmers.

References

1. Analysis of existing automated control systems for technological process / P. E. Minin [et al.] // Special equipment and communication. 2014. № 1. P. 29-37. <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya-tehnologicheskimi-protsessami>.
2. Safety of ownerless hydraulic structures: Safety of ownerless hydraulic structures of ameliorative water management complex / G. T. Balakai, I. F. Yurchenko, E. A. Lentyaeva, G. Kh. Yalalova. Germany: LAP LAMBERT, 2016. 85 p.
3. Kadomtseva M. E., Neifeld V. V. Regional features of the use of precision farming technologies in agriculture // Problems of territory development. 2021. Vol. 25. No 2. P. 73-89.
4. Kireicheva L. V., Yurchenko I. F., Yashin V. M. Models and information technologies for water management on reclamation systems, providing a favorable reclamation regime // Melioration and water management. 2014. No. 5-6. P. 50-55.
5. Kireicheva L. V., Yurchenko I. F., Yashin V. M. Methodological recommendations for the assessment of ecological and reclamation situations on irrigated lands responsible for the preparation. Moscow: Russian Agricultural Academy, 1994. 56 p.
6. The concept of "Scientific and technological development of digital agriculture". <http://mcx.ac.ru/upload/iblock/97d/97d2448548e047b0952c3b9a1b10edde.pdf>.
7. Scientific basis for the creation and management of reclamation systems in Russia / ed. L. V. Kireycheva. Moscow, 2017. 296 p.
8. On general scientific approaches to the creation of unified precision energy-saving APCS / G. I. Kanyuk [et al.] // Energy saving. Energy. Energy audit. 2016. No. 2 (145). P. 20-32. <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-obschih-nauchnyh-podhodah-k-sozdaniyu-unifitsirovannyh-pretsizionnyh-energoberegayuschih-asu-tp>.
9. Savina T. N. Digital economy as a new development paradigm: challenges, opportunities and prospects // Finance and credit. 2018. № 3 (771). <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-ekonomika-kak-novaya-paradigma-razvitiya-vyzovy-vozmozhnosti-i-perspektivy>.
10. Yurchenko I. F. Decision support systems as a factor in improving the efficiency of land reclamation management (review) // Scientific journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2017. No. 2 (26). P. 195-209.
11. Bandurin M. A., Volosukhin V. A., Yurchenko I. F. The Efficiency of Impervious Protection of Hydraulic Structures of Irrigation Systems // Advances in Engineering Research. Tyumen: Atlantis Press, 2018. P. 56-61.
12. Chakravorti B., Chaturvedi R. Sh. Digital Planet 2017: How Competitiveness and Trust in Digital Economies Vary Across the World. Medford: The Fletcher school Tufts university, 2017. 70 p. https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2017/05/Digital_Planet_2017_FINAL.pdf.
13. Gray J., Rumpe B. Models for digitalization // Soft & Systems Modeling. 2015. Vol. 14. Issue 4. Pp. 1319-1320.
14. Heather Clancy Why smart irrigation startups are bubbling up. <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling>.
15. John Deere Field Connect. <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-management>.
16. Lehmann R. J., Reiche R., Schiefer G. Future internet and the agri-food sector: State-of-the-art in literature and research. Comput. Electron. Agric. 2012. V. 89. P. 158-174.
17. Lindsay Corporation. Plug & Play Add-Ons. <http://www.growsmart.com>.
18. Mobile Drip Irrigation. <https://www.youtube.com/watch?v=3yT9yijB-4>.
19. Reclamation Measures to Ensure the Reliability of Soil Fertility / I. F. Yurchenko, M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin [et al.] // Advances in Engineering Research. Tyumen: Atlantis Press, 2018. P. 62-66.

20. SWAMP: An IoT-based Smart Water Management Platform for Precision Irrigation in Agriculture / C. Kamienski [et al.] // Proceedings of the IEEE Global IoT Summit 2018 (GI-oTS'18), Bilbao, Spain, 4-7 June 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30641960>.
21. Tevatronic. Autonomous Irrigation. <http://tevatronic.net>.
22. Variable Rate Irrigation (VRI) Animation. www.youtube.com/watch?v=tIDfSqAz1Is.
23. Yang S. H. Internet-based Control Systems: Design and Applications. Springer, 2011. 224 p.

Информация об авторе

Юрченко Ирина Федоровна, главный научный сотрудник отдела «Природоохранных и информационных технологий» Всероссийского научно исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (РФ, 127550 г. Москва, ул. Большая Академическая, дом 44, строение 2), доктор технических наук, доцент, ORCID: 0000-0003-2390-1736. Тел. +7 916 328-85-1, e-mail: Irina.507@mail.ru

Author's information

Irina Yurchenko, chief researcher of the Department of Environmental and information technologies of the all-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A. N. Kostyakov (Russia, 127550 Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., building 2), doctor of technical Sciences, associate Professor, ORCID: 0000-0003-2390-1736. Tel. +7 916 328-85-1, e-mail: Irina.507@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-40

METHOD FOR PROTECTING SLOPES FROM WATER EROSION

A. V. Slabunova, V. V. Slabunov

Federal State Budget Scientific Institution

«Russian Research Institute for Melioration Problems», Novocherkassk

Received 28.04.2021

Submitted 23.08.2021

Abstract

Introduction. The Rostov region is a region of wide and widespread water erosion, and therefore agriculture in the region under consideration should have a pronounced soil protection character. Currently, various technologies and solutions are used to protect the soil from erosion, but they require constant improvement, which, in turn, makes it necessary to develop new methods and methods obtained on the basis of ongoing scientific research, both in Russia and abroad, as well as more affordable in financial terms to agricultural producers. The purpose of the study is to develop improved design solutions for anti-erosion hydraulic structures to protect slopes from water erosion. **An object.** The object of research is antierosion hydraulic structures. **Materials and methods.** The information base of the research was made up of: studies of various authors devoted to the problem of water erosion, materials of patent search for known design solutions that contribute to the protection of slopes from water erosion. Comparative analysis of design solutions was carried out using general scientific (analysis and synthesis) methods. **Results and conclusions.** A constructive solution of an anti-erosion hydraulic structure is proposed, including the creation of a water-distributing trench oriented along the horizontal terrain, with a water-retaining earthen shaft and a water-retaining screen, the trench is filled with filler. In this case, the water-retaining screen is made by covering the wall of the trench adjacent to the water-retaining earthen shaft with a geocomposite drainage material with a geomembrane, together with the shaft, and the opposite wall and the bottom of the trench are covered with a geocomposite drainage material. As a filler, a water-conducting natural filler in the form of expanded clay gravel with a fraction of 20-40 mm is used. Thanks to the proposed design solution, the reliability and stability of the operation of the anti-erosion structure increases and, as a result, the effectiveness of combating water erosion on arable slope lands increases.

Key words: *water erosion, anti-erosion hydraulic structures, erosion processes, method of protecting slopes from water erosion, surface runoff.*

Citation. Slabunova A. V., Slabunov V. V. Method for protecting slopes from water erosion. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 388-396 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-40.

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 631.6.001.4

СПОСОБ ЗАЩИТЫ СКЛОНОВ ОТ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ

А. В. Слабунова, кандидат технических наук

В. В. Слабунов, кандидат технических наук

*ФГБНУ Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,
г. Новочеркасск*

Дата поступления в редакцию 28.04.2021

Дата принятия к печати 23.08.2021

Актуальность. Ростовская область – регион широкого и повсеместного распространения водной эрозии, в этой связи земледелие в рассматриваемом регионе должно носить ярко выраженный почвозащитный характер. В настоящее время для защиты почвы от эрозии используются различные технологии и пути решения проблемы, однако они требуют постоянного совершенствования, что, в свою очередь, вызывает необходимость разработки новых способов и методов, полученных на основании непрекращающихся научных исследований, как в России, так и за рубежом, а также более доступных в финансовом плане для сельхозтоваропроизводителей. Цель исследования – разработка усовершенствованных конструктивных решений противозрозионных гидротехнических сооружений для защиты склонов от водной эрозии. **Объект.** Объектом исследований являются противозрозионные гидротехнические сооружения. **Материалы и методы.** Информационную основу исследования составили исследования различных авторов, посвященные проблеме водной эрозии, материалы патентного поиска известных конструктивных решений, способствующих защите склонов от водной эрозии. Сравнительный анализ конструктивных решений проводился с помощью общенаучных (анализ и синтез) методов. **Результаты и выводы.** Предложено конструктивное решение противозрозионного гидротехнического сооружения, включающего создание водоперераспределяющей траншеи, ориентированной по горизонталям местности, с водоудерживающим земляным валом и водоудерживающим экраном, траншея заполняется наполнителем. При этом водоудерживающий экран выполнен путем покрытия материалом геокомпозитным дренажным с геомембраной стенки траншеи, примыкающей к водоудерживающему земляному валу, вместе с валом, а противоположную стенку и дно траншеи покрывают материалом геокомпозитным дренажным. В качестве наполнителя используют водопроводящий природный наполнитель в виде керамзитового гравия фракцией 20–40 мм. Благодаря предложенному конструктивному решению, увеличиваются надежность и стабильность функционирования противозрозионного сооружения и, как следствие, повышается эффективность борьбы с водной эрозией на пахотных склоновых землях.

Ключевые слова: водная эрозия, противозрозионные гидротехнические сооружения, эрозионные процессы, способы защиты склонов, поверхностные стоки.

Цитирование. Слабунова А. В., Слабунов В. В. Способ защиты склонов от водной эрозии. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 388–396. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-40.

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. Ростовская область – регион широкого и повсеместного распространения водной эрозии. Причина развития эрозионных процессов – высокая степень сельскохозяйственной освоенности земель в совокупности с природно-ландшафтными условиями области [7]. Так, земли сельскохозяйственного назначения составляют значительную часть территории области – 87,8 % – от ее общей площади, из них 92,6 %

составляют сельскохозяйственные угодья, около 40 % из которых, согласно карте эрозионного районирования Ростовской области, подвержены водной эрозии (Экологический вестник Дона, 2020). В связи с этим, земледелие в рассматриваемом регионе должно носить ярко выраженный почвозащитный характер [3, 4, 6, 8, 11].

Защита сельскохозяйственных угодий от процессов эрозии является государственной задачей, решаемой программно-целевым методом. В ведомственной программе «Развитие мелиоративного комплекса России» Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия предусмотрена защита земель от водной эрозии в размере 724,37 тыс. га до 2025 г. (Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717).

В настоящее время для защиты почвы от эрозии используются различные технологии и пути решения проблемы, однако они требуют постоянного совершенствования, что, в свою очередь, вызывает необходимость разработки новых способов и методов, полученных на основании непрекращающихся научных исследований как в России, так и за рубежом [5, 9, 10, 12-14], а также более доступных в финансовом плане сельхозтоваропроизводителям.

Одним из широко применяемых противоэрозионных мероприятий (особенно в комплексе с лесомелиоративными и агротехническими) на овражно-балочных и пахотных склоновых землях является устройство инженерных гидротехнических сооружений, которые имеют довольно высокую эффективность в борьбе с водной эрозией [1, 2]. В основе разработки противоэрозионных комплексов лежит регулирование стока (путем перехвата, задержания и перераспределения) временных водных потоков (сток дождевых и талых вод) [9].

Целью исследования является разработка усовершенствованных конструктивных решений противоэрозионных гидротехнических сооружений для защиты склонов от водной эрозии.

Материалы и методы. Информационную основу исследования составили: исследования различных авторов, посвященные проблеме водной эрозии, материалы патентного поиска известных конструктивных решений, способствующих защите склонов от водной эрозии. Сравнительный анализ конструктивных решений проводился с помощью общенаучных (анализ и синтез) методов.

Результаты и обсуждение. Главное назначение противоэрозионных гидротехнических сооружений – это прекращение роста оврагов, отвод водного потока с водосборной площади, пропуск расчетного расхода воды и гашение избытка энергии потока, предотвращение заиливания водных объектов. В связи с этим, они подразделяются на четыре вида. На рисунке 1 представлена классификация противоэрозионных гидротехнических сооружений в зависимости от назначения и конструкции.

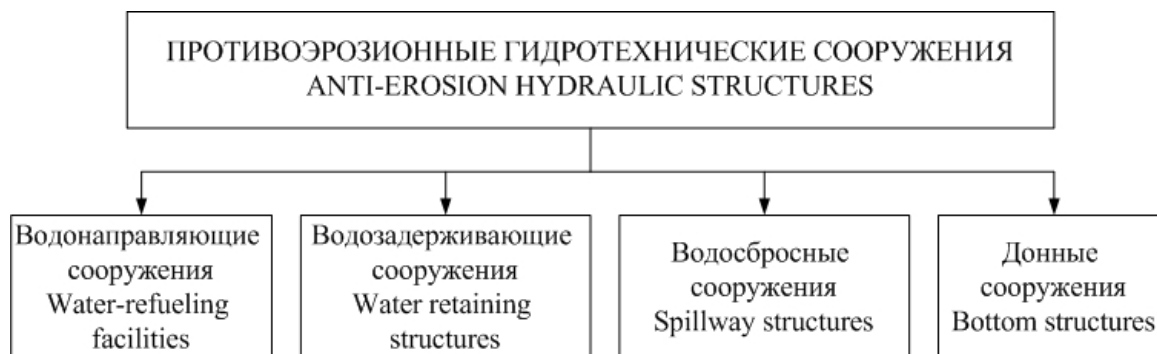


Рисунок 1 – Классификация противоэрозионных гидротехнических сооружений

Figure 1 – Classification of anti-erosion hydraulic structures

В качестве объекта исследований авторами выбран такой вид противозрозионных сооружений, как водозадерживающие сооружения, в качестве которых выступают валы, траншеи, террасы, плотины-перемычки и т. д., обеспечивающие регулирование стока.

Анализ конструктивных решений показал существование различных способов защиты склонов от эрозии, основанных преимущественно на создании водозадерживающей траншеи.

Например, существующий способ (А. с. 1653553 СССР «Способ защиты склонов от эрозии») защиты склонов от эрозионных процессов описывает устройство траншеи с валом, которая, в свою очередь, наполняется неорганическим водопоглощающим материалом. Далее диагонально к склону производится укладка водоотводящих элементов (перфорированных труб) через расчетное расстояние, а в верхней части склона осуществляется посадка древесных растений. К отрицательным моментам использования данного способа можно отнести как стоимостные показатели, выражающиеся в высокой стоимости используемых материалов, так и технические и технологические – высокую трудоемкость выполнения работ и низкую пропускную способность водного потока в весеннее время вследствие влияния низких температур на используемый неорганический материал.

Способ защиты почв от водной эрозии (Патент РФ № 2644569 «Способ защиты почв от водной эрозии») включает создание водозадерживающей траншеи, заполненной неорганическим наполнителем, соединенной дренажной системой с водонакапливающим бассейном. Выявлены такие недостатки, как низкая эффективность и временность действия водозадерживающей траншеи из-за отсутствия укрепления стенок, а также высокая трудоемкость.

Отметим еще один способ защиты склонов (Патент РФ № 2467543 «Способ защиты склонов от водной эрозии»), который реализуется с помощью устройства дугообразных траншей с укладкой водонепроницаемого экрана. Траншея заполняется неорганическим материалом, позволяющим свободно фильтровать поступающий поверхностный сток в нижнюю часть траншеи для дальнейшего перераспределения вниз по профилю. Для удержания поверхностного стока в нижней части траншеи относительно склона устраивается вододерживающий вал. Недостатками способа являются низкая эффективность и кратковременность функционирования траншеи из-за разрушения стоком верхней бровки откоса траншеи и снижения водопропускной способности неорганического фильтрующего наполнителя вследствие его кольматации.

Таким образом, анализ недостатков рассмотренных способов борьбы с водной эрозией выявил необходимость повышения надежности и стабильности функционирования водоперераспределяющей траншеи, заполненной органическим наполнителем, что будет способствовать росту эффективности борьбы с водной эрозией.

Авторами предлагается способ предотвращения водной эрозии с помощью противозрозионного сооружения, работающего по принципу перераспределения поверхностного стока в нижележащие слои почвенного профиля.

Способ защиты склонов от водной эрозии включает в себя создание водоперераспределяющей траншеи, ориентированной по горизонталям местности, с вододерживающим земляным валом и вододерживающим экраном. Траншея заполнена водопроводящим природным наполнителем. Стенка траншеи, примыкающая к вододерживающему земляному валу (нижняя стенка), вместе с валом покрыта материалом геокомпозитным дренажным с геомембраной, а противоположная стенка (верхняя стенка) и дно траншеи покрыты материалом геокомпозитным дренажным.

Материал геокомпозитный дренажный с геомембраной совмещает функции дренирования и гидроизоляции, обеспечивая высокую водопроницаемость в плоскости полотна, а также нормально к этой плоскости, но только с одной стороны (по направлению из траншеи), позволяет обеспечить задержание поверхностного стока и перенаправление его в нижнюю часть траншеи и далее под действием гравитационных сил в глубину почвенного профиля, а также предотвратить размывание водоудерживающего земляного вала. Материал геокомпозитный дренажный выполняет функцию дренирования, обеспечивая высокую водопроницаемость во всех направлениях плоскости полотна, и предотвращает разрушение верхней стенки траншеи и кольматацию водопрводящего наполнителя траншеи. Полотна скреплены между собой термическим способом, к грунту крепятся анкерами.

Использование в качестве водопроводящего природного наполнителя керамзитового гравия фракцией 20-40 мм (который является экологически чистым материалом, недорог, обладает высокой водо- и морозостойкостью, не гниет и не разлагается) обеспечивает повышенную пропускную способность для воды и, как следствие, стабильное перераспределение воды в нижележащие слои почвенного профиля. Засыпается вровень с поверхностью земли.

Размеры траншеи зависят от величины планируемого задержания стока. Гидрологические расчеты ведутся с учетом задержания стока 10 % обеспеченности (максимальный сток раз в 10 лет).

«Технологический цикл» работы предлагаемого способа можно описать следующим образом. Так, в весеннее время (период снеготаяния) и (или) во время выпадения естественных осадков (ливневых дождей) вода, проникая вглубь почвы, задерживается водоперераспределяющей траншеей за счет устройства в ней стенки, покрытой материалом геокомпозитным дренажным (верхняя стенка), обеспечивающим перераспределение под действием гравитационных сил воды в глубину почвенного профиля. В свою очередь, поверхностный сток улавливается водоудерживающим земляным валом, покрытым материалом геокомпозитным дренажным с геомембраной (нижняя стенка), обеспечивающей перераспределение поступающей воды в водоперераспределяющую траншею, где, проходя через слой водопроводящего природного наполнителя, направляется на дно траншеи и далее в нижележащие слои почвенного профиля.

В результате перехвата и перенаправления поверхностного стока в нижележащие слои почвенного профиля водоперераспределяющей траншеей предотвращается смыв почвы, снижаются эрозионные процессы. Кроме того, прохождение воды через слой керамзитового гравия, который не промерзает и не деформируется, способствует ее очищению от взвешенных веществ, что благоприятно сказывается на ее качестве. При этом покрытие стенки траншеи материалом геокомпозитным дренажным (верхняя стенка) предотвращает ее разрушение и, как следствие, кольматацию органического наполнителя, что способствует недопущению снижения водопропускной способности траншеи в целом, а покрытие противоположной стенки траншеи (нижняя стенка) и вала материалом геокомпозитным дренажным с геомембраной обеспечивает задержание стока и перенаправление его в нижележащие слои, предотвращая размыв сооружения. В совокупности повышаются стабильность и надежность функционирования водоперераспределяющей траншеи, увеличивается срок службы.

Для защиты склонов от водной эрозии предлагается конструктивное решение противозэрозионного гидротехнического сооружения, схема которого приведена на рисунке 2.

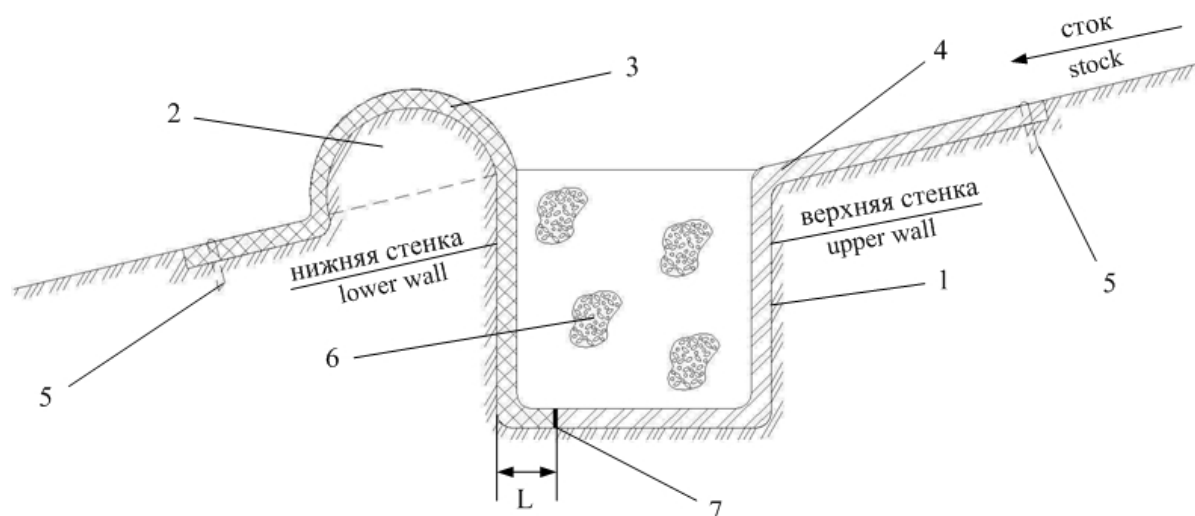


Рисунок 2 – Схема противоэрозионного гидротехнического сооружения:
1 – водоперераспределяющая траншея; 2 – водоудерживающий земляной вал;
3 – материал геокompозитный дренажный с геомембраной; 4 – материал геокompозитный дренажный; 5 – анкеры; 6 – водопроводящий природный наполнитель; 7 – место монтажа геокompозитных материалов; L – расстояние, определяемое минимальным технологическим расстоянием сварки материала

Figure 2 – Diagram of an anti-erosion hydraulic structure:

1 – water-distributing trench; 2 – water-retaining earthen rampart;
3 – geocomposite drainage material with geomembrane; 4 – geocomposite drainage material; 5-anchors; 6 – natural water supply filler; 7-installation site of geocomposite materials; L – distance determined by the minimum technological distance of welding of the material

Таким образом, разработанный способ защиты склонов от водной эрозии включает создание на склоне через определенное расстояние водоперераспределяющей траншеи 1, ориентированной по горизонтали местности, которую разрабатывают с перемещением грунта в водоудерживающий земляной вал 2 с последующей прикаткой (уплотнением грунта). Далее на стенку траншеи, которая примыкает к водоудерживающему земляному валу 2, и на сам вал укладывают материал геокompозитный дренажный с геомембраной 3 (ГОСТ 33068 «Материалы геосинтетические для дренажных систем. Общие технические требования»), а на противоположную стенку и дно водоперераспределяющей траншеи 1 укладывают материал геокompозитный дренажный 4. Полотна скрепляют между собой термическим способом в месте монтажа геокompозитных материалов 7 на расстоянии L, которое определяется минимальным технологическим расстоянием сварки материала. К грунту крепят анкерами 5. Заполняют траншею 1 вровень с поверхностью земли водопроводящим природным наполнителем 6, представляющим собой керамзитовый гравий фракцией 20–40 мм (ГОСТ 32496 Заполнители пористые для легких бетонов. Технические условия).

Способ защиты склонов от водной эрозии работает следующим образом. Поверхностный сток, стекая по склону, задерживается водоудерживающим земляным валом 2 и стенкой траншеи, покрытой материалом геокompозитным дренажным с геомембраной 3 (нижняя стенка), поступает в водоперераспределяющую траншею 1, заполненную водопроводящим природным наполнителем 6 в виде керамзитового гравия, который проводит воду в нижнюю часть траншеи, а далее под действием гравитационных сил в ниже-

лежащие слои почвенного профиля. При этом водопроводящая способность наполнителя сохраняется и в ранневесеннее время (период таяния снега). Покрытие противоположной стенки и дна траншеи материалом геокомпозитным дренажным 4 (верхняя стенка) позволяет предотвратить разрушение кромки и стенки траншеи и, как следствие, кольматацию водопроводящего органического наполнителя 6, что способствует сохранению его водопропускной способности на долгое время, а в совокупности – повышению стабильности и надежности функционирования противозерозионного сооружения. В свою очередь, используемый слой керамзитового гравия выполняет функцию фильтра, так как фильтрация поверхностного стока через него позволяет очистить от находящихся в воде взвешенных частиц. Данный эффект снижает экологическую нагрузку от перераспределенного поверхностного стока в водоприемник (водный объект).

Выводы. В результате исследований авторами предложено конструктивное решение противозерозионного гидротехнического сооружения, включающего создание водоперераспределяющей траншеи, ориентированной по горизонтали местности, с водоудерживающим земляным валом и водоудерживающим экраном, траншея заполняется наполнителем. При этом водоудерживающий экран выполнен путем покрытия материалом геокомпозитным дренажным с геомембраной стенки траншеи, примыкающей к водоудерживающему земляному валу, вместе с валом, а противоположную стенку и дно траншеи покрывают материалом геокомпозитным дренажным. При этом в качестве заполнителя используют водопроводящий природный наполнитель в виде керамзитового гравия фракцией 20-40 мм. Благодаря предложенному конструктивному решению, увеличиваются надежность и стабильность функционирования противозерозионного сооружения.

Библиографический список

1. Гогичаишвили Г. П. Эрозия почв в речных бассейнах Грузии // Почвоведение. 2016. № 6. С. 745-754.
2. Карта агрогенной эродированности почв России / А. Л. Иванов [и др.] // Доклады российской академии наук. Науки о земле. 2020. Т. 493. № 2. С. 99–102.
3. Мальцева К. А., Ермолаев О. П. Потенциальные эрозионные потери почвы на пахотных землях европейской части России // Почвоведение. 2019. № 12. С. 1502–1512.
4. Отечественные подходы к оценке степени деградации почв и земель / Э. Н. Молчанов [и др.] // Почвоведение. 2015. № 11. С. 1394.
5. Савельева Д. А., Каличкин В. К. Применение цифровых технологий при изучении водной эрозии почв Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 4. С. 86–100.
6. Современное состояние гумусированности пахотных черноземов настоящих степей (на примере Ростовской области) / О. В. Чернова [и др.] // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 4 (57). С. 99-113.
7. Сухомлинова Н. Б., Суханова А. В. Оценка эффективности землепользования в агроландшафтах Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 4 (28). С. 263-275. <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=344>.
8. Сухомлинова Н. Б., Чешев А. С. Эколого-мелиоративные мероприятия в районах с развитой эрозией почв // Экономика и экология территориальных образований. 2019. Т. 3, № 1. С. 35-45.
9. Сухомлинова Н. Б. Особенности организации территории сельскохозяйственных угодий в современных условиях (на примере Ростовской области) // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. Вып. № 11(89). Ч. 2. С. 67–73.
10. Фетюхин И. В., Черненко В. В. Факторы развития, моделирование и прогнозирование эрозии почвы // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1. С. 11–13.
11. Яковлева Е. П. Негативные свойства агроэкосистем юга европейской части России и стратегия мелиоративных мероприятий // Труды кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 60. С. 345–349.

12. Browning T. N., Sawyer D. E. Vulnerability to watershed erosion and coastal deposition in the tropics // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. Iss. 1. 11 p.

13. Effects of vegetation and climate on the changes of soil erosion in the Loess Plateau of China / F. Jin, W. Yang, J. Fu, Z. Li // *Science of the Total Environment*. 2021. 773. 145514. 12 p.

14. How can stream bank erosion be predicted on small water courses? Verification of BANCS model on the Kubrica watershed / Z. Allmanova, M. Vlckova, M. Jankovsky, M. Allman, J. Merganic // *International Journal of Sediment Research*. 2021. № 36 (21). P. 419–429.

Conclusions. As a result of the research, the authors proposed a constructive solution for an anti-erosion hydraulic structure, including the creation of a water-distributing trench, oriented horizontally, with a water-retaining earthen shaft and a water-retaining screen, the trench is filled with filler. In this case, the water-retaining screen is made by covering the wall of the trench adjacent to the water-retaining earthen shaft with a geocomposite drainage material with a geomembrane, together with the shaft, and the opposite wall and the bottom of the trench are covered with a geocomposite drainage material. At the same time, a water-conducting natural filler in the form of expanded clay gravel with a fraction of 20-40 mm is used as a filler. Thanks to the proposed design solution, the reliability and stability of the operation of the anti-erosion structure increases.

References

1. Gogichaishvili G. P. }roziya pochv v rechnyh bassejnah Gruzii // *Pochvovedenie*. 2016. № 6. P. 745-754.

2. Karta agrogennoj jeroirovannosti pochv Rossii / A. L. Ivanov [i dr.] // *Doklady rossijskoj akademii nauk. Nauki o zemle*. 2020. T. 493. № 2. P. 99-102.

3. Mal'ceva K. A., Ermolaev O. P. Potencial'nye jerozionnye poteri pochvy na pahotnyh zemlyah evropejskoj chasti Rossii // *Pochvovedenie*. 2019. № 12. SP. 1502-1512.

4. Otechestvennye podhody k ocenke stepeni degradacii pochv i zemel' / Je. N. Molchanov [i dr.] // *Pochvovedenie*. 2015. № 11. P. 1394.

5. Savel'eva D. A., Kalichkin V. K. Primenenie cifrovych tehnologij pri izuchenii vodnoj jerozii pochv Zapadnoj Sibiri // *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2019. T. 49. № 4. P. 86-100.

6. Sovremennoe sostoyanie gumusirovannosti pahotnyh chernozemov nastoyaschih stepej (na primere Rostovskoj oblasti) / O. V. Chernova [i dr.] // *Yug Rossii: jekologiya, razvitie*. 2020. T. 15. № 4 (57). P. 99-113.

7. Suhomlinova N. B., Suhanova A. V. Ocenka jeffektivnosti zemlepol'zovaniya v agrolandshaftah Rostovskoj oblasti // *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*. 2017. № 4 (28). P. 263-275. <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=344>.

8. Suhomlinova N. B., Cheshev A. S. Jekologo-meliorativnye meropriyatiya v rajonah s razvitoj }roziej pochv // *Jekonomika i jekologiya territorial'nyh obrazovanij*. 2019. T. 3, № 1. P. 35-45.

9. Suhomlinova N. B. Osobennosti organizacii territorii sel'skohozyajstvennyh ugodij v sovremennyh usloviyah (na primere Rostovskoj oblasti) // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2019. Vol. № 11(89). Ch. 2. P. 67-73.

10. Fetyuhin I. V., Chernenko V. V. Faktory razvitiya, modelirovanie i prognozirovanie }rozii pochvy // *Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal*. 2018. № 1. P. 11-13.

11. Yakovleva E. P. Negativnye svojstva agrojekosistem yuga evropejskoj chasti Rossii i strategiya meliorativnyh meropriyatij // *Trudy kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. № 60. P. 345-349.

12. Browning T. N., Sawyer D. E. Vulnerability to watershed erosion and coastal deposition in the tropics // *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. Iss. 1. 11 p.

13. Effects of vegetation and climate on the changes of soil erosion in the Loess Plateau of China / F. Jin, W. Yang, J. Fu, Z. Li // *Science of the Total Environment*. 2021. 773. 145514. 12 p.

14. How can stream bank erosion be predicted on small water courses? Verification of BANCS model on the Kubrica watershed / Z. Allmanova, M. Vlckova, M. Jankovsky, M. Allman, J. Merganic // *International Journal of Sediment Research*. 2021. № 36 (21). P. 419–429.

Authors Information

Slabunova Alexandra Vasilievna, Senior Researcher FSBSE «Russian scientific research institute of land improvement problems» (Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421), Candidate of Technical Sciences, tel. 8 (928)-129-01-60, e-mail: SlabunovaAV@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-6769-3866.

Slabunov Vladimir Viktorovich, Leading Research Scientist FSBSE «Russian scientific research institute of land improvement problems» (Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421), Candidate of Technical Sciences, tel. 8(989)-626-24-95, e-mail: Slabunovvv@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0150-5193.

Информация об авторах

Слабунова Александра Васильевна, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», (346421, Российская Федерация, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), кандидат технических наук, тел. 8(928)-129-01-60, e-mail: SlabunovaAV@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-6769-3866.

Слабунов Владимир Викторович, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», (346421, Российская Федерация, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), кандидат технических наук, тел. 8(989)-626-24-95, e-mail: Slabunovvv@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0150-5193.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-41

INCREASING THE SERVICE LIFE OF AGRICULTURAL MACHINE PARTS FROM IRON-CARBON ALLOYS BY THE THERMAL TREATMENT

A.V. Gribenchenko, A. I. Ryadnov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 12.05.2021

Submitted 05.08.2021

Summary

The question of increasing the durability of agricultural machine parts by means of heat treatment is considered. The changes in the structure and, in this regard, the mechanical properties of the hardened and tempered steel can occur under the influence of various deviations in the heat treatment mode. At a hardness of HRC 25-30, granular structures obtained by quenching with high tempering (improvement) undoubtedly have advantages over plate structures, since steel with a sorbitol structure is more durable and ductile than steel of the same hardness, but with a plate perlite structure. If the maximum achievable hardness, when quenching steel with a carbon content of 0.2 % is HRC 46, then with an increase in the carbon content to 0.6 %, the values of the highest hardness reach HRC 62-63. If you continue to increase the carbon content, then at concentrations exceeding 0.8%, the hardness of the hardened steel increases slightly due to the appearance of residual austenite in the structure.

Abstract

Introduction. The results of research aimed at increasing the durability of machine parts due to the processes occurring during various types of heat treatment are presented. Currently, the available technologies for producing machine parts from carbon steels with specified mechanical properties have largely exhausted the possibilities for increasing the requirements for strength indicators imposed on the working bodies of modern machines. For this reason, the improvement of the quality indicators of steel machine parts by heat treatment is of great interest for studying the interfacial distribution of alloying and impurities, as well as their impact on the behavior of the main strengthening element-carbon. **Materials and methods.** To consider the nature of the phase transformations occurring during the heat treatment of iron-carbon alloys, samples of alloy steel grade 45G were studied. Changes in the structure were observed using a NEOPHOT-32 microscope, changes in the mechanical properties of hardened and tempered steel occurring under the influence of various deviations in the heat treatment mode were studied on hardness tester TK (Rockwell). Residual austenite in the structure of carbon or alloy steel reduces the hardness and

ultimate strength of the hardened steel, cementite or ferritic mesh, which persists during incomplete quenching, causes a sharp decrease in the impact strength of the samples. The main differences in the structure of the release products of martensite and the decay products of austenite are that in the first case, granular structures are formed, and in the second - lamellar. **Results and conclusions.** With the help of thermal differences, it is possible to redistribute the carbon into the hot layers of the processed part by fixing it with quenching, and thereby increase the hardness in the areas subject to the greatest wear.

Key words: *heat treatment, mechanical properties, tempering brittleness, drum strength, impact strength, increased durability.*

Citation. Gribenchenko A.V., Ryadnov A. I., Increasing the service life of agricultural machine parts from iron-carbon alloys by the thermal treatment. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 396-403 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-41.

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

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

УДК 621.78:621.8

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ИЗ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ ЗА СЧЁТ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

А. В. Грибенченко, кандидат технических наук, доцент

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.05.2021

Дата принятия к печати 05.08.2021

Актуальность. Представлены результаты исследований, направленные на повышение долговечности деталей машин за счёт процессов, происходящих при различных видах термической обработки. В настоящее время имеющиеся технологии получения деталей машин из углеродистых сталей с заданными механическими свойствами во многом исчерпали возможности повышения требований по прочностным показателям, предъявляемым к рабочим органам современных машин. Поэтому улучшение качественных показателей стальных деталей машин при помощи термической обработки представляет большой интерес для изучения межфазного распределения легирующих и примесей, а также их воздействия на поведение основного упрочняющего элемента – углерода. **Материалы и методы.** Для рассмотрения характера фазовых превращений, происходящих при термической обработке железоуглеродистых сплавов, исследовались образцы легированной стали марки 45Г. Происходящие изменения структуры наблюдали с помощью микроскопа НЕОРНОТ-32, изменения механических свойств закаленной и отпущенной стали, происходящие под влиянием различных отклонений в режиме термической обработки, исследовали на твердомере ТК (Роквелла). Остаточный аустенит в структуре углеродистой или легированной стали снижает твердость и предел прочности закаленной стали, цементитная или ферритная сетка, сохраняющаяся при неполной закалке, вызывает резкое снижение ударной вязкости образцов. Основные различия в структуре продуктов отпуска мартенсита и продуктов распада аустенита заключаются в том, что в первом случае образуются структуры зернистого, а во втором – пластинчатого. **Результаты и выводы.** С помощью термических перепадов можно осуществить перераспределение углерода в горячие слои обрабатываемой детали, зафиксировав закалкой, и тем самым повысить твердость в зонах, подверженных наибольшему износу.

Ключевые слова: *термическая обработка, отпускная хрупкость, бич барабана, ударная вязкость, повышение долговечности деталей.*

Цитирование. Грибенченко А. В., Ряднов А. И., Повышение долговечности деталей машин сельскохозяйственного назначения, из железоуглеродистых сплавов, за счёт термической обработки. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 396-403. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-41.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из наиболее эффективных способов изменения свойств деталей из железоуглеродистых сплавов является термическая обработка [1, 6]. Основой такого технологического процесса объясняется явление полиморфизма, а именно существование различных кристаллических решеток у одного и того же металла или сплава. Полиморфные превращения происходят, как правило, при нагреве или охлаждении до определенных температур (так называемых критических точек) и вызывают образование структур с теми или иными свойствами [11]. Изменяя температуру нагрева (или охлаждения), выдержку при этой температуре и скорость последующего охлаждения, можно либо приблизиться к равновесному структурному состоянию, либо зафиксировать соответствующие метастабильные структуры.

Так, при помощи термической обработки возможно повысить механические свойства стальных деталей машин, и особенно деталей с повышенным содержанием углерода, например, бичей барабана молотильного аппарата зерноуборочного комбайна [12].

Материалы и методы. Основными видами термической обработки являются: первичная (отжиг и нормализация) и окончательная (закалка и отпуск).

В приведенную выше систематизацию положен характер фазовых превращений, происходящих при термической обработке [4, 10]. В производственных условиях процессы термической обработки классифицируются и по другим признакам. Так, например, закалку в зависимости от температуры нагрева и выдержки разделяют на полную и неполную; от скорости охлаждения и изменения структуры – на изотермическую, прерывистую, с самоотпуском, по условиям изменения структуры или твердости на поверхности и по сечению – на местную, поверхностную; широко применяемый в промышленности процесс закалки с последующим высоким отпуском называется улучшением и т. д.

Процессы термической обработки, составляющие первую и вторую группы (отжиг первого и второго рода), хотя и позволяют в известной степени повысить механические характеристики литой или деформированной стали, в основном используются для подготовки структуры к последующей обработке, а непосредственно для упрочнения обычно не применяются [10].

Помимо двойной упрочняющей обработки (закалка и отпуск), применяют также изотермическую закалку, при которой те или иные метастабильные структуры образуются при выдержке предварительно нагретой до аустенитного состояния стали в области определенных температур. Основное различие в структуре продуктов отпуска мартенсита и продуктов распада аустенита состоит в том, что в первом случае образуются структуры зернистого, а во втором – пластинчатого. При твердости HRC 25-30 зернистые структуры, полученные в результате закалки с высоким отпуском (улучшение), несомненно, обладают преимуществами перед пластинчатыми, так как сталь со структурой сорбита более прочна и пластична, чем сталь такой же твердости, но со структурой пластинчатого перлита.

Изотермическая закалка имеет некоторые преимущества перед закалкой и отпуском, особенно в том случае если после изотермической выдержки остается аустенит, который при дальнейшем охлаждении не претерпевает мартенситного превращения. Изотермическая закалка позволяет значительно уменьшить остаточные напряжения после закалки и избежать появления микротрещин, снизить чувствительность к концентраторам напряжений, надрезам, перекосам и отпускной хрупкости I рода, способствуя тем самым повышению конструктивной прочности деталей.

Изменение свойств сплава при термической обработке происходит исключительно в результате определенных изменений их структуры. Как метод упрочнения наиболее широкое распространение в практике получила закалка в сочетании с отпусканием при определенных температурах [3, 6]. Закалка позволяет получить в детали неравновесные структуры, обладающие особыми свойствами. При закалке обычных нелегированных или малолегированных железоуглеродистых сплавов из высокотемпературной модификации (аустенита) образуется мартенсит – перенасыщенный твердый раствор углерода в α - железе, обладающий высокой твердостью и прочностью.

Природа упрочнения при мартенситном превращении в сталях заключается, с одной стороны, в появлении напряжений второго рода, дроблении и разориентировке блоков мозаики, а с другой, – в искажениях кристаллической решетки, возникающих вследствие внедрения атомов углерода. Очевидно, что второй фактор будет проявляться тем сильнее, чем больше в стали углерода.

Принципиально новым направлением повышения долговечности деталей машин является термоциклическая обработка [12]. С помощью такой обработки стало возможным получение мощных диффузионных потоков углерода в химически однородном аустените путем наложения на изделие термических циклов, вызывающих повышение активности, которые являются движущей силой восходящей диффузии углерода.

Из уравнения, представленного в работе [12], с повышением температуры термодинамическая активность углерода снижается:

$$\lg a_c = \lg \left(\frac{N_c}{1 - 5N_c} \right) + \frac{2105}{T} - 0,6735 + \frac{317}{T} \frac{N_c}{1 - N_c};$$

где a_c – термодинамическая активность углерода, N_c – его атомная доля; T – температура в К.

Из уравнения следует, что возможно резким охлаждением поверхности создать повышение активности углерода, обеспечивающей его переток к более горячей сердцевине. Такой массоперенос обязательно приведёт к обезуглероживанию поверхности и концентрации углерода в горячих слоях детали.

Результаты и обсуждение. Подобный эффект диффузионного переноса углерода в более глубокие горизонты при подстуживании поверхности образца был получен нами экспериментально (патент на изобретение № 2738258 РФ, Волгоградский ГАУ. Оpubл. 11.12.2020).

С этой целью были проведены исследования массопереноса углерода в градиентном температурном поле, в котором создавался стационарный перепад температур по длине массивного образца, вырезанного из бича молотильного барабана зерноуборочного комбайна.

Образец из стали 45Г (0,43 %С) шириной 40 мм и длиной $L=150$ мм нагревали со стороны рифов путем непосредственного контакта с разогретой до 900 °С плитой, а противоположную сторону охлаждали медным водоохлаждаемым холодильником. Для изоляции образца от излучения раскаленной плиты и создания резкого перепада температур в локальной области образца использовали асбестовый экран, установленный посередине образца от нагревательного элемента (рисунок 1). Температурный градиент поддерживали в течение 20 мин, затем образец подвергли закалке в воде.

Структура части образца, расположенной между холодильником и экраном, соответствовала исходной и не изменялась в ходе эксперимента, в районе экрана она была двухфазной (аустенито-ферритной), со стороны рифов – полностью аустенитной.

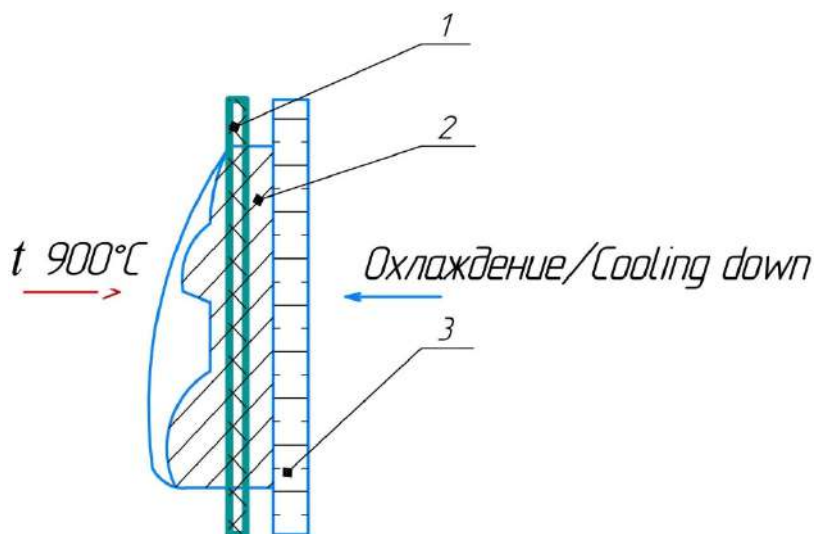


Рисунок – 1. Схема эксперимента
1 – экран; 2 – образец; 3 – холодильник

Figure 1 – Scheme of the experiment
1 – screen; 2 – sample; 3 – refrigerator

Данный метод показал, что возможно создать градиент активности углерода и осуществить его переток вглубь экспериментального образца, т.е. возможность получения диффузионных потоков углерода в химически однородном аустените путем наложения на деталь термических перепадов, вызывающих градиенты активности, которые являются движущей силой восходящей диффузии углерода.

Установившееся распределение углерода в испытуемом образце под действием градиента температур и зафиксированное закалкой изучали методом локального спектрального анализа. Рассматриваемый спектр проводили в точках, расположенных на продольной оси образца на расстоянии друг от друга 1,0...1,5 мм (рисунок 2).

Из рисунка 2 видно, что содержание углерода в районе нагреваемых рифов достигло значений 0,50 %, на расстоянии 7 мм от него (область экрана) концентрация понизилась до 0,40 %, а в холодной части образца практически не изменилась, не претерпев фазовых превращений.

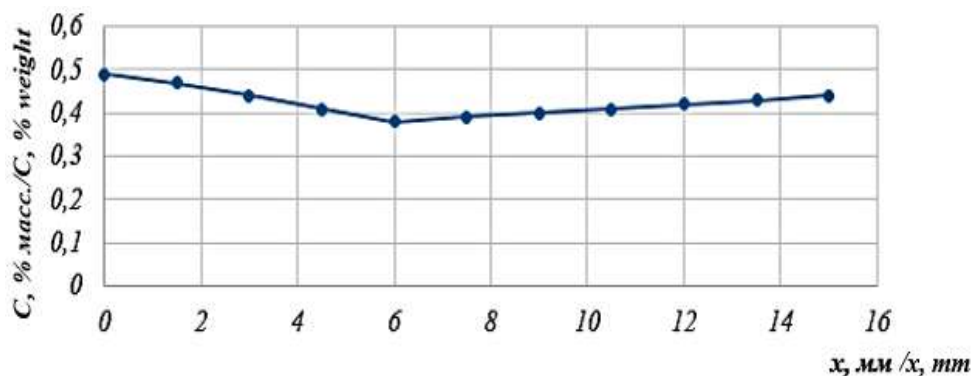


Рисунок – 2. Распределение углерода под действием перепада температур, установившееся в образце стали 45Г

Figure 2 – The distribution of carbon under the influence of a temperature difference, established in a sample of 45G steel

Также образцы были подвергнуты испытаниям на твёрдость, которая показала повышение твёрдости на поверхности рифов HRC18 при исходной HRC10, что подтверждает перераспределение углерода.

Важным критерием, влияющим на долговечность деталей рабочих органов машин, является износостойкость материала, из которого изготовлена деталь. Например, с повышением содержания углерода стали в нормализованном состоянии имеют более высокую твёрдость и износостойкость, поэтому для достижения наибольшей износостойкости деталей машин необходимо переместить углерод к поверхностям детали, наиболее подверженным износу. С целью подтверждения эффективности вышеописанного эксперимента по перераспределению углерода были проведены испытания образцов, вырезанных из бича молотильного аппарата зерноуборочного комбайна, на износостойкость (рисунок 3).

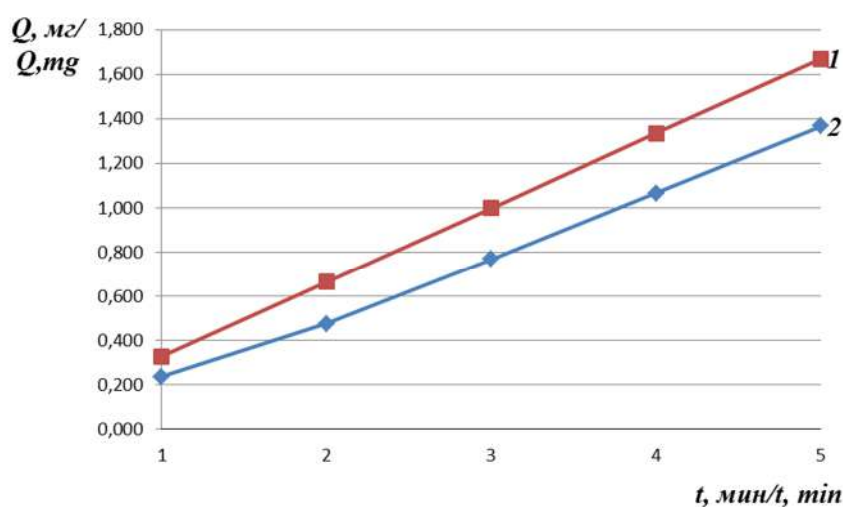


Рисунок 3 – График зависимости величины износа при трении образцов (сталь 45Г) от продолжительности испытаний

1 – кривая износа исходного образца; 2 – кривая износа образца с углеродным Перераспределением

Figure 3 – Graph of the dependence of the amount of wear during friction of samples (steel 45G) on the duration of the tests

1 – the wear curve of the initial sample; 2 – the wear curve of the sample with carbon redistribution

Износостойкость проводилась абразивным кругом с постоянной нагрузкой одновременно на оба образца, жёстко зафиксированные в кондукторе. Один раз в минуту образцы изымались из кондуктора и проводился замер весового износа.

Из графика зависимости величины износа при трении образцов видно, что за 5 минут трения износ исходного образца на 30 % больше по отношению к экспериментальному. Это ещё раз подтверждает возможность повышения износостойкости деталей машин за счёт перераспределения углерода.

Выводы. По результатам исследований установлено:

1. Изнашивание стальных деталей машин зависит от множества факторов, в числе которых низкая твёрдость, которая напрямую зависит от содержания углерода. С помощью термических перепадов возможно осуществить перераспределение углерода в горячие слои обрабатываемой детали, зафиксировав закалкой, и тем самым повысить твёрдость в зонах, подверженных наибольшему износу.

2. Применение предложенной технологии по перераспределению углерода при испытаниях на износостойкость стальных образцов привело к повышению износостойкости экспериментального образца на 30 % больше по отношению к исходному.

Библиографический список

1. Бобырь С. В., Большаков В. И. Модели и характеристики прерывистого превращения аустенита в железоуглеродистых сплавах // Успехи физики металлов. 2014. Т. 15. № 3. С. 145-171.
2. Вологжанина С. А., Иголкин А. Ф., Петкова А. П. Исследование влияния низких температур и деформаций на свойства аустенитной стали 12Х18Н10Т // Металлургия и материаловедение. 2019. Т. 25. № 4. С. 83-93.
3. Гапич Д. С., Моторин В. А., Олейников Р. Н. Износ лемехов, изготовленных по литейной технологии // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 316.
4. Грибенченко А. В., Миньков В. М., Ключин П. А. Совершенствование способа плазменной наплавки с уточнением теплового баланса // Научное образование. 2016. № 13. С. 108-113.
5. Костылева Л. В., Грибенченко А. В., Мохнаткина А. Е. Применение температурных градиентов при термообработке деталей из железоуглеродистых сплавов // Известия. 2015. № 3 (39). 155 с.
6. Окишев К. Ю. Расчёт диаграмм изотермического распада аустенита в конструкционных сталях // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2020. Т. 22. № 2. С. 82-89.
7. Формирование износостойких зонально-распределённых структур деталей орудий для почвообработки из высокопрочного чугуна / В. А. Моторин, Д. С. Гапич, Л. В. Костылева, А. Е. Новиков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4. С. 369-376.
8. Юрченко А. Н., Панов Д. О., Симонов Ю. Н. Изменение микроструктуры экономнолегированной стали в зависимости от скорости непрерывного охлаждения и температуры изотермической *выдержки* // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2017. Т. 19. № 1. С. 98-110.
9. Bannykh O. A., Bannykh I. O., Lukin E. I. Structure and mechanical properties of high-strength structural steels // Russian metallurgy (Metally). 2018. № 6. P. 528-532.
10. Conceptual model of zonal structuring of functional areas of working elements for soil treatment / V. A. Motorin, D. S. Gapich, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, A. V. Gribenchenko // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 341. 012139.
11. Effect of the starting microstructure in the formation of austenite at the intercritical range in ductile iron alloyed with nickel and copper / H. D. Machado, R. Aristizabal-Sierra, C. Garcia-Mateo, I. Toda-Caraballo // International Journal of Metalcasting. 2020. V. 14 (3). P. 836-845.
12. Structuring carbon alloys due to carbon mass transfer / A. V. Gribenchenko, A. S. Ovchinnikov, D. S. Gapich, V. A. Motorin, A. E. Novikov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 341. 012137.

Conclusions. According to the results of the research, it was found:

One of the main reasons for changes in the geometric dimensions of parts and the physical and mechanical properties of materials that cause failures and malfunctions is wear. The wear of steel machine parts depends on many factors, including low hardness, which directly depends on the carbon content. It is possible to increase the hardness, and therefore the durability, by creating diffusion fluxes of carbon in a chemically homogeneous austenite by applying thermal differences to the part that will cause an increase in the concentration of carbon in the hot layers. It is possible to fix the steady-state redistribution by means of quenching.

Reference

1. Bobyr' S. V., Bol'shakov V. I. Modeli n harakteristiki preryvistogo prevrascheniya austenita v zhelezouglerodistykh splavah // Uspehi fiziki metallov. 2014. T. 15. № 3. P. 145-171.
2. Vologzhanina S. A., Igolkin A. F., Petkova A. P. Issledovanie vliyaniya nizkikh temperatur i deformatsiy na svoystva austenitnoy stali 12H18N10T // Metallurgiya i materialovedenie. 2019. T. 25. № 4. P. 83-93.
3. Gapich D. S., Motorin V. A., Olejnikov R. N. Iznos lemehov, izgotovlennykh po litejnoj tehnologii // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee profesional'noe obrazovanie. 2021. № 1 (61). P. 316.
4. Gribenchenko A. V., Min'kov V. M., Klyushin P. A. Sovershenstvovanie sposoba plazmennoj naplavki s utocnieniem teplovogo balansa // Nauchnoe obrazovanie. 2016. № 13. P. 108-113.
5. Kostyleva L. V., Gribenchenko A. V., Mohnatkina A. E. Primenenie temperaturnykh gradientov pri termoobrabotke detalej iz zhelezouglerodistykh splavov // Izvestiya. 2015. № 3 (39). 155 p.
6. Okishev K. Yu. Raschjot diagramm izotermicheskogo raspada austenita v konstrukcionnykh stalyah // Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Mashinostroenie, materialovedenie. 2020. T. 22. № 2. P. 82-89.
7. Formirovanie iznosostojkikh zonal'no-raspredeennykh struktur detalej orudij dlya pochovoobrabotki iz vysokoprochnogo chuguna / V. A. Motorin, D. S. Gapich, L. V. Kostyleva, A. E. Novikov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 4. p. 369-376.
8. Yurchenko A. N., Panov D. O., Simonov Yu. N. Izmenenie mikrostruktury jkonomnolegirovannoj stali v zavisimosti ot skorosti nepreryvnogo ohlazhdeniya i temperatury izotermicheskoy vyderzhki // Vestnik Permskogo nacional'nogo is-sledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Mashinostroenie, materialovedenie. 2017. T. 19. № 1. P. 98-110.
9. Bannykh O. A., Bannykh I. O., Lukin E. I. Structure and mechanical properties of high-strength structural steels // Russian metallurgy (Metally). 2018. № 6. P. 528-532.
10. Conceptual model of zonal structuring of functional areas of working elements for soil treatment / V. A. Motorin, D. S. Gapich, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, A. V. Gribenchenko // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 341. 012139.
11. Effect of the starting microstructure in the formation of austenite at the intercritical range in ductile iron alloyed with nickel and copper / H. D. Machado, R. Aristizabal-Sierra, C. Garcia-Mateo, I. Toda-Caraballo // International Journal of Metalcasting. 2020. V. 14 (3). P. 836-845.
12. Structuring carbon alloys due to carbon mass transfer / A. V. Gribenchenko, A. S. Ovchinnikov, D. S. Gapich, V. A. Motorin, A. E. Novikov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 341. 012137.

Author's Information

Gribenchenko Alexey Viktorovich - PhD. tech. Sciences, associate Professor of the Department «Operation and technical service of machines in the Agro-industrial complex» Phone: 89047571911; e-mail: gribenchenkoaleksey@mail.ru

Ryadnov Alexey Ivanovich - doctor of Sciences, Professor of the Department «Operation and technical service of machines in the Agro-industrial complex» Phone: 89033729954; e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Информация об авторах

Грибенченко Алексей Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). Тел. 89047571911; e-mail: gribenchenkoaleksey@mail.ru

Ряднов Алексей Иванович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). Тел. 89033729954; e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

ANTI-CORROSION COATINGS AS A FACTOR IN ENSURING THE STRENGTH INDICATORS OF RECONSTRUCTED METAL PIPELINES

V. G. Grin², A.A. Pachomov¹, N.A. Kolobanova¹, A. S. Shishkin²

¹ Volgograd State Agrarian University, Volgograd

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

Received 31.04.2021

Submitted 30.08.2021

Summary

The article considers the main types of pipeline tightness disturbance, the scale of these phenomena on water supply networks, the theoretical determination of the strength characteristics of the protective anticorrosion coating in the form of a process hose, their comparison with experimental data and the prospects of its use in the reconstruction of pipelines.

Abstract

Introduction. Carrying out work on the reconstruction of water supply networks in urban conditions by the method of complete replacement requires complex approvals from various services and leads to an increase in the cost of production due to an increase in the volume of land, installation, and other works. **Object.** The object of research is a trenchless method of performing repair work using a technological sleeve impregnated with polymer compositions and flexible torus-shaped shells. The purpose of this work is definition of strength characteristics of protective anticorrosion coating, in the form of the technological sleeve impregnated with HT composition - 170, on the technology developed at the department «Complex Water Supply Systems» of the «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin». **Materials and methods.** The work used a general scientific methodology with methods of theoretical (analysis and synthesis) level. «SIBRTECH KR-2200/100 58042» air compressor with 100 l receiver. **Results and conclusions.** The theoretical maximum stresses that the recommended coating can withstand are determined. Based on laboratory experiments, the possibility of using the proposed protective coating during the reconstruction of water supply networks was concluded.

Key words: trenchless repair, anticorrosive coating, process hose, water supply.

Citation. Grin V. G., Pachomov A.A., Kolobanova N.A., Shishkin A. S. Anti-corrosion coatings as a factor in ensuring the strength indicators of reconstructed metal pipelines. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 404-415 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-42.

Author's contribution. All authors were directly involved in calculations, observation and laboratory research.

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

УДК 621.644

АНТИКОРРОЗИЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

В. Г. Грин², кандидат сельскохозяйственных наук, профессор

А. А. Пахомов¹, доктор технических наук, профессор

Н. А. Колобанова¹, кандидат технических наук, доцент

А. С. Шишкин², старший преподаватель

¹ Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

² Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, г. Краснодар

Аннотация. Рассмотрены основные виды нарушения герметичности трубопроводов, масштабы этого явления на сетях водоснабжения, даны теоретическое определение характеристик прочности защитного антикоррозионного покрытия в виде технологического рукава, а также сравнение его с опытными данными и перспективы применения при реконструкции трубопроводов.

Актуальность. Проведение работ по реконструкции водопроводных сетей в городских условиях по способу полной замены требует сложных согласований различных служб и ведёт к удорожанию производства за счёт увеличения объема земляных, монтажных и других работ. **Объект.** Объектом исследований является бестраншейный способ производства ремонтных работ с применением технологического рукава, пропитанного полимерными составами, и гибких торообразных оболочек. **Цель.** Целью данной работы является определение прочностных характеристик защитного антикоррозионного покрытия в виде технологического рукава, пропитанного композицией ХТ – 170, по технологии, разработанной на кафедре «Комплексные системы водоснабжения» КубГАУ. **Материалы и методы.** В работе использовалась общенаучная методология с методами теоретического (анализ и синтез) уровня. В исследовании применялся воздушный компрессор СИБРТЕХ КР-2200/100 58042 с ресивером 100 л. **Результаты и выводы.** Определены теоретические максимальные напряжения, которые может выдержать рекомендуемое покрытие. На основании лабораторных опытов сделан вывод о возможности использования предлагаемого защитного покрытия при реконструкции сетей водоснабжения.

Ключевые слова: бестраншейный ремонт, ремонт трубопроводов, антикоррозионные покрытия, металлические трубопроводы.

Цитирование. Гринь В. Г., Пахомов А. А., Колобанова Н. А., Шишкин А. С. Антикоррозионные покрытия как фактор обеспечения прочностных показателей реконструируемых металлических трубопроводов. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 404-415. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-42.

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в расчетах, наблюдении и лабораторном исследовании.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Муниципальное унитарное предприятие водопроводно-канализационного хозяйства «Водоканал» (МУП ВКХ «Водоканал») является одним из старейших предприятий столицы Кубани.

В настоящее время в городе Краснодаре имеется 25 водозаборных узлов, из которых 15 микроводозаборов, на них в эксплуатации находится 486 скважин. ОАО «Водоканал» располагает одиннадцатью насосными станциями второго подъема и 183 насосными станциями подкачки (третьего подъема), а также 85 резервуарами чистой воды.

Основным материалом водопроводных сетей является сталь.

Степень физического износа трубопроводов составляет более 60 %. Эксплуатационные затраты на поддержание системы водоснабжения ежегодно увеличиваются за счет учащающегося выполнения работ по ремонту, в среднем за год таких явлений 2570 случаев, что составляет до 7 аварий на сетях в сутки.

Основной причиной нарушения работы системы водоснабжения является коррозия стальных трубопроводов, составляющая 64,4 % общей протяженности сетей. Из-за разрушения трубопроводов систем водоснабжения возможно загрязнение питьевой воды патогенной микрофлорой, в связи с частой необходимостью прокладки этих сетей параллельно с сетями водоотведения [1].

Материалы и методы. В работе использовалась общенаучная методология с методами эмпирического и теоретического уровней. Исходными данными для анализа послужили статистические данные об авариях на водоводах МУП ВКХ «Водоканал» города Краснодара.

Техническое состояние водопроводных сетей города характеризуется следующими показателями (рисунки 1–2). Следует отметить, что наибольшее количество аварий происходит при эксплуатации металлических (стальных) трубопроводов с физическим износом более 70 %. Наиболее распространенными видами нарушения герметичности труб является язвенная коррозия в виде свищей и линейная коррозия швов, а также различные сочетания первого и второго типа коррозии [6, 11].

Результаты и обсуждение. Выход из существующего положения заключается в

крупномасштабной реконструкции водопроводных сетей с использованием современных инновационных технологий.

Применяемые в настоящее время технологии ремонта требуют больших капитальных затрат по земляным, монтажным и другим видам работ, наличия и применения дорогостоящего оборудования, а также больших затрат средств и труда [1]. Кроме этого, проведение ремонтных работ в стесненных условиях городской инфраструктуры требует изменения режима транспортных потоков и большого количества согласований с остальными службами жизнеобеспечения.



Рисунок 1 – Протяженность в км водопроводных сетей из стали с износом более 50 % за период с 2008 по 2019 г. в разрезе диаметров трубопроводов

Figure 1 – Length in km of water supply networks made of steel with wear of more than 50 % for the period from 2008 to 2019 in the section of pipeline diameters



Рисунок 2 – Протяженность в км водопроводных сетей из стали с износом более 70 % за период с 2008 по 2019 г. в разрезе диаметров трубопроводов

Figure 2 – Length in km of water supply networks made of steel with wear of more than 70 % for the period from 2008 to 2019 in the section of pipeline diameters



Рисунок 3 – Аварийность на сетях водоснабжения, аварий шт./км в год

Figure 3 – Accident rate on water supply networks, accidents pc/km per year

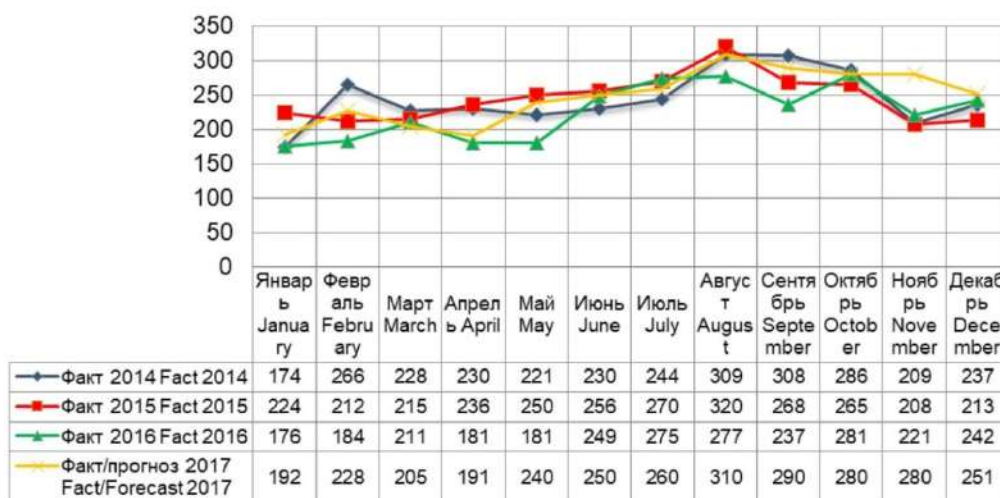


Рисунок 4 – Динамика повреждений по водопроводным сетям, шт.

Figure 4 – Dynamics of damages by water supply networks, pcs.

Анализ отечественного и зарубежного опыта применения бестраншейного ремонта эксплуатируемых трубопроводов показывает высокую экономическую эффективность его применения [1, 4, 6, 7, 9, 10]. Капитальные затраты снижаются в зависимости от диаметра ремонтируемого трубопровода от 3 до 8 раз, при снижении себестоимости производства работ в 2,0-2,5 раза.

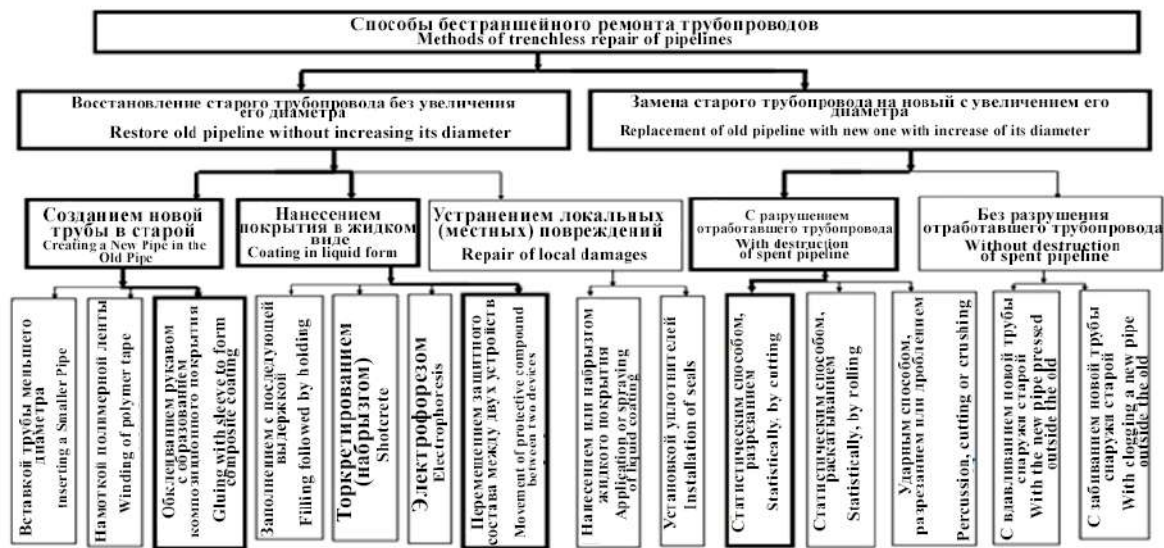


Рисунок 5 – Классификация способов бестраншейного ремонта трубопроводов

Figure 5 – Classification of methods of trenchless repair of pipelines

Первое место в данной классификации занимает бестраншейный способ, предусматривающий протягивание новой полимерной трубы внутрь восстанавливаемого трубопровода. Данная технология предусматривает уменьшение внутреннего диаметра на 3-5 %, а это неизбежно приводит к повышению рабочего напора, а значит, к увеличению затрат на транспортирование воды [2, 10].

Цементно-песчаные покрытия (ЦПП) внутренней поверхности металлических трубопроводов широко применяются в мировой практике, являются противокоррозионным материалом и ликвидируют локальные дефекты герметичности. К недостаткам данной технологии относятся: ограниченная длина ремонтируемого участка; значительное уменьшение внутреннего диаметра на 5-10 %, значительная гидравлическая шероховатость получаемого защитного слоя и сложность применяемого оборудования.

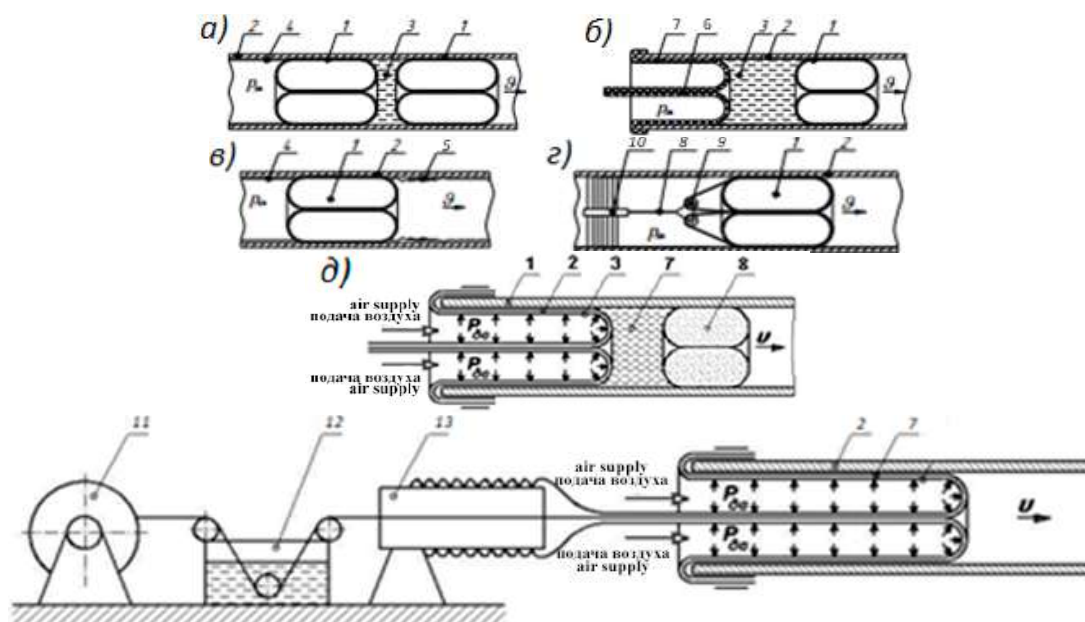


Рисунок 6 – Схемы применения торообразных оболочек и гибкого технологического рукава при бестраншейном ремонте трубопроводов:

- а – нанесение на внутреннюю поверхность трубопровода покрытия жидким материалом двумя торами; б – нанесение на внутреннюю поверхность трубопровода материала покрытия в жидком виде тором и тканевым рукавом; в – перемещение троса, фала или подобного оборудования по трубопроводу; процесс прочистки тором-толкатом; г – процесс нанесения полимерного и/или тканевого покрытия окрашиванием внутренней стенки трубопроводов; д – нанесение на внутреннюю поверхность трубопровода материала покрытия тором под давлением; 1 – тор; 2 – трубопровод; 3 – антикоррозионное покрытие жидкого вида; 4 – образованное защитное покрытие; 5 – несформированное покрытие; 6 –рукав в свернутом состоянии; 7 –рукав в вывернутом состоянии (внутренняя поверхность); 8 – фал, трос или подобное оборудование; 9 – устройство для зацепления; 10 – рабочий орган (например, щётка); 11 – вал в виде барабана с оболочкой из ткани; 12 – емкость с клеящим материалом; 13 –устройство ввода рукавного механизма (торообразного).

Figure 6 – Diagram of use of torus-shaped shells and flexible process hose during trenchless repair of pipelines:

- a – applying the coating material in liquid form on the inner surface of the pipeline using two tori; b – the application of the coating material in liquid form on the inner surface of the pipeline using the Torah and fabric sleeves; moving a cable, halyard, etc. through the pipeline. c – the process of applying a polymer and / or fabric coating by painting the inner wall of pipelines; d – applying a pressure torus coating material to the inner surface of the pipeline; 1-torus; 2-pipeline; 3-liquid anticorrosive coating; 4 – a formed protective coating; 5 – an unformed coating; 6 –a sleeve in a rolled-up state; 7 –a sleeve in an inverted state (internal surface); 8 – a halyard, cable or similar equipment; 9 - a device for engagement; 10 – a working organ (for example, a brush); 11-a shaft in the form of a drum with a cloth shell; 12 – a container with adhesive material; 13 –a device for entering a sleeve mechanism (torus-shaped)

Одной из перспективных технологий бестраншейного ремонта со значительной степенью износа является восстановление трубопровода с применением технологического рукава, пропитанного полимерными составами, и гибких торообразных оболочек [5, 8].

Данный способ позволяет производить ремонтные работы оперативно, с соблюдением прочностных и гидравлических параметров в широком диапазоне степени изношенности восстанавливаемых трубопроводов [3, 7].

Применение оболочек базируется на возможности их использования во многих технологических операциях:

- предварительный контроль технического состояния трубопровода с определением местоположения дефектов и степени заполнения трубопровода продуктами коррозии;
- очистка от отложений на внутренней поверхности трубопровода;
- нанесение жидких защитных покрытий;
- использование тороидальных оболочек в качестве заглаживающего элемента;
- контроля качества наносимых защитных покрытий, что позволяет унифицировать применяемое оборудование и, как следствие, снизить себестоимость ремонтных работ [3].

Проведенный анализ дефектов показал, что наиболее часто встречаются три формы: 1 – близко к круглой форме (свищ); 2 – щель, близкая к прямоугольной форме; 3 – комбинация дефектов: сквозное отверстие с отходящей от него щелью.

Схема опыта: на внутреннюю поверхность стальной трубы, бывшей в эксплуатации в течение 8-10 лет и имеющей вышеперечисленные дефекты, после гидродинамической очистки наносилось защитное антикоррозионное покрытие в виде технологического рукава, пропитанного композицией ХТ-170.

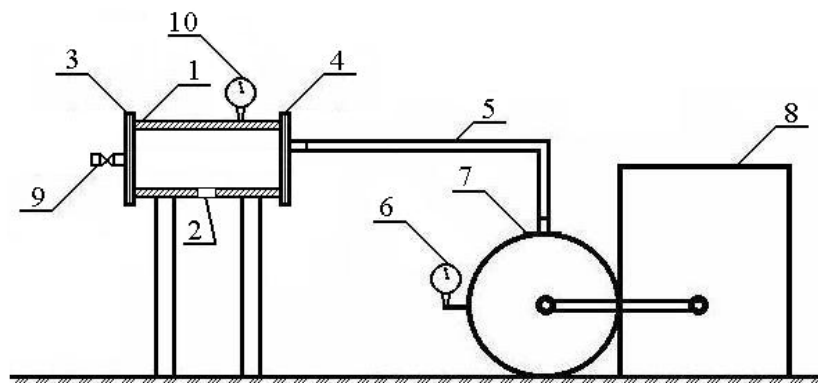


Рисунок 7 – Схема испытательной установки оценки прочности нанесенных защитных покрытий:

- 1 – испытываемый отрезок трубопровода; 2 – искусственно созданный дефект; 3, 4 – концевые заглушки со штуцером каждая; 5 – гибкий трубопровод высокого давления; 6, 10 – манометры; 7 – ресивер; 8 – пневмокомпрессор; 9 – кран для сброса избыточного давления

Figure 7 – Diagram of the test unit for assessing the strength of applied protective coatings:

- 1 – the tested section of the pipeline; 2 – an artificially created defect; 3, 4 – end caps with a fitting each; 5 – a flexible high-pressure pipeline; 6, 10 – pressure gauges; 7 – a receiver; 8 – a pneumatic compressor; 9 – a valve for relieving excess pressure

Для проведения опыта и оценки прочности проверяемых покрытий нами были организованы образцы с перечисленными ранее дефектами с условием 4-х кратной повторяемости. Испытательная установка представляет собой компрессор с ресивером, от которого

поступает по шлангу избыточное давление в испытуемый образец, ограниченный заглушками. Избыточное давление внутри образца фиксируется манометром. Сброс давления после испытания осуществляется через патрубок с краном, установленным на заглушке.

Для определения диапазона нагрузок проведены предварительные теоретические расчеты.

На рисунке 7 представлена схема к методике расчета прочности испытательного образца металлического трубопровода с внутренним покрытием комбинированного типа.

В опыте при создании рабочего давления (P) внутреннее покрытие (оболочка) стремится расширяться. Ввиду того что модуль упругости оболочки значительно больше модуля упругости трубопровода со стороны оболочки на внутреннюю стенку трубопровода подействует возникшее контактное напряжение (P_k). Следовательно, точка (т. В) трубы (U_1), а (т. В) для оболочки получит равное перемещение (U_2) (рисунок 8).

$$U_1 = U_2 \quad (1)$$

Перемещения (U_1) и (U_2) для оболочки защитного покрытия определяем по уравнениям, выведенным из решения задачи Ляме, при действующем давлении изнутри трубопровода (P), давление снаружи (P_k), давление на оболочку защитного покрытия изнутри – (P_k). Уравнения к решению задачи Ляме будут иметь вид:

$$U_1 = \frac{2 \cdot P \cdot c \cdot a^2}{E_T \cdot (c^2 - a^2)} - \frac{P_k \cdot c}{E_T} \cdot \left(\frac{c^2 + a^2}{c^2 - a^2} - \mu_T \right), \quad (2)$$

$$U_2 = \frac{P_k \cdot c}{E_0} \cdot \left(\frac{b^2 + c^2}{b^2 - c^2} + \mu_0 \right), \quad (3)$$

где P – давление жидкости (рабочее) внутри трубопровода; P_k – контактное давление (в месте соприкосновения оболочки с трубой); E_T и E_0 – модули упругости материалов трубы и оболочки соответственно; μ_T и μ_0 – коэффициенты Пуассона материалов трубы и оболочки; c – наружный радиальный размер трубопровода и внутренний радиус оболочки совместно; a – внутренний радиальный размер трубопровода; b – наружный радиальный размер оболочки защитного покрытия.

Производя подстановку уравнений 2 и 3 в равенство 1, получаем выражение определения контактного давления на поверхности соприкосновения комбинированной защитной оболочки с поверхностью трубопровода:

$$P_k = \frac{\frac{2 \cdot P}{E_T} \cdot \frac{a^2}{c^2 - a^2}}{\frac{1}{E_T} \cdot \left(\frac{c^2 + a^2}{c^2 - a^2} - \mu_T \right) + \frac{1}{E_0} \cdot \left(\frac{b^2 + c^2}{b^2 - c^2} + \mu_0 \right)}. \quad (4)$$

Вследствие соблюдения равенств: $a = c - \delta$, и $b = c + \delta_0$ и обозначения толщины стенок – δ_0 трубопровода и защитной оболочки соответственно, подстановки этих величин в выражение 4, учитывая два допущения: $\delta_T^2 \approx 0$, $\delta_0^2 \approx 0$, получаем выражение 5:

$$P_k = \frac{\frac{P}{E_T} \cdot \frac{c - 2 \cdot \delta_T}{\delta_T}}{\frac{1}{E_T} \cdot \left(\frac{c - \delta_T}{\delta_T} - \mu_T \right) + \frac{1}{E_0} \cdot \left(\frac{b^2 + \delta_0}{\delta_0} + \mu_0 \right)}. \quad (5)$$

Далее из выражений 6–8 получим напряжения, действующие в стенках трубопровода и защитной оболочки от давления рабочей жидкости в трубопроводе.

Для материала трубопровода в точке (А) представим выражения 6–8:

$$\sigma_{rA} = -P \quad (6)$$

$$\sigma_{\tau A} = P \cdot \frac{a^2 + c^2}{c^2 - a^2} - 2 \cdot P_{\kappa} \cdot \frac{c^2}{c^2 - a^2}, \quad (7)$$

Или

$$\sigma_{\tau A} = P \cdot \frac{c - \delta_T}{\delta_T} - P_{\kappa} \cdot \frac{c}{\delta_T}, \quad (8)$$

где σ_{rA} – радиальное напряжение в точке (т. А) трубопровода (рисунок 8); $\sigma_{\tau A}$ – тангенциальное (касательное) напряжение в точке (т. А) трубопровода.

Эквивалентное напряжение в точке (т. А) определим из выражения:

$$\sigma_{\text{экв.А}} = \sigma_{\tau A} - \sigma_{rA}.$$

Таким образом, учитывая формулы 7 и 8, получаем напряжения, действующие в стенках трубопровода в точке (т. А):

$$\sigma_{\tau A} = P \cdot \frac{c - \delta_T}{\delta_T} - P_{\kappa} \cdot \frac{c}{\delta_T} \quad (9)$$

Напряжения в стенке трубы в точке (т. В) получаем из выражения 10 преобразованием в уравнение 11:

$$\sigma_{rB_T} = -P_{\kappa}, \quad (10)$$

$$\sigma_{\tau B_T} = P \cdot \frac{2 \cdot a^2}{c^2 - a^2} - P_{\kappa} \cdot \frac{c^2 - a^2}{c^2 + a^2}. \quad (11)$$

Эквивалентное напряжение для материала стенки трубопровода в точке (В) определяем из выражения 12:

$$\sigma_{\text{экв.В}_T} = (P - P_{\kappa}) \cdot \left(\frac{c}{\delta_T} - 1 \right). \quad (12)$$

Тогда напряжение в стенке защитной оболочки в точке (т. В) можно определить из уравнений 13–14:

$$\sigma_{\tau B_0} = -P_{\kappa} \quad (13)$$

$$\sigma_{\tau B_0} = P \cdot \frac{b^2 + c^2}{b^2 - c^2}. \quad (14)$$

Для материала защитной оболочки трубопровода в точке (т. В) определим эквивалентное напряжение из выражения:

$$\sigma_{\text{экв.В}_0} = P_{\kappa} \cdot \left(\frac{c}{\delta_0} + 2 \right) \quad (15)$$

По формулам Ляме определим напряжение в стенке защитной оболочки в точке (т. D):

$$\sigma_{rD_0} = 0, \quad (16)$$

$$\sigma_{\tau D_0} = P_k \cdot \frac{2 \cdot c^2}{b^2 - c^2}. \quad (17)$$

Определим эквивалентное напряжение для материала стенки трубопровода в точке (т. D) выражением 18:

$$\sigma_{\text{экв.}D_0} = P_k \cdot \frac{c}{\delta_0}. \quad (18)$$

В результате целью расчетов является соблюдение выполнения условий: значения допускаемых напряжений σ_T и σ_0 – соответственно материала трубопровода и защитной оболочки должны быть больше эквивалентных напряжений в точках: $\sigma_{\text{экв.}A} \leq [\sigma_T]$ и $\sigma_{\text{экв.}B} \leq [\sigma_0]$.

Эпюра напряжений (тангенциальных и радиальных) показана на рисунке 8.

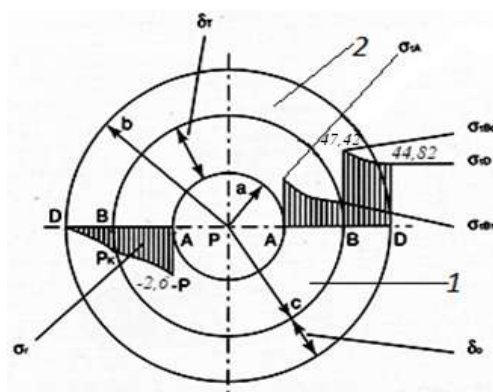


Рисунок 8 – Схема к расчету прочности стальной трубы при комбинированном защитном покрытии с эпюрами тангенциального σ_τ и радиального σ_r напряжений:

- 1 – комбинированное защитное покрытие внутренней стенки трубопровода;
2 – стальной (металлический) трубопровод

Figure 8 – Diagram for calculation of steel pipe strength at combined protective coating with tangential σ_τ and radial stress σ_r :

- 1 – combined protective coating of the inner wall of the pipeline; 2 – steel (metal) pipeline

Таблица 1 – Численные результаты проведенного расчета напряжений в точках

Table 1 – Numerical results of stress calculation at points

Контактное давление P_k , МПа / Contact pressure P_k , МПа	σ_r , МПа / МПа	$\sigma_{\tau A}$, МПа / МПа	$\sigma_{\tau B_0}$, МПа / МПа	$\sigma_{\tau D_0}$, МПа / МПа	$\sigma_{\tau B_1}$, МПа / МПа	$\sigma_{\text{экв.}A}$, МПа / МПа
1,81	- 1,81	4,61	34,05	32,23	4,23	6,43
1,98	-1,98	5,03	37,14	35,16	4,61	7,01
2,14	-2,14	5,45	40,24	38,09	5,00	7,60

Так как условие $\sigma_{\text{экв.}A} \leq [\sigma_T]$ выполняется, то обоснованно получаем вывод об обеспечении необходимой прочности защитного покрытия.

При допущении равенства толщины стенки трубопровода нулю и нагружении защитного покрытия трубопровода равномерным внутренним давлением, значения которого равны от 1,8; до 2,6 МПа с шагом 0,2 МПа, расчетные формулы напряжений будут иметь вид (выражения 19-20):

$$\sigma_r = -\frac{P \cdot a^2}{c^2 - a^2} \cdot \left(\frac{c^2}{r^2} - 1 \right) \quad (19)$$

$$\sigma_\tau = -\frac{P \cdot a^2}{c^2 - a^2} \cdot \left(\frac{c^2}{r^2} + 1 \right) \quad (20)$$

В случае соблюдения условия: $r=a$ достигаются максимальное сжатие (в радиальном направлении) и максимальное растяжение (в окружном направлении) в точках внутренней поверхности трубопровода (уравнения 24-25):

$$\max \sigma_r = -P \quad (21)$$

$$\max \sigma_\tau = P \cdot \frac{c^2 + a^2}{c^2 - a^2} \quad (22)$$

А при $r=c$ в точках наружной поверхности трубы выражения 21–22 будут иметь вид:

$$\sigma_r = 0 \quad (23)$$

$$\sigma_\tau = \frac{2 \cdot P \cdot a^2}{c^2 - a^2} \quad (24)$$

Расчеты, проведенные для вычисления максимальных напряжений, приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Максимальные напряжения в наружной и внутренней частях испытуемого трубопровода

Table 2 – Maximum stresses in external and internal parts of the tested pipeline

Внутреннее давление P, МПа / Internal pressure P, MPa	Напряжения внутренней части трубы, Мпа / Internal pipe stresses, MPa		Напряжения наружной части трубы, МПа / External stress pipe parts, MPa	
	σ_r	σ_τ	σ_r	σ_τ
1,8	- 1,8	32,83	0	31,03
2,0	- 2,0	36,48	0	34,48
2,2	- 2,2	40,13	0	37,92
2,4	- 2,4	43,77	0	41,37
2,6	- 2,6	47,42	0	44,82

Выводы. Рекомендуется использование защитного покрытия в виде технологического рукава, пропитанного композицией ХТ – 170 при реконструкции металлических трубопроводов систем водоснабжения с физическим износом более 70 % по А.С. № 1569542 «Устройство для нанесения жидкости на внутреннюю поверхность трубопроводов».

Библиографический список

1. Веретенникова А. С., Дягелев М. Ю. Основные причины разрушения водоотводящих сетей и пути их устранения // Энергоресурсосбережение в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве и агропромышленном комплексе: материалы регионального научно-практического семинара. 2016. С. 148-151.

2. Гринь В. Г., Сафронова Т. И., Забиранов О. Б. Бестраншейная технология ремонта трубопроводов // Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 12 частях. 2015. С. 41-42.
3. Гринь В. Г. Оптимизация технологии бестраншейного ремонта эксплуатируемых трубопроводов с применением гибких оболочек // Краснодар Наука Кубани. 2018. № 2. С. 76-82.
4. Красных Н. А. Мероприятия по улучшению технического состояния водопроводных систем города Краснодара // Сборник статей XXII международной научно-практической конференции. 2019. С. 62-65.
5. Майдеросова А. С. Использование технологии восстановления инженерных сетей путём нанесения внутренних цементно-песчаных покрытий // Синергия Наук. 2019. № 32. С. 572-579.
6. Сивков В. В., Белова В. А., Панкратова Я. А. Бестраншейный ремонт трубопроводов на примере г. Новороссийска // Взаимодействие науки и общества: проблемы и перспективы: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. 2018. С. 140-142.
7. Степанчук Т. А., Ермак О. В. Бестраншейные способы ремонта изношенных трубопроводов с применением защитных покрытий // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. 2019. С. 14-17.
8. The research development of tubular textile composites application on the trenchless pipeline inversion lining rehabilitation technology / K. Luo [et al.] // Key Engineering Materials. 2015. V. 671. P. 306-314.
9. Trenchless installation, rehabilitation and replacement technologies for natural gas pipelines abroad / H. Lu [et al.] // Natural Gas Industry. 2018. N. 38 (3). P. 110-120.
10. Van Rooyen N., Bolton T. No dig! // Water Sewage and Effluent. 2018. N. 38 (6). P. 18-22.
11. Zanelidin E., Al Khatib O., Ahmed W. Investigating the use of no-dig technologies for underground utilities in developing countries // Innovative Infrastructure Solutions. 2020. № 1. P. 17.

Conclusion. Use of a protective coating in the form of the technological sleeve impregnated with HT composition - 170 is recommended at reconstruction of metal pipelines of water supply systems with physical wear more than 70% on Ampere-second. No. 1569542 "The device for putting liquid on the internal surface of pipelines".

Reference

1. Veretennikova A. S., Dyagelev M. Yu. The main reasons for the destruction of drainage networks and ways to eliminate them // Energy conservation in industry, housing and communal services and the agro-industrial complex: materials of the regional scientific and practical seminar. 2016. P. 148-151.
2. Grin V. G., Safronova T. I., Zabiranov O. B. Bestransheiny pipeline repair technology // Science and education in the life of modern society: a collection of scientific works on the materials of the International Scientific and Practical Conference: in 12 parts. 2015. P. 41-42.
3. Grin V. G. Optimization of the technology of trenchless repair of operated pipelines using flexible shells // Krasnodar Science of the Kuban. 2018. № 2. P. 76-82.
4. Krasnykh N. A. Measures to improve the technical condition of water supply systems in the city of Krasnodar // Collection of articles of the XXII International Scientific and Practical Conference. 2019. P. 62-65.
5. Maiderosova A.S. Using the technology of restoring engineering networks by applying internal cement-sand coatings // Synergy of Sciences. 2019. № 32. P. 572-579.
6. Sivkov V. V., Belova V. A., Pankratova Ya. A. Bestransheyny repair of pipelines on the example of Novorossiysk // Interaction of science and society: problems and prospects: a collection of articles based on the results of the International Scientific and Practical Conference. 2018. P. 140-142.
7. Stepanchuk T. A., Ermak O. V. Bestransheynye methods of repair of worn-out pipelines using protective coatings // SPbPU Science Week: materials of a scientific conference with international participation. 2019. P. 14-17.
8. The research development of tubular textile composites application on the trenchless pipeline inversion lining rehabilitation technology / K. Luo [et al.] // Key Engineering Materials. 2015. V. 671. P. 306-314.

9. Trenchless installation, rehabilitation and replacement technologies for natural gas pipelines abroad / H. Lu [et al.] // Natural Gas Industry. 2018. N. 38 (3). P. 110-120.
10. Van Rooyen N., Bolton T. No dig! // Water Sewage and Effluent. 2018. N. 38 (6). P. 18-22.
11. Zanelidin E., Al Khatib O., Ahmed W. Investigating the use of no-dig technologies for underground utilities in developing countries // Innovative Infrastructure Solutions. 2020. № 1. P. 17.

Authors Information

Grin' Valentin Grigor'evich Kandidat sel'skhozyaistvennyh nauk, professor – Federal'noe gosudarstvennoe byudjetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni I. T. Trubilina» (350044, Krasnodar, Kalinina St., 13), Telefon 8 905 401 69 15; ORCID 0000-0002-0735-7585 **E-mail:** grin_v_g@inbox.ru

Pakhomov Aleksandr 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. tel. +7(906)-175-08-37, **E-mail:** pahomoff.1954@yandex.ru.

Kolobanova Nina Alexandrovna, Associate Professor of the Department «Fire and technosphere safety» 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), Candidate of technical science, associate Professor. tel. +7(917)-831-64-21, **E-mail:** kolobanova.nina@yandex.ru.

Shishkin Aleksandr Sergeevich Starshii prepodavatel' kafedry kompleksnyh sistem vodosnabje-niya – Federal'noe gosudarstvennoe byudjetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Kubanskii gosudarstvennyi ag-rarnyi universitet imeni I. T. Trubilina» (350044, Krasnodar, Kalinina St., 13) Telefon 8 962 878 37 49; ORCID 0000-0003-4258-0106 **E-mail:** schischa@inbox.ru

Сведения об авторах

Гринь Валентин Григорьевич, профессор Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (350044, г Краснодар, ул. Калинина, 13), кандидат сельскохозяйственных наук; Телефон 8 905 401 69 15; ORCID 0000-0002-0735-7585 **E-mail:** grin_v_g@inbox.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.

Колобанова Нина Александровна, доцент кафедры « Пожарная и техносферная безопасность», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат технических наук, доцент, тел. +7(917)-831-64-21, **E-mail:** kolobanova.nina@yandex.ru.

Шишкин Александр Сергеевич, старший преподаватель кафедры комплексных систем водоснабжения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»; (350044, г Краснодар, ул. Калинина, 13); Телефон 8 962 878 37 49; ORCID 0000-0003-4258-0106 **E-mail:** schischa@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-43

FEATURES OF POLLUTION OF SEDIMENTS OF SMALL RIVERS WITH HEAVY METALS AS A RESULT OF VARIOUS ECONOMIC ACTIVITIES

B. I. Korzhenevskiy, G. Yu. Tolkachev, N. V. Kolomiitsev, T. A. Ilina

Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakova», Moscow, Russia

Received 16.03.2021

Submitted 22.06.2021

Summary

The results of studies of small rivers in the Central Region are presented. The influence of pollution of the bottom sediments of these rivers by heavy metals entering the watercourses from enterprises, motor transport flows and other sources is estimated.

Abstract

Introduction. Small rivers are receivers of runoff from floodplain areas and industrial sites, they significantly determine the quality of water bodies-water receivers, so the study of the level of their pollution is one of the most important tasks of environmental monitoring. **Object.** As indicators of pollution and an indicator of technogenic load on the territory, the indices of contamination with trace elements: Pb, Cd, Zn, As, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn of bottom sediments of small rivers, including tributaries of the Klyazma River: Ucha, Vorya, Sherna, Kirzhach, Lipnya, Koloksha, Peksha, Nerl. **Materials and Methods.** A fraction of less than 0.020 mm was used to determine the degree of contamination. At the same time, the content of these heavy metals was determined, and the obtained values were ranked according to the classification of igeo-classes and technogenic pressure. For monitoring, the system of zoning the territory of river basins into four categories developed by the authors was used.

Results and conclusions. The studied rivers are relatively clean with the recommended frequency of observations once every 5-10 years in the already tested places. The composition of the sediments of most small rivers of the Klyazma basin indicates the absence of active sources of heavy metal pollution in their catchment areas. In small rivers polluted by traffic flows, the concentrations of most heavy metals in their sediments do not directly depend on the road class. Near motorways and expressways, there is a slight increase in the concentration of Pb and Cr in the sediments of water bodies.

Key words: *technogenic pressure, sediments, pollution level, heavy metals, sorbing faction, ecological monitoring.*

Citation. Korzhenevskiy B. I., Tolkachev G. Yu., Kolomiitsev N. V., Ilina T. A. Features of pollution of sediments of small rivers with heavy metals as a result of various economic activities. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 415-426 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-43.

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

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

УДК 627.157:002.637(282.247.41)

ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ РЕК ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗЛИЧНОЙ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Б. И. Корженевский, кандидат геолого-минералогических наук

Г. Ю. Толкачев, кандидат географических наук

Н. В. Коломийцев, кандидат геолого-минералогических наук, доцент

Т. А. Ильина, кандидат биологических наук

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

Аннотация. Представлены результаты исследований малых рек Центрального региона. Оценено влияние загрязнения донных отложений этих рек тяжелыми металлами, поступающими в водотоки от предприятий, автотранспортных потоков и других источников.

Актуальность. Малые реки являются приёмниками стока с пойменных территорий и промышленных площадок, они значимо определяют качество водных объектов-водоприемников, поэтому исследование уровня их загрязнения представляется одной из важнейших задач экологического мониторинга. **Объект.** В качестве показателей загрязнения и индикатора техногенной нагрузки на территории рассматриваются индексы загрязнённости микроэлементами: Pb, Cd, Zn, As, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn донных отложений малых рек, в том числе притоков реки Клязьмы: Уча, Воря, Шерна, Киржач, Липня, Колокша, Пекша, Нерль. **Материалы и методы.** Для определения степени загрязнения использовалась фракция менее 0,020 мм. При этом определялось содержание указанных тяжелых металлов, а полученные значения ранжировались по классификации игео-классов и техногенной нагрузки. Для мониторинга использована разработанная авторами система

районирования территории бассейнов рек на участки четырёх категорий. **Результаты и выводы.** Исследованные реки относятся к условно чистым с рекомендуемой периодичностью наблюдений единожды в 5–10 лет в уже опробованных местах. Состав донных отложений большинства малых рек бассейна Клязьмы свидетельствует об отсутствии на их водосборных территориях активных источников загрязнения тяжёлыми металлами. В малых реках, загрязняемых автотранспортными потоками, концентрации большинства тяжёлых металлов в их донных отложениях напрямую не зависят от класса дорог. Вблизи автомагистралей и скоростных дорог наблюдается незначительное увеличение концентрации Pb и Cr в донных отложениях водных объектов.

Ключевые слова: загрязнения малых рек, донные отложения, тяжёлые металлы, сорбирующая фракция, экологический мониторинг.

Цитирование. Корженевский Б. И., Толкачев Г. Ю., Коломийцев Н. В., Ильина Т. А. Особенности загрязнения донных отложений малых рек тяжёлыми металлами в результате различной хозяйственной деятельности. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 415-426. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-43.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Комплексное использование водных объектов требует изучения их экологического состояния и оценки техногенной нагрузки. Практически для всех техногенно развитых территорий в аквальных ландшафтах наблюдается формирование литогеохимических аномалий в донных отложениях (ДО) со следующими характеристиками: тонкодисперсный состав осадков, их повышенная пластичность, наличие частиц техногенного происхождения, маслянистость. ДО вследствие своих высоких сорбционных свойств накапливают весь комплекс загрязняющих веществ (ЗВ) и служат индикатором техногенной нагрузки на водный объект [6]. Вредными для биоты водных объектов являются тяжёлые металлы (ТМ) различных классов опасности: Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn и мышьяк. Вещественный состав ДО позволяет определять наименее благополучные в экологическом отношении участки и корректировать объём гидрохимических и гидробиологических исследований водного объекта. Для изучения процессов загрязнения ДО рассматриваются участки 3-х категорий по природно-техногенным признакам и участки для специальных наблюдений – IV категории [6].

Малые реки являются наиболее многочисленными приёмниками стока городов и сельскохозяйственных территорий, при этом они в значительной степени определяют гидрологический режим и качество вод рек, в которые впадают, поэтому исследование уровня их загрязнения представляется одной из важнейших задач экологического мониторинга. Также, в силу своих малых объёмов и, как следствие, чувствительности к антропогенной нагрузке, малые реки служат хорошим индикатором экологического состояния своих водосборных территорий. Условно чистые малые реки отнесены к участкам III категории, а их роль в загрязнении водных объектов-водоприемников мало значима. Реки с промзонами и городскими агломерациями необходимо относить к участкам II категории, где отмечается масштабная техногенная нагрузка, или к IV категории для проведения специальных исследований. На участках IV категории могут решаться как специальные научно-практические цели, так и более глубокие вопросы изучения отдельных видов загрязнения [5, 7, 9].

Объекты исследования. Рассмотрены малые реки – притоки реки Клязьмы, испытывающие различную техногенную нагрузку: Уча, Воря, Шерна, Киржач, Липня, Колокша, Пекша, Нерль. Также дана оценка влияния автодорог на реки Пахра, Северка

и Нерская – притоки реки Москвы. Определён уровень загрязнения ДО перечисленных рек ТМ: Cd, Cu, Pb, Zn, Cr, Ni, Fe, Mn, а также мышьяком. Экологическое состояние оценивалось вне прямой зависимости от роли предприятий-загрязнителей. Образцы для лабораторных исследований отбирались из 5-10 см ДО, которые характеризуют состояние объекта в послепагодковый период. Из них на нейлоновых ситах выделялась фракция размером менее 0,020 мм, которая, как показали специальные исследования, состояла из гидрослюды, вермикулита, оксидов Fe и Mn, органического вещества и других минералов, которые обладают высокими сорбционными свойствами. Определение концентраций ТМ в исследуемых образцах проводилось методами атомной адсорбции (Cd) и ICP после их разложения в «царской водке» [7].

Для оценки степени загрязнения ДО ТМ использовалась классификация по «индексу геоаккумуляции» [11], показывающему уровень загрязнённости ДО относительно природного фона во фракциях менее 0,020 мм. Эта классификация нашла широкое применение в мире [5, 10]. На её основе была предложена методика оценки техногенной нагрузки на водные экосистемы [7], которая позволяет оценивать уровень экологического статуса водных объектов.

Результаты и обсуждение. Содержание ТМ в ДО притоков Клязьмы и оценка техногенной нагрузки в игео-классах приведены в таблице 1.

Река Уча практически целиком протекает по городской и пригородной территории, в том числе по соседству и под автотрассами – однако в её ДО только содержание Zn и Mn соответствует умеренно загрязнённому классу, As и Pb – 1-2. Концентрация Cu соответствует 1 классу (незагрязнённый до умеренно загрязнённого), концентрации остальных элементов не превышает 0-го (незагрязнённого) либо фоновую уровня. Р. Воря, как и большинство нижележащих притоков Клязьмы, протекает по гораздо менее населённой местности, в её ДО концентрации искомых элементов не превышают 1 класса. ДО р. Шерны в нижнем течении – в районе г. Ногинска – загрязнены на уровне 2 класса Fe, Mn и As, а также характеризуются фоновыми значениями для Cr и Cu. В ДО р. Киржач на выходе из одноимённого города только содержание Fe и Mn соответствует 1 классу. В притоках Клязьмы – Липне и Колокше – содержание ТМ в ДО близко к геохимическому фону, только Mn и As в ДО низовьях Колокши, и As в устье Липни достигают 1 класса. Подобная картина наблюдается в устье Нерли, где содержание Mn соответствует 2 игео-классу (умеренной нагрузке), а Fe и Zn – 1, остальные элементы не превышают фоновых значений, несмотря на соседство посёлка Боголюбово, а также авто- и ж/д моста. Из полученных результатов следует, что вышеперечисленные малые реки в слабой степени подвержены техногенной нагрузке и не оказывают негативного влияния на р. Клязьму, также в качестве индикатора загрязнения тяжёлыми металлами свидетельствуют об удовлетворительном состоянии их водосборной территории. С точки зрения организации мониторинга данные объекты соответствуют III категории с периодическими наблюдениями в уже опробованных точках.

Отдельного рассмотрения заслуживает река Пекша, в верховьях которой расположен город Кольчугино с населением более 40 тыс. чел. и с достаточно развитой промышленностью. Общая площадь водосборного бассейна Пекши – около 1000 км². В 1977 году на реке была построена плотина и создано Кольчугинское водохранилище. Промышленность Кольчугино представлена заводами: по обработке цветных металлов, по выпуску кабельно-проводниковой продукции, по выпуску электротехнического оборудования, по выпуску железобетонных изделий. Также через г. Кольчугино проходит железнодорожная ветка от г. Александров до г. Кинешма, интенсивное автомобильное движение. Таким образом, Кольчугино является основным и весьма серьёзным источником техногенной нагрузки на р. Пекша. Русло Пекши весьма извилисто и

протекает преимущественно по малонаселённой местности и в удалении от промышленных предприятий, что предполагает снижение загрязнения ДО по мере удаления от города Кольчугино. Результаты исследований – значения концентраций микроэлементов с показателями уровня загрязнения – приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Содержание ТМ в ДО притоков р. Клязьмы
(числитель – значения в мкг/кг, знаменатель – игео-классы)

Table 1 – Heavy metal content in the sediments of the Klyazma River tributaries
(numerator – values in mcg / kg, denominator – igeo-classes)

Объект / Object	Место отбора проб / Sample point	Fe, %	Mn, %	As, мг/кг / mg/kg	Cd, мг/кг / mg/kg	Pb, мг/кг / mg/kg	Zn, мг/кг / mg/kg	Cr, мг/кг / mg/kg	Cu, мг/кг / mg/kg	Ni, мг/кг / mg/kg
р. Уча / River Ucha	T21, Староярославское шоссе д.43, левый берег, пешеходный мост / Staroyaroslavskoe highway, 43, left bank, pedestrian bridge	6,5/0	0,473/2	24/1	0,87/1	65/2	513/2	92/0	112/1	54/0
р. Уча / River Ucha	T22, выше г. Щелково, левый берег, СНТ «Уча» / above Shchelkovo town, left bank, SNT "Ucha»	9,7/1	0,5/2	40/2	1,26/2	48/1	396/2	118/0	95/1	71/0
р. Воря / River Vorya	T03, северо-восток от г. Щелково, р-н пос. Юность, левый берег / north-east of Shchelkovo, village district. "Youth", left bank	11,3/1	0,226/1	33/1	0,78/1	30/1	180/1	65/0	69/1	44/0
р.Шерна / River Sher- na	T12, трасса на г. Владимир, устье, левый берег / highway to Vladimir, highway to Vladimir, mouth, left bank, left bank	16,8/2	0,355/2	52/2	<0,4/0	24/0	60/0	44/0	29/0	74/0
р. Киржач / River Kir- zhach	T26, левый берег, г. Киржач (п.Красный Октябрь) / left bank, Kirzhach (Krasny Oktyabr settlement)	7,7/1	0,137/1	16/0	-	17/0	118/0	103/0	49/0	<20/0
р. Колокша / River Ko- loksha	T41, левый берег под мостом Горьковского шоссе / left bank under the Gorky highway bridge	6,5/0	0,188/1	22/1	-	13/0	108/0	101/0	38/0	25/0
р. Нерль / River Nerl	T37, правый берег, мост Горьков- ской трассы, ниже по течению п. Боголюбово / right bank, Gor- kovskaya highway bridge, down- stream of Bogolyubovo settlement	9,3/1	0,392/2	33/1	-	9/0	66/0	69/0	33/0	34/0

Наименьший уровень загрязнения ДО закономерно отмечен на выходе р. Пекша из Кольчугинского водохранилища, поскольку источники загрязнения и промышленные площадки находятся ниже по течению, а ДО самого водохранилища представлены песчаными фракциями. Большинство элементов находится в пределах фонового уровня, либо от незагрязнённого до умеренно загрязнённого класса со слабой техногенной нагрузкой. Исключение составляет Zn, соответствующий умеренно загрязнённому уровню и умеренно опасной нагрузке – предположительно в связи с достаточно интенсивным автомобильным движением и близрасположенными неконтролируемыми источниками загрязнения. Ниже

города уровни загрязнения практически всех элементов и, следовательно, техногенная нагрузка, существенно повышаются. Содержание Zn доходит до сильно загрязнённого и соответствует опасной техногенной нагрузке, Cd и Cu соответствуют среднезагрязнённому уровню и умеренной нагрузке, Pb – умеренно загрязнённому уровню. Концентрации остальных элементов в ДО варьируются от фонового до умеренно загрязнённого уровня и не представляют опасности. Ниже по течению в 10 км у д. Лаврениха, в районе областной автотрассы, уровни Zn, Cd, Cu, Pb снижаются каждый на один класс, при этом содержание Fe и Mn незначительно повышается и соответствует от незагрязнённого до умеренно загрязнённого уровня до самого устья.

Таблица 2 – Концентрации микроэлементов в ДО р. Пекша в 2019 г.
(числитель – значения в мкг/кг, знаменатель – значения и гео-классов)

Table 2 – Concentrations of trace elements in the sediments of the River Peksha in 2019.
Numerator – values in mg/kg, denominator – values of igeo-classes

№ обр / No	Место отбора проб / Sample point	Fe, %	Mn, %	As, мг/кг / mg/kg	Cd, мг/кг, mg/kg	Pb, мг/кг, mg/kg	Zn, мг/кг, mg/kg	Cr, мг/кг, mg/kg	Cu, мг/кг, mg/kg	Ni, мг/кг, mg/kg
T46	Правый берег, выше 3-да Кольчугино» у бывшего водозабора / Right Bank, above factory Kolchugino " at the former water intake	5,79/0	0,07/ 0	12,6/ 0	0,89/1	41,75/1	393,4/2	101,9/0	54,39/0	65,74/ 0
T48	Правый берег, ниже моста у дер. Лаврениха / Right Bank, below the bridge at the settlement of Lavrenikha	8,96/1	0,13/1	13,71/0	1,24/2	46,38/1	1160/3	62,45/1	102/1	97,4/0
T60	Правый берег у моста автодороги на п. Караваево / The right bank at the bridge of the highway on the village of Karavaevo	7,26/1	0,1/0	11,84/0	0,88/1	34,57/1	421,1/2	86,5/0	58,7/0	69,45/0
T61	Левый берег выше моста автодороги на п. Анкудиново / Left bank above the road bridge on the village of Ankudinovo	10,3/1	0,15/1	11,35/0	0,93/1-2	31,09/0-1	485/2	48,57/0	61,05/0	73,89/0
T59	Левый берег, мост на Черкасово (примерно 4 км от трассы Владимир-Москва), 30 м ниже местного моста / Left Bank, bridge on Cherkasovo (about 4 km from the Vladimir-Moscow highway), 30 m below the local bridge	10,7/1	0,14/1	10,98/0	0,81/1	26,32/0	285,6/ 1-2	70,75/0	46,55/0	64,84/0
T32	Правый берег, 40 м выше моста на Горьковском шоссе / Right Bank, 40 m above the bridge on the Gorky highway	8,5/1	0,16/1	16/0	-	14/0	282/1	78/0	180/2	24/0

Вниз по течению от д. Лаврениха до впадения в р. Клязьма русло Пекши отличается извилистостью и пролегает по малозаселённым местам, увеличивается площадь отложений, благодаря чему уровни загрязнения ДО всех остальных элементов постепенно снижаются, в устье можно говорить об отсутствии техногенной нагрузки – за исключением Cu. Уровень загрязнения медью соответствует умеренно загрязненному и умеренно опасной техногенной нагрузке, что может быть объяснено, помимо внешнего

поступления, поступлением органического вещества в ДО в сочетании с близостью посёлка Пекша и автотрассы [4], что не отменяет целесообразности снижения антропогенной нагрузки в районе г. Кольчугино и более тщательного контроля за сбросом с контролируемых и особенно неконтролируемых источников загрязнения.

Таким образом, отмечена средняя техногенная нагрузка, и как следствие отрицательное влияние со стороны г. Кольчугино на реку Пекшу, при этом сама Пекша не привносит загрязнения тяжёлыми металлами в реку Клязьму. В ДО самой Клязьмы ниже впадения Пекши отмечен средний уровень загрязнения [4], что подтверждает вышеизложенный вывод. Иными словами, Пекша является приёмником ЗВ г. Кольчугино с «хвостом» загрязнений порядка 10 км и самоочищается в районе нижележащих деревень. С точки зрения мониторинга Пекшу целесообразно отнести к III категории, с участком IV категории на выходе из г. Кольчугино.

Наряду с техногенной нагрузкой от городов и промышленных площадок, общепризнанным источником загрязнения окружающей среды являются автотранспортные средства. Основными загрязнителями в сточных водах с автомобильной дороги являются взвешенные вещества, нефтепродукты и тяжелые металлы (Zn, Cd, Pb, Mo, Ni, Cu, Cr и V) [9]. Для малых рек автотранспортные потоки могут оказывать значительное влияние как источник ТМ. Вне крупных промышленных предприятий и густонаселённых городов автотранспорт является одним из основных источников диффузного загрязнения ДО водотоков и водоёмов [1]. Качество воды в таких объектах немаловажно, т.к. на их берегах часто располагаются различные зоны отдыха. Количество автомобильного транспорта в России на начало 2019 года, по данным ООО «Автостат Инфо», выросло на 60 %, а дорожная сеть практически не расширялась; увеличилась транспортная нагрузка на ландшафты более чем в 2 раза за 20 лет [2].

Современные исследования влияния автотранспортных потоков посвящены определению зависимостей загрязнения придорожных почв и растительности [8], способам более эффективной очистки стоков с дорог, но исследования по определению связи загрязнения малых рек с параметрами автотранспортных потоков практически не проводятся. Для оценки загрязнения рек используется методика, изложенная в «Рекомендациях по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов» [5]. Она учитывает только поверхностный сток с автостовов в зависимости от категории дороги, а другие факторы не учитываются. Источники загрязнения водных объектов автотранспортом следующие: денудационные продукты автомобильной дороги, продукты износа шин, продукты износа фрикционных накладок тормозных колодок и сцепления, продукты коррозии, отработанные масла, капли топлива, щелочи, антифриза, твердые частицы отработавших газов двигателя автомобиля, антигололёдные реагенты, потери грузов, перевозимых транспортом, разлив нефтепродуктов в результате ДТП [12]. Количество и концентрации вредных веществ [12], поступающих от этих источников в реки, зависят от интенсивности движения автотранспорта, скоростей движения транспортных средств, их массы, габаритов и типов, класса дороги (ее конструктивных параметров) [3], покрытия, погоднo-климатических условий.

При высокой интенсивности движения автомобильного транспорта концентрации загрязнителей на придорожных территориях часто превышают допустимые санитарно-гигиенические нормы: химический анализ снежной массы, взятой с обочин дорог в Москве, показал, что концентрации превышают допустимые по нефтепродуктам – в 486-125 раз, по железу – в 88 раз, по меди – в 260-290 раз, по цинку – в 180-265 раз, по кадмию – в 6-10 раз, никелю и свинцу – в 2-5 раз [12].

При активном вождении, при постоянных торможениях и разгонах происходит повышение загрязнения придорожного воздуха газами и твердыми частицами минимум на треть. Из-за истирания шин загрязнение придорожной территории резиновой пылью

в России достигает 50 тыс. т/год [2]. Также существенными факторами загрязнения ДО водных объектов вблизи мостов являются природно-климатические условия территории. Атмосферные осадки определяют смыв загрязнителей на придорожные территории, в то же время выпадение осадков снижает концентрацию вредных веществ в воздухе, осаждавая вредные примеси на поверхность.

По результатам обследований в 2018-2019 гг. отмечены основные изменения загрязнения ДО малых рек в Московской области. Они проводились на участках автомобильных дорог, пересекающих малые водные объекты, где прочие воздействия не фиксируются [7]. Примеры загрязнения ДО водных объектов в Московской области приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Концентрация ТМ (мг/кг) во фракции <0,020 мм ДО р. Северки при пересечении с Каширским шоссе [5]

Table 3 – Concentration of heavy metals (mg/kg) in the fraction <0.020 mm in sediment of the River Severka at the intersection with the Kashirsk highway [5]

№ пп / No	Место отбора проб / Sample points	Cd	Pb	Zn	Cu
1с	30 м выше моста / 30 m above the bridge	0,450	29,10	172,55	35,25
2с	5 м выше моста / 5 m above the bridge	0,425	16,45	126,05	34,75
3с	10 м ниже моста / 10 m below the bridge	0,599	27,92	179,60	41,06
4с	50 м ниже моста / 50 m below the bridge	0,550	20,67	182,95	70,23
5с	150 м ниже моста / 150 m below the bridge	0,499	19,27	170,25	48,21
6с	300 м ниже моста / 300 m below the bridge	0,450	17,61	140,40	45,35
Фоновые значения / Background values [13]		0,300	20,00	95,00	45,00

Приведенные в таблице 3 данные показывают, что вблизи автомагистрали формируется зона с повышенным содержанием ТМ в ДО малой реки. Её ДО умеренно загрязнены кадмием и цинком. Пункты для дополнительных исследований выбирались на участках пересечения с автомагистралями малых рек, вблизи которых отсутствовали значимые источники поступления ТМ в ДО. Это позволяет корректно оценивать роль автотранспортной нагрузки и её участие в загрязнении водных объектов. Пробы ДО отбирались на реках Нерской, Пахре и Северке в местах их пересечения с различными дорогами: Егорьевское шоссе, Симферопольское шоссе, Каширское шоссе, Домодедовское шоссе, А108, Рязанское шоссе и дорогами обычного типа. Был произведен их анализ на содержание ТМ, изменение концентрации ТМ в ДО этих рек представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Изменение концентрации ТМ в ДО притоков реки Москвы

Table 4 – Changes in the concentration of the heavy metals in the tributaries of the Moscow River

Река / River	Класс автомобильной дороги / Road class [5]	Категория автомобильной дороги / Road category [5]	Pb	Cd	Cr	Zn	Cu	Ni
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пахра / Pakhra	Автомагистраль / Highway	IA (IA)	+	+	+	-	+	+
Пахра / Pakhra	Дорога обычного типа / local road	III	-	-	+	-	-	-
Пахра/ Pakhra	Автомагистраль / Highway	IA (IA)	+	-	+	-	-	-
Пахра/ Pakhra	Автомагистраль / Highway	IA (IA)	+	+	+	-	+	+
Пахра / Pakhra	Дорога обычного типа / local road	III	-	-	+	-	+	-

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Северка / Severka	Автомостраль / Highway	IA (IA)	+	+	-	-	-	-
Северка / Severka	Скоростная дорога Expressway	IB (IB)	+	+	+	+	+	+
Северка / Severka	Скоростная дорога / Expressway	IB (IB)	-	+	+	-	-	-
Северка / Severka	Дорога обычного типа / local road	III	-	+	+	-	+	-
Нерская / Nerskaya	Скоростная дорога / Expressway	IB (IB)	-	+	+	+	+	+
Нерская / Nerskaya	Дорога обычного типа / local road	III	-	+	+	-	+	+
Нерская / Nerskaya	Дорога обычного типа / local road	III	+	-	-	+	-	+
Нерская / Nerskaya	Дорога обычного типа / local road	III	-	+	+	-	-	-

Примечание: «+» - увеличение, «-» - снижение концентрации / Note: "+" - increase, "-" - decrease in concentration

На основании полученных данных можно отметить, что в XXI веке на скоростных дорогах автотранспортное воздействие на малые реки существенно увеличилось. На дорогах обычного типа также отмечено увеличение содержания ТМ в ДО водных объектов, что даёт основание отнести участки вышеперечисленных рек к участкам IV категории мониторинга, т.е. участкам специальных наблюдений.

Выводы:

1. Главным источником загрязнения р. Пекши является г. Кольчугино, техногенная нагрузка ниже города по Zn доходит до опасной, по Cd, Cu по Pb – до умеренной. По мере удаления от города к устью уровни загрязнения снижаются практически до их отсутствия – р. Пекша самоочищается благодаря отсутствию активных источников загрязнения.

2. Малые реки Уча, Воря, Шерна, Киржач, Липня, Колокша, Нерль в слабой степени подвержены техногенной нагрузке и не оказывают негативного влияния на р. Клязьму, их состояние свидетельствует об отсутствии на их водосборных территориях активных источников загрязнения ТМ.

3. Сопоставление с загрязнением ДО р. Клязьма в месте впадения её перечисленных притоков указывает на отсутствие привноса загрязняющих веществ, поскольку уровень загрязнения Клязьмы значительно выше; напротив, впадение незагрязнённой водной массы способствует самоочищению Клязьмы.

4. Вблизи автомагистралей и скоростных дорог наблюдается увеличение концентрации Pb в ДО водных объектов. Концентрации остальных ТМ в ДО не имеют корреляции с классом дороги и интенсивностью её использования. Отмечается для дорог почти всех классов увеличение концентрации хрома в ДО.

5. С точки зрения организации экологического мониторинга реку Пекша и остальные опробованные притоки реки Клязьмы следует относить к условно чистым малым рекам, где достаточен повтор наблюдений не более одного – двух раз за 10 лет в уже опробованных местах. Малые реки, такие как Северка, Пахра, Нерская, следует относить к участкам спецнаблюдений с повтором один раз в два года или по мере решения экологических проблем.

Библиографический список

1. Веницианов Е. В., Кирпичникова Н. В., Тиунов А. А. Расчет распространения загрязнений в Клязьминском водохранилище от береговых источников диффузного характера // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2019. № 5. С. 64-79.
2. Динамика основных показателей работы транспорта по данным ООО «АвтостатИнфо». <https://www.autostat.ru/infographics/20172/>.
3. Классификация и категория автомобильных дорог. <https://rosavtodor.gov.ru/about/upravlenie-fda/upravlenie-zemelno-imushchestvennykh-otnosheniy/edinyy-gosudarstvennyy-reestr-avtomobilnykh-dorog/14694>.
4. Корженевский Б. И., Толкачев Г. Ю., Коломийцев Н. В. Загрязнение донных отложений Клязьмы тяжёлыми металлами // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2019. № 4 (160). С. 79-84.
5. Мониторинг загрязнения автотранспортом малых рек Московской области тяжёлыми металлами / Б. И. Корженевский, Н. В. Коломийцев, Т. А. Ильина, Н. О. Гетьман // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 4 (208). С. 24-29.
6. Основные принципы мониторинга загрязнения большой реки (на примере бассейна реки Волги) / Б. И. Корженевский, Г. Ю. Толкачев, Т. А. Ильина, Н. В. Коломийцев // СтройМного. 2017. № 2 (7). С. 1/7-7/7.
7. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязнённости донных отложений / Н. В. Коломийцев, Б. И. Корженевский, Т. А. Ильина, Е. Н. Гетьман // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 6. С. 15-19.
8. Подольский В. П., Рябова О. В. Структурно-параметрическое моделирование процессов распространения загрязняющих веществ в пространстве придорожной полосы // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2012. № 1 (25). С. 125-133.
9. Толкачев Г. Ю. Донные отложения как индикатор загрязнения водохранилища и его бассейна // Уральский научный вестник. 2014. № 4. С. 11-15.
10. Determining soil quality in urban agricultural regions by soil enzyme-based index / A. D. Igalavthana [et al.] // Environmental Geochemistry and Health. V. 39. No 6. 2017. P. 1531-1544.
11. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins - Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79. 1979. H. 24. P. 778-783.
12. Traffic flows modelling and evaluation of energy-ecological parameters. Part II / V. N. Lukanin [et al.] // International Journal of Vehicle Design. 2003. V. 33. No 4. P. 400-421.
13. Wedepohl H. K. The composition of the continental crust // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1995. V. 59. No. 7. P. 1217-1232.

Conclusions:

1. The main source of pollution of the Peksha River is the city of Kolchugino, the technogenic load below the city on Zn reaches dangerous, on Cd, Cu on Pb – to moderate. As we move away from the city to the river mouth, the pollution levels decrease almost to their absence – the Peksha River is self-cleaned due to the absence of active sources of contamination.
2. The small rivers Ucha, Vorya, Sherna, Kirzhach, Lipnya, Koloksha, Nerl are subject to a weak degree of technogenic load and do not have a negative impact on the Klyazma River, their condition indicates the absence of active sources by heavy metal pollution in their catchment areas.
3. A comparison with the pollution of the Klyazma River at the confluence of its listed tributaries indicates the absence of the introduction of pollutants, since the level of pollution of the Klyazma is much higher; on the contrary, the confluence of the uncontaminated water mass contributes to the self-purification of the Klyazma.
4. Near motorways and expressways, there is an increase in the concentration of Pb in the sediments of water bodies. The concentrations of the remaining heavy metals in the sediments have no correlation with the class of the road and the intensity of its use. There are increasing in the concentration of chromium in the sediments for almost all classes of roads.

5. From the point of view of the organization of environmental monitoring, the Peksha River and the rest of the tested tributaries of the Klyazma River should be attributed to conditionally clean small rivers, where it is sufficient to repeat observations no more than once or twice in 10 years in already tested places. Small rivers, such as the Severka, Pakhra, and Nerskaya, should be referred to special observation sites with a repeat once every two years or as environmental problems are resolved.

References

1. Venitsianov E. V., Kirpichnikova N. V., Tiunov A. A. Calculation of the distribution of pollution in the Klyazma reservoir from coastal sources of diffuse nature // *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*. 2019. No. 5. Pp. 64-79.
2. Dynamics of the main transport performance indicators according to the data of "Avto-statinfo Ltd." <https://www.autostat.ru/infographics/20172/>.
3. Classification and category of highways. <https://rosavtodor.gov.ru/about/upravlenie-fda/upravlenie-zemelno-imushchestvennykh-otnosheniy/edinyy-gosudarstvennyy-reestr-avtomobilnykh-dorog/14694>.
4. Korzhenevskiy B. I., Tolkachev G. Yu., Kolomiitsev N. V. Pollution of the sediments of the Klyazma with heavy metals // *Use and protection of natural resources in Russia*. 2019. No. 4 (160). Pp. 79-84.
5. Monitoring of heavy metals pollution by motor transport of small rivers of the Moscow region / B. I. Korzhenevskiy, N. V. Kolomiitsev, T. A. Ilina, N. O. Getman // *Life safety*. 2018. No. 4 (208). Pp. 24-29.
6. Basic principles of monitoring of pollution of the big river (on the example of the Volga river basin) / B. I. Korzhenevskiy, G. Yu. Tolkachev, T. A. Ilina, N. V. Kolomiitsev // *Story Mnogo*. 2017. No. 2 (7). Pp. 1/7-7/7.
7. Assessment of technogenic load on water objects by pollution of bottom sediments / N. V. Kolomiitsev, B. I. Korzhenevskiy, T. A. Ilina, E. N. Getman // *Melioration and Water Management*. 2015. No. 6. Pp. 15-19.
8. Podolsky V. P., Ryabova O. V. Structural-parametric modeling of the processes of distribution of pollutants in the space of a roadside lane // *Scientific bulletin of the Voronezh state university of architecture and civil engineering. Construction and architecture*. 2012. No. 1 (25). Pp. 125-133.
9. Tolkachev G. Yu. Sediments as an indicator of pollution of the reservoir and its basin // *Ural Scientific Bulletin*. 2014. No. 4. Pp. 11-15.
10. Determining soil quality in urban agricultural regions by soil enzyme-based index / A. D. Igalavthana [et al.] // *Environmental Geochemistry and Health*. V. 39. No 6. 2017. Pp. 1531-1544.
11. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins - Veraenderungen seit 1971 // *Umschau* 79. 1979. H. 24. P. 778-783.
12. Traffic flows modelling and evaluation of energy-ecological parameters. Part II / V. N. Lukanin [et al.] // *International Journal of Vehicle Design*. 2003. V. 33. No 4. P. 400-421.
13. Wedepohl H. K. The composition of the continental crust // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1995. V. 59. No. 7. P. 1217-1232.

Authors Information

Korzhenevskiy Boris Igorevich, DSc, Senior Scientist, All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation; 44/2, Bolshaya Akademicheskaya str., Moscow, 127434, Russia. E-mail: 542609@list.ru. ORCID 0000-0001-7663-9677. ScopusID 57195526993

Tolkachev Gleb Yurievich, DSc, Senior Scientist All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation; 44/2, Bolshaya Akademicheskaya str., Moscow, 127434, Russia. E-mail: k-26@yandex.ru. ORCID 0000-0001-6983-7106

Kolomiitsev Nikolay Vladimirovich, DSc, Scientific secretary, All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation; 44/2, Bolshaya Akademicheskaya str., Moscow, 127434, Russia. E-mail: kolomiitsev@vniigim.ru. ORCID 0000-0001-8169-7644. ScopusID 6505900441

Ilina Tamara Andreevna, DSc, Senior Scientist All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation; 44/2, Bolshaya Akademicheskaya str., Moscow, 127434, Russia. E-mail: ristolanin@mail.ru

Информация об авторах

Корженевский Борис Игоревич, старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», (127434, Россия, Москва, ул. Большая Академическая, 44, корп. 2), кандидат геолого-минералогических наук. Тел.: +7(965)302-14-99, E-mail: 542609@list.ru. ORCID 0000-0001-7663-9677. ScopusID 57195526993

Толкачев Глеб Юрьевич, старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», (127434, Россия, Москва, ул. Большая Академическая, 44, корп. 2), кандидат географических наук. Тел.: +7(916)972-94-12, E-mail: k-26@yandex.ru. ORCID 0000-0001-6983-7106

Коломийцев Николай Владимирович, ученый секретарь ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», (127434, Россия, Москва, ул. Большая Академическая, 44, корп. 2), кандидат геолого-минералогических наук. Тел.: +7(977)174-97-17, E-mail: kolomiytsev@vniigim.ru. ORCID 0000-0001-8169-7644. ScopusID 6505900441

Ильина Тамара Андреевна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», (127434, Россия, Москва, ул. Большая Академическая, 44, корп. 2), кандидат биологических наук. E-mail: ristolanin@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-44

SEASONAL AND LONG-TERM FEATURES OF SURFACE TEMPERATURE IN THE CITIES OF THE DRY ZONE

(on the example of cities in the south-east
of the European part of Russia and Western Kazakhstan)

O.Yu. Kosheleva¹, S.S. Shinkarenko^{1,2}, O.A. Gordienko¹,
R.S. Omarov⁴, A.A. Dubacheva³

¹*Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia*

²*Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

³*Volgograd State University, Volgograd, Russia*

⁴*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

Received 03.06.2021

Submitted 05.08.2021

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. 19-45-343001 using the infrastructure of the Collective Use Center "ICI-Monitoring" [9] and the capabilities of the Vega information service [2].

Summary

The article presents the results of comparing seasonal and long-term (20-year period) features of the earth's surface temperature in the cities of the arid zone of Russia and Kazakhstan to obtain information about the influence of natural meteorological factors and anthropogenic conditions, such as the degree of sealing and greening on the formation of the "urban heat island" effect on a regional scale.

Abstract

Introduction. The artificial anthropogenic environment of modern cities greatly changes the surface temperature in comparison with natural landscapes. The presence of a large amount of spatial information allows you to compare different cities with each other, to investigate how strongly anthropogenic factors, in particular, the degree of sealing of the surface, affect the long-term course of temperature. **Object.** The research area is a region at the junction of the south-east of the European part of Russia and north-west Kazakhstan, located between 43° and 51° north latitude, 44° and 51° east longitude. In this area, 8 cities are selected – Saratov, Volgograd, Elista, Astrakhan, Makhachkala, Uralsk, Atyrau, Aktau. **Materials and methods.** The study is based on arrays of statistically processed data on the day and night temperatures of the earth's surface, obtained by the MODIS radiometer for the period from 2000 to 2020. Data on the degree of sealing and greening of urban areas were obtained during

the decoding of Sentinel-2 satellite images. **Results and conclusion.** The classification of land use types based on Sentinel-2 satellite images revealed similarities and differences in the studied cities in terms of such indicators as the proportion of green and sealed surfaces, water bodies and agricultural land. The analysis showed a high proportion of sealed surfaces (six cities out of eight have this indicator over 30%). The group of the studied cities is carried out according to the features of the seasonal and long-term course of the daily maximum temperature. The latitudinal dependence of the nighttime temperature maxima, which increase when moving from north to south, is established. A comparison of the nighttime maxima of surface temperature with the degree of sealing of cities allowed us to conclude that the level of sealing in 40% and above is critical and contributes to the strengthening of the "heat island" over the city at night. It is revealed that as we move deeper into the continent, the uncertainty in predicting the date of the maximum daily surface temperature of cities increases.

Key words: earth surface temperature, MODIS, Terra, Aqua, urban heat island, underlying surface, soil sealing, landscaping, Astrakhan, Aktau, Atyrau, Volgograd, Makhachkala, Saratov, Uralsk, Elista.

Citation. Kosheleva O.Yu., Shinkarenko S.S., Gordienko O.A., Omarov R.S., Dubacheva A.A. Seasonal and long-term features of surface temperature in the cities of the dry zone (on the example of cities in the south-east of the European part of Russia and Western Kazakhstan). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 426-439. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-44.

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

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

УДК 551.588.7(528.873.041.3)

СЕЗОННЫЕ И МНОГОЛЕТНИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ В ГОРОДАХ ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЫ (на примере городов юго-востока европейской части России и Западного Казахстана)

О. Ю. Кошелева¹, кандидат сельскохозяйственных наук
С. С. Шинкаренко^{1,2}, кандидат сельскохозяйственных наук
О. А. Гордиенко¹, младший научный сотрудник
Р. С. Омаров⁴, аспирант
А. А. Дубачева³

¹Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения РАН, г. Волгоград

²Институт космических исследований РАН, г. Москва

³Волгоградский государственный университет, г. Волгоград

⁴Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

Дата поступления в редакцию 03.06.2021

Дата принятия к печати 05.08.2021

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках проекта № 19-45-343001 (для территории Волгограда), а также в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН (остальные города) с использованием инфраструктуры Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» [9] и возможностей информационного сервиса Вега [2]

Актуальность. В статье представлены результаты сравнения сезонных и многолетних (20-летний период) особенностей температуры земной поверхности в городах засушливой зоны России и Казахстана для получения информации о влиянии естественных метеорологических факторов и антропогенных условий, таких как степень запечатанности и озеленение, на формирование эффекта «городского острова тепла» в региональном масштабе. **Объекты.** Территория исследования – регион на стыке юго-востока европейской части России и северо-западного Казахстана, расположенный между 43° и 51° с.ш., 44° и 51° в.д. На данной территории выбраны 8

городов: Саратов, Волгоград, Элиста, Астрахань, Махачкала, Уральск, Атырау, Актау. **Материалы и методы.** Исследование основано на массивах статистически обработанных данных о дневных и ночных температурах земной поверхности, полученных радиометром MODIS за период с 2000 по 2020 год. Данные о степени запечатанности и озеленения городских территорий получены в ходе дешифрирования космических снимков Sentinel-2. **Результаты и выводы.** В ходе классификации типов использования земель по космическим снимкам Sentinel-2 выявлены сходство и различие изучаемых городов по таким показателям, как доля озелененных и запечатанных поверхностей, водных объектов и сельскохозяйственных угодий. Анализ показал высокую долю запечатанных поверхностей (шесть городов из восьми имеют данный показатель свыше 30 %). Проведена группировка изучаемых городов по особенностям сезонного и многолетнего хода дневного максимума температур. Установлена широтная зависимость ночных максимумов температуры, которые увеличиваются при движении с севера на юг. Сопоставление ночных максимумов температуры поверхности со степенью запечатанности городов позволило сделать вывод о том, что уровень запечатанности в 40 % и выше является критическим и способствует усилению «теплового острова» над городом в ночное время. Выявлен факт того, что по мере продвижения в глубь континента увеличивается неопределенность в прогнозировании даты наступления максимальной дневной температуры поверхности городов.

Ключевые слова: температура поверхности, MODIS, Terra, Aqua, городской остров тепла, подстилающая поверхность, запечатанность почв, озеленение городских территорий.

Цитирование. Кошелева О. Ю., Шинкаренко С. С., Гордиенко О. А., Омаров Р. С., Дубачева А. А. Сезонные и многолетние особенности температуры поверхности в городах засушливой зоны (на примере городов юго-востока европейской части России и Западного Казахстана). *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 426-439. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-44.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Искусственная антропогенная среда современных городов сильно изменяет температуру поверхности в сравнении с естественными природными ландшафтами. За счет значительного снижения альбедо покрытий из асфальта и бетона происходит накопление тепла на территории города, которое может увеличивать температуру на 3-5 °С по сравнению с пригородными территориями. Это явление получило название «городской остров тепла» и оно, как уже установлено многочисленными исследованиями [3, 7, 10, 12-14], несет в себе потенциально неблагоприятные последствия для жизни и деятельности горожан. Именно поэтому изучение региональных изменений температуры земной поверхности и их статистических характеристик представляет большой научно-практический интерес.

Сегодня процесс исследования температуры земной поверхности в региональном масштабе облегчен за счет наличия банков данных теплового инфракрасного дистанционного зондирования. Использование тепловых снимков таких систем, как, например, MODIS, дает значительные преимущества: высокую повторяемость съёмки и значительный охват территории. Наличие большого количества такой пространственной информации позволяет сравнивать различные города между собой, исследовать, насколько сильно влияют антропогенные факторы, в частности степень запечатанности поверхности, на многолетний ход температуры, а также установить, всегда ли температура земной поверхности увеличивается с широтой местности и где проходит гипотетическая граница между засушливой и незасушливой зонами. Для ответов на эти вопросы была поставлена цель – сравнить температурный режим городской поверхности в 8 крупных городах России и Казахстана за последние 20 лет.

Объект исследования. В качестве ареала исследования выбран юг Восточно-Европейской равнины – регион, охватывающий территорию юго-востока европейской части России и Западного Казахстана. 5 российских (Саратов, Волгоград, Элиста, Астрахань, Махачкала) и 3 казахских города (Уральск, Атырау, Актау), расположенные в пространстве между 43° и 51° с.ш., 44° и 51° в.д., лежат на стыке природных зон степей и пустынь. 4 из них – Астрахань и Махачкала, Атырау и Актау – приурочены к берегам крупнейшего внутреннего водоема Евразии – Каспийского моря, влияние которого достаточно ограничено, заметно лишь в узкой полосе побережья и выражается в небольшом смягчении климата, особенно в зимние месяцы, понижении температуры в летние месяцы, а также в уменьшении годовых и суточных амплитуд температуры воздуха [1].

Все города расположены в южной части умеренного континентального климата. Средняя температура воздуха колеблется от +7,1 °С в Саратове до +15,2 °С в Актау. Согласно климатическому районированию Саратов, Уральск и Волгоград, расположены в пределах степной зоны, в Атлантико-континентальной европейской климатической области, для которой характерна сумма температур воздуха выше 10 °С, равная 2600-3200 °С. Элиста, Астрахань и Атырау принадлежат континентальной восточно-европейской климатической области с суммой температур 2800-3400°С и относятся к зоне полупустынь и пустынь. Город Актау находится в пределах континентальной северо-туранской климатической области (сумма температур выше 10 °С – 2400-3000), в зоне пустынь. Махачкала расположена в горной климатической области Большого Кавказа, где изменение климатических условий происходит с высотой и в зависимости от ориентации склонов.

В рассматриваемых нами городах в годовом ходе температуры поверхности самым теплым месяцем является июль. И если зимой в таких городах, как Астрахань, Актау, Атырау и Махачкала, больше проявляются особенности морского климата, то летом для этих городов, наоборот, более характерны черты континентального климата, в котором годовой максимум температуры наблюдается в июле. Годовые максимумы температур воздуха, по данным местных метеостанций, в рассматриваемых городах приходятся в основном на конец июля – начало августа.

Материалы и методы. Для определения температуры земной поверхности в городах использовались 8-дневные продукты MOD11A2 и MYD11A2 радиометра MODIS (спутники Terra и Aqua соответственно) с Интернет-ресурса <https://search.earthdata.nasa.gov> за период 2000-2020 гг. Данные спутники отличаются временем пролета: Terra снимает примерно в 9-11 утра и вечера, Aqua – в 12-14 часов днем и 12-2 часа ночи. Территория исследований охватывается четырьмя гранулами MODIS: h20v04, h21v04, h20v03 и h21v03. Спутниковые изображения указанных космических аппаратов получаются ежедневно, но из-за облачности временное разрешение использованных продуктов ниже – 8 дней. Это связано с усреднением и заполнением пропусков в данных, вызванных облачностью и артефактами.

Средневзвешенные значения температуры поверхности в административных границах городов определялись арифметическим взвешиванием с использованием площади в качестве веса (т.к. при пересечении пикселей MODIS слоем-маской административных границ площади граничных пикселей изменились, соответственно нельзя использовать количество или частоту пикселей с тем или иным значением):

$$\overline{LST} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i LST_i}{\sum_{i=1}^n S_i},$$

где: $\overline{LST}$ – средневзвешенное значение температуры поверхности, S_i – площадь i -й ячейки, LST_i – значение температуры поверхности в i -й ячейке.

Территории городов были разделены по типам подстилающей поверхности: водные объекты, пустыри и открытая почва, озеленение (газоны, орошение, древесно-кустарниковая растительность и т.п.), запечатанные поверхности. Определение типа земного покрова основывалось на автоматической обучаемой классификации спутникового изображения Sentinel 2 на август 2018 г. Подобный методический подход уже применялся для территории Волгоградской агломерации [6, 8, 11]. По всем городам были определены сезонный ход температуры поверхности (дневной и ночной), а также среднемноголетний максимум температур и дата его наблюдения. Слой административных границ создан по данным Open Street Map (data.nextgis.com). Геоинформационная обработка осуществлялась в программе QGIS, статистический анализ выполнен в Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение. Эффект урбанизации, помимо естественных климатических факторов, оказывает влияние на характерный для данного района ход метеорологических величин, поэтому сравнительную характеристику городов целесообразно начать с классификации типов использования земель в результате дешифрирования космических снимков Sentinel-2 (рисунок 1).

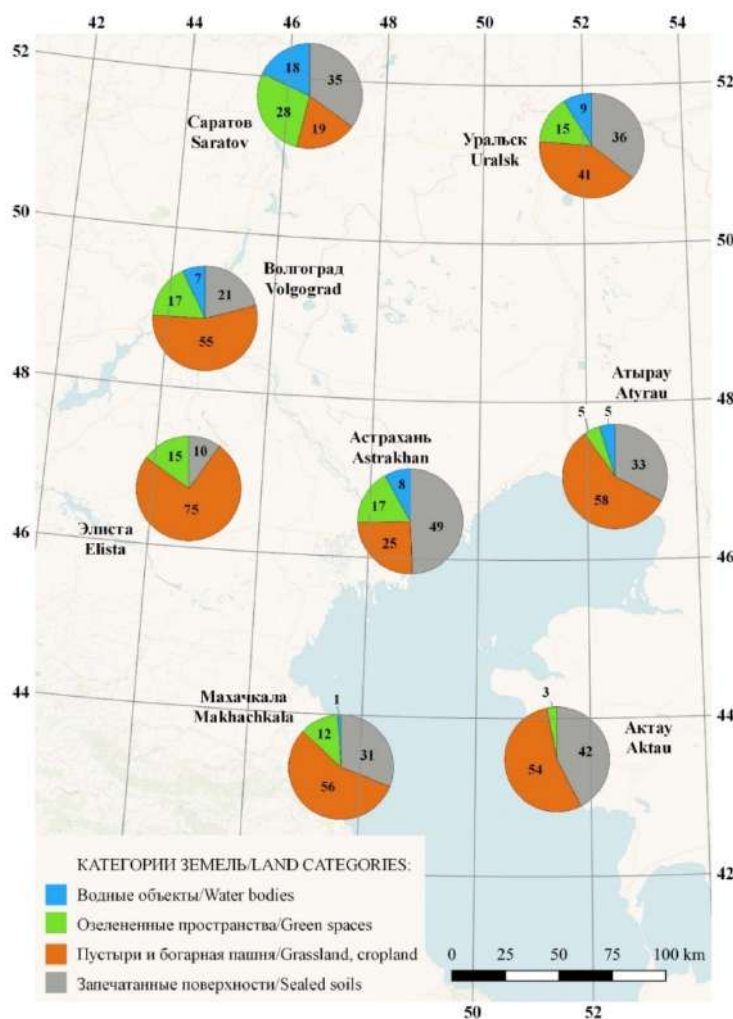


Рисунок 1 – Распределение категорий земель в городах-объектах исследования (в % от площади города)

Figure 1 – Distribution of land categories in the cities-objects of the study (in % of the city area)

Распределение по четырем категориям земель – озелененные и запечатанные поверхности, водные объекты и сельскохозяйственные угодья (включая пустыри) – показывает высокую долю запечатанных поверхностей, свыше 30% таких земель имеют 6 городов из 8, что, в целом, и должно соответствовать тенденциям развития крупных промышленных центров. Доля водных объектов – понятие достаточно относительное: в данную категорию попали объекты, вошедшие в официальные границы города (реки, пруды, водохранилища), однако для Махачкалы и Актау, расположенных на побережье Каспийского моря, этот показатель не имеет большого смысла. Единственный город, для которого проблема благотворного влияния водоемов актуальна – это Элиста, в границах которой не расположено ни одного крупного водоема.

Доля озелененных пространств колеблется от 28 % в степном Саратове до 3-5 % в пустынных Атырау и Актау. Как позволили установить исследования, в летний период существует высокая отрицательная связь доли растительности с температурой поверхности: чем больше зеленой растительности, тем ниже температура. То есть растительность за счет теневого эффекта и транспирации оказывает охлаждающее действие на окружающее пространство [11]. Учитывая данное влияние, возможность снижения негативных явлений «городского острова тепла» есть, пожалуй, только у Саратова. При этом, однако, необходимо учитывать пространственное размещение зеленых насаждений по территории города.

Ощутимые различия в распределении категорий земель в изучаемых городах иногда обусловлены рельефом местности. Относительно низкая доля богарной пашни и пустырей в границах Астрахани объясняется расположением города на островах дельты Волги. Возможно, в силу динамичности пойменно-дельтового рельефа, город имеет самую высокую долю запечатанных поверхностей (49 %).

Сезонный ход дневного максимума температур по данным спутников Terra и Aqua из-за 2-3 часового различия во времени съемки имеет одинаковую форму кривой, но отличается на 2-3°C (рисунки 2, 3).

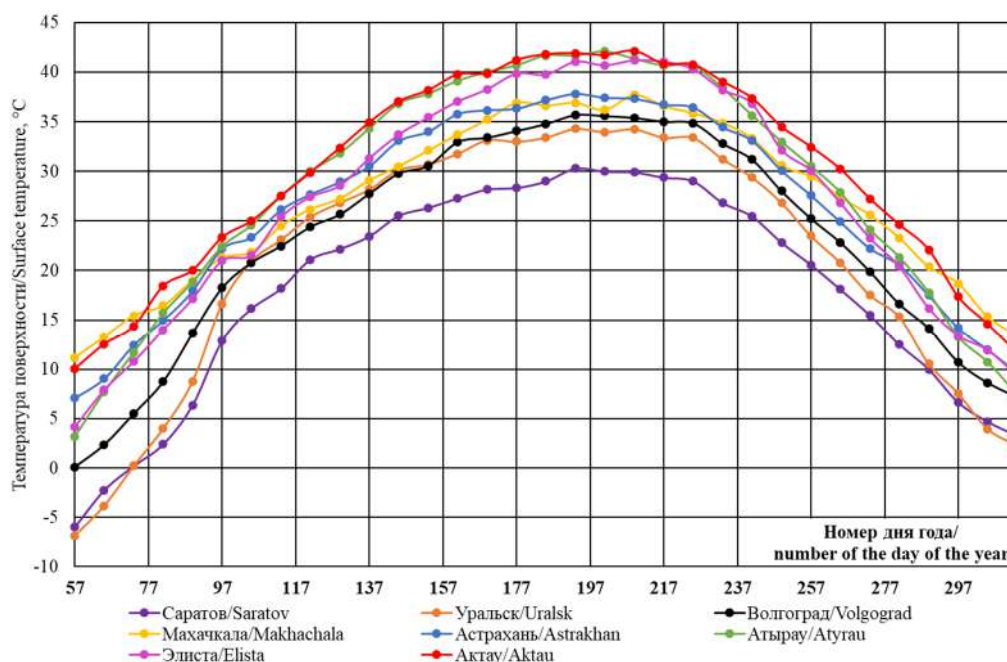


Рисунок 2 – Сезонный ход дневной температуры поверхности в городах по данным Terra MODIS

Figure 2 – Seasonal course of the daily surface temperature in cities according to Terra MODIS

Однако в обоих случаях начиная с апреля города делятся на 3 группы:

- 1) Саратов;
- 2) Уральск, Волгоград, Астрахань, Махачкала;
- 3) Элиста, Атырау, Актау.

Для Саратова характерна самая нижняя кривая хода дневного максимума температур. Разница в температурах с ближайшими к нему городами Уральском и Волгоградом в период с апреля по октябрь составляет 3,8-5,4 °С. В июле дневной максимум температуры поверхности в Саратове достигает 30,3 °С по данным Terra и 31,6 °С – по данным Aqua. Только ранней весной и поздней осенью показатели Саратова и Уральска выравниваются.

Вторая группа, состоящая из Уральска, Волгограда, Астрахани и Махачкалы отражена на графике группой «средних» кривых. Особенно это хорошо заметно в период с мая по август. Диапазон июльских максимумов для этой группы составляет 34,3-37,8 °С по данным Terra и 35,8-39,9 °С – по данным Aqua.

Элиста, Атырау и Актау демонстрируют самые высокие значения максимумов температуры городской поверхности с апреля по октябрь. В конце июля – начале августа значения данного показателя достигают 41,2-42,1 °С по данным Terra и 43,8-45,2 °С – по данным Aqua.

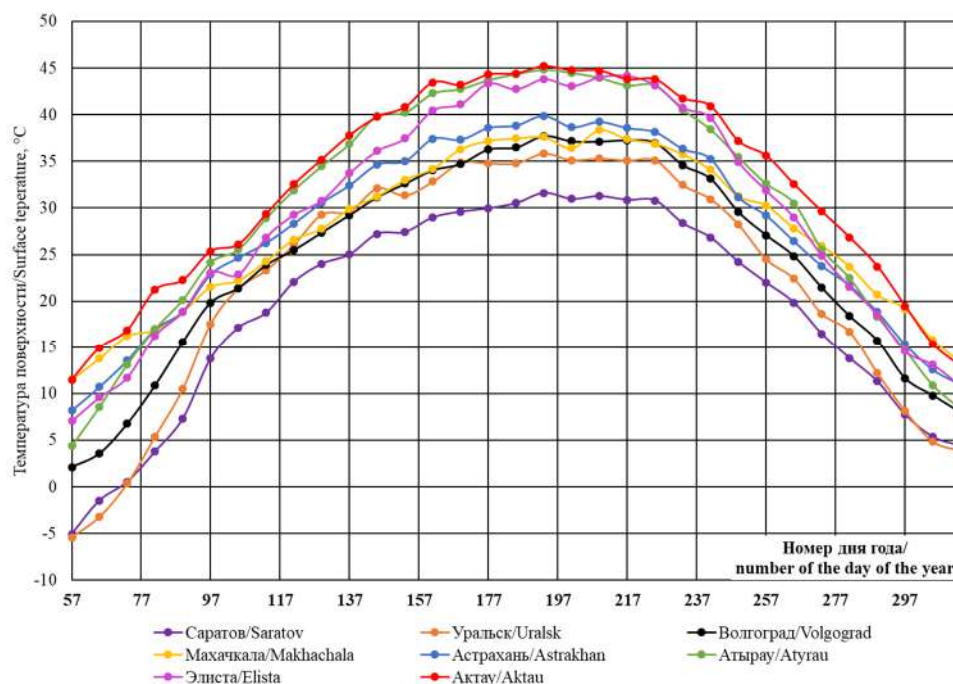


Рисунок 3 – Сезонный ход дневной температуры поверхности в городах по данным Aqua MODIS

Figure 3 – Seasonal course of the daily surface temperature in cities according to Aqua MODIS

Среди всех городов выделяется Махачкала, которая всё лето демонстрирует показатели дневного максимума температуры поверхности, сопоставимые с более северными городами – Волгоградом и Астраханью, а с сентября по май приближается к значениям города Актау, с которым расположена практически на одной широте. Это явление, на наш взгляд, можно связать с эффектом потепления Каспийского моря, смягчающего температуры в зимний период и увеличивающего их в летний период. По данным NASA Giovanni online data system, использующей измерения радиометра MODIS спутника Aqua, установ-

лено, что в 2003–2017 гг. положительные тренды температуры поверхности моря в Северном (Астрахань, Атырау) и Среднем Каспии (Махачкала, Актау) оказались равными 0,050 и 0,067 °C/год соответственно. При таких трендах температура поверхности моря этих районов за 15 лет увеличилась, соответственно на 0,75 и 1,01 °C [4, 5].

Сезонный ход ночного максимума температуры поверхности, аналогично с дневным, отличается на 0,5–2,5 °C, поэтому на рисунке 4 отражен только ход температуры поверхности по данным Тегга. Этот график интересен тем, что, как правило, наибольшая интенсивность острова тепла в суточном ходе наблюдается в первой половине ночи, а наименьшая — в середине дня. В случае если условия способствуют развитию городского острова тепла, то максимальное различие температуры, как правило, отмечается через 2–3 часа после захода Солнца и сохраняется вплоть до его восхода, что увеличивает минимальную температуру в самые утренние часы [7, 8]. Как и сезонный ход дневных максимумов температур, ход ночных температур для всех городов имеет форму перевернутой параболы с пиком в летние месяцы. Однако распределение городов по температурному диапазону практически соответствует широтному расположению городов – ночные максимумы температуры поверхности увеличиваются при движении с севера на юг: самыми теплыми в ночные часы являются поверхности Актау и Махачкалы, самыми прохладными – Уральска и Саратова. При этом в период с мая по июль, в период установления жаркой погоды на большей части юго-востока европейской части, между городами наблюдается совсем небольшой разбег ночных максимумов на одну и ту же дату – 3,5–4,1 °C. Ранней весной и осенью этот диапазон начинает увеличиваться. Например, на дату 14 марта разница между Махачкалой и Уральском составляет 10,9 °C, на дату 8 октября – 14,4 °C, что более соответствует территориальной разобщенности городов.

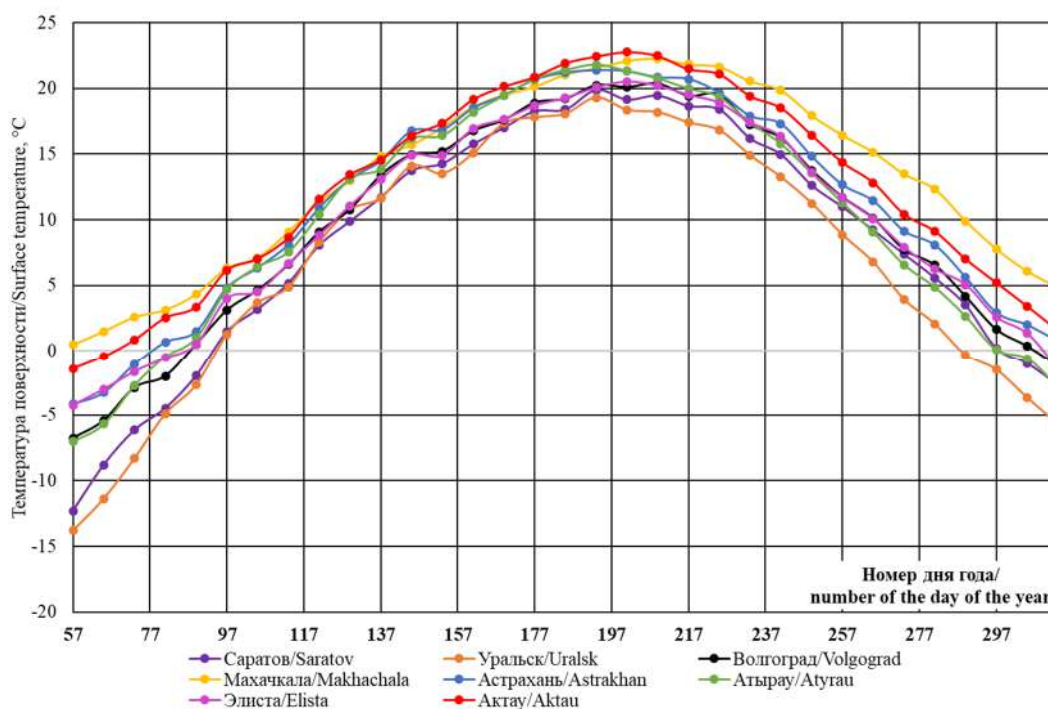


Рисунок 4 – Сезонный ход ночной температуры поверхности в городах по данным Terra MODIS

Figure 4 – Seasonal course of the night-time surface temperature in cities according to Terra MODIS

Для Астрахани и Актау заметна связь между ночными максимумами поверхности и степенью запечатанности. В обоих городах степень запечатанности городской поверхности превышает 40 % от общей площади города и здесь наблюдаются самые высокие показатели ночных температур. Для остальных городов подобную связь выявить не удалось, что позволяет предположить, что уровень запечатанности в 40 % и выше является критическим и способствует образованию выраженного «теплового острова» над городом в ночное время.

Анализ многолетней динамики максимальной дневной температуры поверхности за 20-летний период (рисунок 5) демонстрирует такое же распределение городов по трем группам, как и в случае с сезонным ходом дневных максимумов температуры поверхности.

Самый нижний график отражает температурные колебания по годам в городе Саратове, диапазон температур здесь изменялся от 29,7 °C в 2003 году до 38,3 °C в 2010 году.

Группа «середнячков» – Уральск, Волгоград, Астрахань и Махачкала – расположена в диапазоне температур от 33,7 °C (Уральск, 2003 год) до 43,3 °C (Астрахань, 2015 год). В этой группе более высокие показатели температурных максимумов на протяжении всего периода наблюдаются у Астрахани и Махачкалы; Волгоград и Уральск показывают более низкие показатели, хотя для всех городов этой группы 2010 год также оказался экстремальным.

Три города-лидера по температурным максимумам земной поверхности – Элиста, Атырау и Актау, причем безусловным лидером по температурным колебаниям является Элиста (от 39,8 °C в 2004 году до 50,8 °C в 2020). Средний диапазон температур для этой группы городов составляет 42,7-46,8 °C.

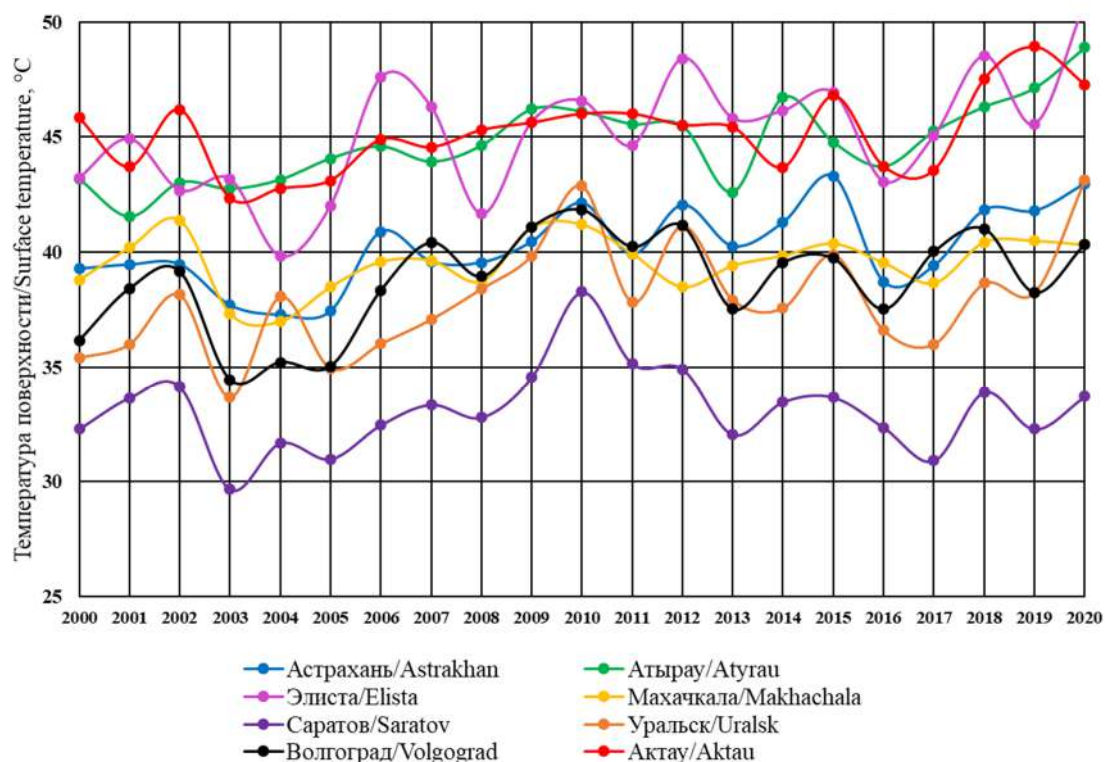


Рисунок 5 – Максимальная дневная температура поверхности в городах за 20-летний период по данным Terra MODIS

Figure 5 – Maximum daily surface temperature in cities over a 20-year period according to Terra MODIS

Динамика ночных температур по годам показала более хаотичную картину, в которой, однако можно также проследить тенденцию к увеличению ночной температуры поверхности по мере увеличения широты местности. Во всех городах на протяжении 20 лет происходят колебания ночных максимумов в пределах 4-5 °С (от 19 до 26 °С). Самые большие значения температуры наблюдаются в Актау, самые низкие – в Уральске и Саратове.

Определенный интерес представляет анализ дат максимальной температуры поверхности в городах за 20-летний период (таблица 1).

Таблица 1 – Даты максимальной температуры поверхности в городах за 20-летний период по данным Terra MODIS и отклонение от средней даты

Table 1 – Dates of maximum surface temperature in cities over a 20-year period according to Terra MODIS data and deviation from the average date

Город / City	Максимальная температура поверхности / Maximum surface temperature					
	дневная / day		ночная / night		средняя / average	
	N	σ	N	σ	N	σ
Саратов / Saratov	196	13	200	12	199	13
Уральск / Uralsk	196	17	200	13	197	18
Волгоград / Volgograd	198	14	200	14	200	15
Элиста / Elista	202	15	202	16	201	16
Астрахань / Astrakhan	192	15	197	13	195	15
Атырау / Atyrau	194	16	194	10	196	15
Махачкала / Makhachkala	200	14	208	14	205	13
Актау / Aktau	195	17	202	10	197	13

Примечание: N – номер дня в году; σ - стандартное отклонение от средней даты.

Note: N – the number of the day in the year; σ – the standard deviation from the average date.

Средняя дата достижения максимальной температуры поверхности для большинства городов расположена в диапазоне 13-23 июля. Наибольшее стандартное отклонение от средней даты максимальной дневной температуры наблюдается у Уральска, Атырау и Актау. Таким образом, разбег дат наступления максимумов дневных температур по годам увеличивается с запада на восток по мере увеличения континентальности и может быть обусловлен расположением данных городов на стыке атлантических и западносибирских воздушных масс, обуславливающих нестабильность наступления сроков максимально высоких температур.

Сравнительный анализ городов логично завершить нахождением связей между температурами поверхности в различных городах для определения степени схождения и различия между ними. Для этого выбраны среднегодовые данные Aqua MODIS за 19-летний период, по ним рассчитаны коэффициенты корреляции между городами по многолетней динамике максимальной средней температуры. В таблице 2 показаны коэффициенты корреляции. Значимыми являются величины не менее 0,6 (критерий Стьюдента при $p > 0,99$).

Выделяются два города – Волгоград и Астрахань, – выступающие в качестве некоего среднего «ядра», с которыми имеют определенную степень схождения близлежащие города. Так, Волгоград имеет сильную степень схождения по температурным параметрам поверхности городов с Саратовым и Уральском на севере и Астраханью на юге, а Астрахань – с Волгоградом, Уральском, Элистой, Атырау и Махачкалой, Актау имеет схождение только с Атырау. Эти два казахских города, расположенные на побережье

Каспийского моря, находятся в зоне пустынь, однако сильная связь Атырау – Астрахань позволяет предположить, что Атырау тяготеет к полупустынной зоне. Сильная связь Волгоград – Саратов, Волгоград – Уральск и Волгоград – Астрахань наводит на мысль о том, что Волгоград расположен на границе засушливой зоны.

Таблица 2 – Корреляция между средними температурами поверхности городов по данным Aqua MODIS

Table 2 – Correlation between average surface temperatures of cities according to Aqua MODIS data

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-	0,82	0,75	0,81	0,69	0,75	0,75	0,68
2	0,82	-	0,78	0,77	0,53	0,51	0,66	0,84
3	0,75	0,78	-	0,63	0,36	0,37	0,56	0,63
4	0,81	0,77	0,63	-	0,57	0,44	0,67	0,68
5	0,69	0,53	0,36	0,57	-	0,82	0,86	0,46
6	0,75	0,51	0,37	0,44	0,82	-	0,75	0,46
7	0,75	0,66	0,56	0,67	0,86	0,75	-	0,64
8	0,68	0,84	0,63	0,68	0,46	0,46	0,64	-

Примечание: 1 – Саратов; 2 – Уральск; 3 – Волгоград; 4 – Астрахань; 5 – Элиста; 6 – Атырау; 7 – Махачкала; 8 – Актау. Курсив – значимые значения при $p > 0,99$.

Note: 1 – Saratov; 2 – Uralsk; 3 – Volgograd; 4 – Astrakhan; 5 – Elista; 6 – Atyrau; 7 – Makhachkala; 8 – Aktau. Cursive - significant values for $p > 0,99$.

Выводы. В результате дешифрирования космических снимков установлено, что изучаемые города различаются по распределению таких категорий земель, как озелененные и запечатанные поверхности, водные объекты и сельскохозяйственные угодья (включая пустыри). Во всех городах отмечена высокая доля запечатанных поверхностей. В шести городах этот показатель превышает 30 %. Доля озелененных пространств колеблется от 28 % в Саратове до 3-5 % в Атырау и Актау.

Анализ сезонного и многолетнего хода дневного максимума температур по данным спутников Terra и Aqua позволил разделить изучаемые города на 3 группы: 1) Саратов; 2) Уральск, Волгоград, Астрахань, Махачкала; 3) Элиста, Атырау, Актау. Данные группы никак не соответствуют ни широтному, ни меридиональному расположению городов, поэтому нельзя делать выводы о какой-либо четкой климатической границе, проходящей по конкретным городам.

Анализ ночных максимумов температуры поверхности, наоборот, показал достаточно четкую широтную зависимость: ночные максимумы температуры поверхности увеличиваются при движении с севера на юг.

Сопоставление ночных максимумов температуры поверхности со степенью запечатанности городов позволяет сделать вывод о том, что уровень запечатанности в 40 % и выше является критическим и способствует усилению «теплового острова» над городом в ночное время.

По мере продвижения в глубь континента увеличивается неопределенность в прогнозировании даты наступления максимальной дневной температуры поверхности городов.

Библиографический список

1. Андреев С. С., Попова Е. С. Колебания среднегодовой температуры воздуха по данным г. Махачкала/Уйташ в 1882-2015 гг. // Успехи современного естествознания. 2017. № 5. С. 72-77.

2. Барталев С. А. Возможности использования спутникового сервиса ВЕГА для решения различных задач мониторинга наземных экосистем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 1. С. 49-56.
3. Брусова Н. Е., Кузнецова И. Н., Нахаев М. И. Тепловое возмущение мегаполиса на фоне региональной неоднородности поля приземной температуры // Труды Гидрометцентра России. 2017. Вып. 365. С. 22-34.
4. Гинзбург А. И., Костяной А. Г. Межгодовая изменчивость температуры поверхности Каспийского моря в современный период (2003–2017) // Вестник ТвГУ. Серия «География и Геоэкология». 2018. № 3. С. 57-65.
5. Гинзбург А. И., Костяной А. Г. Тенденции изменений гидрометеорологических параметров Каспийского моря в современный период (1990-е – 2017 гг.) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 7. С. 195-207.
6. Гордиенко О. А., Манаенков И. В. Картографирование и оценка степени запечатанности почв города Волгограда // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1383-1392.
7. Демин В. И. Особенности распределения температуры воздуха в городе Апатиты и его пригородах // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2019. № 16. С. 141-145.
8. Кошелева О. Ю., Шинкаренко С. С. Суточная и сезонная динамика температуры поверхности города Волгограда // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2021. № 1. С. 14-24.
9. Лупян Е. А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263-284.
10. Мягков М. С. Город, архитектура, человек и климат. М.: «Архитектура-С», 2007. 344 с.
11. Шинкаренко С. С., Кошелева О.Ю. Анализ влияния запечатанности почвенного покрова и озеленения на поле температур Волгоградской агломерации по данным MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 125-141.
12. Grimm N. B. Global change and the ecology of cities // Science. 2008. No. 319. P. 756-760.
13. Patz J. A., Campbell-Lendrum D., Holloway T. Impact of regional climate change on human health // Nature. 2005. No. 438. P. 310-317.
14. Zhao L. Strong contributions of local background climate to urban heat islands // Nature. 2014. No. 511. P. 216–219.

Conclusions. As a result of the interpretation of satellite images, it was found that the studied cities differ in the distribution of such land categories as green and sealed surfaces, water bodies and agricultural land (including vacant lots). All cities have a high proportion of sealed surfaces. In six cities, this figure exceeds 30%. The share of green spaces ranges from 28% in Saratov to 3-5% in Atyrau and Aktau.

The analysis of the seasonal and long-term course of the daily maximum temperatures according to the data of the Terra and Aqua satellites allowed us to divide the studied cities into 3 groups: 1) Saratov; 2) Uralsk, Volgograd, Astrakhan, Makhachkala; 3) Elista, Atyrau, Aktau. These groups do not correspond in any way to the latitudinal or meridional location of cities, so it is impossible to draw conclusions about any clear climatic boundary that passes through specific cities.

The analysis of the nighttime maxima of surface temperature, on the contrary, showed a fairly clear latitudinal relationship: the nighttime maxima of surface temperature increase when moving from north to south.

A comparison of the nighttime maxima of surface temperature with the degree of sealing of cities allows us to conclude that the level of sealing in 40% and above is critical and contributes to the strengthening of the "heat island" over the city at night.

As we move deeper into the continent, the uncertainty in predicting the date of the maximum daily surface temperature of cities increases.

References

1. Andreev S. S., Popova E. S. Kolebaniya srednegodovoy temperatury vozduha po dannym g. Mahachkala/Ujtash v 1882-2015 gg. // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2017. № 5. P. 72-77.
2. Bartalev S. A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya sputnikovogo servisa VEGA dlya resheniya razlichnyh zadach monitoringa nazemnyh jekosistem // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2012. T. 9. № 1. P. 49-56.
3. Brusova N. E., Kuznecova I. N., Nahaev M. I. Teplovoe vozmuschenie megapolisa na fone regional'noj neodnorodnosti polya prizemnoj temperatury // Trudy Gidrometcentra Rossii. 2017. Vol. 365. P. 22-34.
4. Ginzburg A. I., Kostyanov A. G. Mezhsredgodovaya izmenchivost' temperatury poverhnosti Kaspijskogo morya v sovremennyj period (2003-2017) // Vestnik TvGU. Seriya "Geografiya i Geojekologiya". 2018. № 3. P. 57-65.
5. Ginzburg A. I., Kostyanov A. G. Tendencii izmenenij gidrometeorologicheskikh parametrov Kaspijskogo morya v sovremennyj period (1990-e - 2017 gg.) // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2018. T. 15. № 7. P. 195-207.
6. Gordienko O. A., Manaenkov I. V. Kartografirovaniye i ocenka stepeni zapechatannosti pochv goroda Volgograda // Pochvovedenie. 2019. № 11. P. 1383-1392.
7. Demin V. I. Osobennosti raspredeleniya temperatury vozduha v gorode Apatity i ego prigorodah // Trudy Fersmanovskoy nauchnoj sessii GI KNC RAN. 2019. № 16. P. 141-145.
8. Kosheleva O. Yu., Shinkarenko S. S. Sutochnaya i sezonnaya dinamika temperatury poverhnosti goroda Volgograda // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geojekologiya. 2021. № 1. P. 14-24.
9. Lupyan E. A. Centr kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arhivacii, obrabotki i analiza sputnikovyyh dannyyh IKI RAN dlya resheniya zadach izucheniya i monitoringa okruzhayushej sredy // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2015. T. 12. № 5. P. 263-284.
10. Myagkov M. S. Gorod, arhitektura, chelovek i klimat. M.: "Arhitektura-S", 2007. 344 p.
11. Shinkarenko S. S., Kosheleva O.Yu. Analiz vliyaniya zapechatannosti pochvennogo pokrova i ozeleneniya na pole temperatur Volgogradskoy aglomeracii po dannym MODIS // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2020. T. 17. № 5. P. 125-141.
12. Grimm N. B. Global change and the ecology of cities // Science. 2008. No. 319. P. 756-760.
13. Patz J. A., Campbell-Lendrum D., Holloway T. Impact of regional climate change on human health // Nature. 2005. No. 438. P. 310-317.
14. Zhao L. Strong contributions of local background climate to urban heat islands // Nature. 2014. No. 511. P. 216-219.

Authors Information

Kosheleva Olga Yurievna, senior 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), candidate of agricultural sciences, tel. 8(917)640-50-31, e-mail: olya_ber@mail.ru.

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), Researcher of Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences (117997 Russia, Moscow, Profsoyuznaya street, 84/32), candidate of agricultural sciences tel. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: shinkarenkos@vfanc.ru.

Gordienko Oleg Andreevich, junior researcher of laboratory of soil protection from erosion of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97); tel. (8442) 46-25-67, e-mail: gordienko-o@vfanc.ru.

Omarov Roman Sergeevich, postgraduate student of Saint Petersburg State University (Russia, 199034, Saint Petersburg, Universitetskaya nab., 7/9), tel. 8(917)845-72-00, e-mail: st098989@student.spbu.ru.

Dubacheva Anastasiya Alekseevna, lead engineer of the Department of state water register maintenance and automated information system of the state water register Federal State Budgetary Institution «Russian Information and Analytical and Water Research Center» (Russia, 400001, Volgograd, Kanunnikova st., 6/1); master's student of the Department of Geography and Cartography of Volgograd State University (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 100), e-mail: dubacheva.a@gmail.com

Информация об авторах

Кошелева Ольга Юрьевна, старший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (917)640-50-31, e-mail: olya_ber@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9616-2383

Шинкаренко Станислав Сергеевич, научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), научный сотрудник отдела технологий спутникового мониторинга Института космических исследований РАН (РФ, 117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, 84/32), кандидат сельскохозяйственных наук, 46-25-68, e-mail: shinkarenkos@vfanc.ru. ORCID: 0000-0002-9269-4489

Гордиенко Олег Андреевич, младший научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97); тел. 8 (8442) 46-25-67, e-mail: gordienko-o@vfanc.ru. ORCID: 0000-0001-5381-9114.

Омаров Роман Сергеевич, аспирант Санкт-Петербургского государственного университета (РФ, 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9), тел. 8 (917) 845-72-00, e-mail: st098989@student.spbu.ru. ORCID: 0000-0003-2762-3673.

Дубачева Анастасия Алексеевна, ведущий инженер отдела обеспечения ведения государственного водного реестра (ГВР) и АИС ГВР ФГБУ «Российский информационно-аналитический и научно-исследовательский водохозяйственный центр» (РФ, 400001, г. Волгоград, ул. Канунникова, 6/1); магистрант кафедры «География и картография» Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100), e-mail: dubatcheva.a@gmail.com ORCID: 0000-0003-3279-1460.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-45

CREATING A NEURAL NETWORK SERVICE FOR IDENTIFYING PROBLEM AREAS OF AGRICULTURAL FIELDS

I. S. Belousov, A. F Rogachev

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 25.06.2021

Submitted 27.08.2021

The publication has been prepared with the financial support of the RFBR under project No. 20-37-90142.

Summary

The creation of a neural network service for identifying problem areas of reclaimed agricultural fields is considered. The architectures of modern artificial neural networks are analyzed and the construction of a neural network for the subject area under study is justified. Recommendations on the construction of the client and server parts of the developed service are given.

Abstract

Introduction. Agricultural production requires the processing of significant amounts of information to solve various management problems. The development of neural network and cloud technologies makes it possible to process information in the cloud with the provision of access to computing power by the user. **Materials and methods.** The article describes the construction of artificial neural networks of various architectures - the ResNext, AlexNet, R-CNN models and their combinations, as well as modifications of the YOLO algorithms. As well as tools for creating a cloud computing runtime. **Results and conclusion.** The choice of service parameters for recognizing problem areas of reclaimed agricultural fields has been substantiated. Recommendations are given for performing preprocessing of the initial graphic data, methods of training the constructed ANNs. Recommendations are given for the development of the client and server parts of the system using the technologies and tools of CNN, PyTorch, CUDA. The strengths and weaknesses of their use for solving the problem of image recognition are identified using the example of problem areas of agricultural fields. The service can be used as an independent solution, as well as part of other systems. The studies carried out made it possible to formulate the following conclusions. The use of the developed classification ANN has shown that neu-

ral networks are able to successfully solve problems of recognizing the state of agricultural fields with the identification of defective areas of various nature. Modern infocommunication technologies make it possible to implement neural network computing in the cloud with the provision of convenient scaling of computing power. Cloud service can be implemented and monetized like SaaS.

Key words: *crop yield, yield forecasting, neural network recognition, cloud service, SaaS.*

Citation: Belousov I.S., Rogachev A. F. Creating a neural network service for identifying problem areas of agricultural fields. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 439-448 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-45.

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

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

УДК 631.3:635

СОЗДАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО СЕРВИСА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПРОБЛЕМНЫХ УЧАСТКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ

И. С. Белоусов, аспирант

А. Ф. Рогачев, доктор технических наук, профессор

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 25.06.2021

Дата принятия к печати 27.08.2021

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ по проекту No. 20-37-90142.

Актуальность. Сельскохозяйственное производство требует обработки значительных объемов информации для решения различных задач управления. Развитие нейросетевых и облачных технологий позволяет проводить обработку информации в облаке с предоставлением доступа к вычислительным мощностям пользователем. **Методы.** В статье описывается построение искусственных нейронных сетей различных архитектур-моделей ResNext, AlexNet, R-CNN и их комбинаций, а также модификаций алгоритмов YOLO, а также инструментов для создания среды выполнения вычислений в облаке. **Результаты.** Обоснован выбор параметров сервиса для распознавания проблемных участков мелиорируемых сельскохозяйственных полей. Приведены рекомендации по выполнению предобработки исходных графических данных, методам обучения построенных ИНС. Даны рекомендации по разработке клиентской и серверной частей системы с использованием технологий и инструментария CNN, PyTorch, CUDA. Выявлены сильные и слабые стороны их использования для решения задачи по распознаванию изображений на примере проблемных участков сельскохозяйственных полей. Сервис может быть использован как самостоятельное решение, так и как часть других систем. **Выводы.** Проведенные исследования позволили сформулировать следующие выводы. Использование разработанной классификационной ИНС показало, что нейросети способны успешно решать задачи по распознаванию состоянию сельскохозяйственных полей с выявлением дефектных участков различной природы. Современные инфокоммуникационные технологии позволяют реализовать нейросетевые вычисления в облаке с обеспечением удобного масштабирования вычислительных мощностей. Облачный сервис можно реализовать и монетизировать, как SaaS.

Ключевые слова: *урожайность сельскохозяйственных культур, прогнозирование урожайности, нейросетевое распознавание, облачные сервисы, SaaS.*

Цитирование: Белоусов И. С., Рогачев А. Ф. Создание нейросетевого сервиса для выявления проблемных участков сельскохозяйственных полей. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 439-448. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-45.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ), машинного обучения (ML), искусственных нейронных сетей (ИНС), в частности глубоких, обуславливают широкие возможности их внедрения в различные сферы производства, в частности, в сельское хозяйство. Ведутся многочисленные исследования и разработки в сферах использования ИНС в роботах для сборки урожая [1], управлении теплицами методами искусственного интеллекта, обработки спутниковых изображений почв, рельефа, сельскохозяйственных полей. Возможно применение ИНС для выявления неявных закономерностей формирования урожаев [4] и других прикладных задач информационно-интеллектуальной поддержки аграрных исследований.

Большинство современных методов прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур основано на использовании вегетационных индексов типа NDVI или аналогов. В частности, такие подходы исследуют ученые В. П. Якушев, В. М. Буре, О. А. Митрофанова, Е. П. Митрофанов, А. Ф. Петрушин, С. Ю. Блохина, В. В. Якушев («Оценка внутриполевой изменчивости посевов с помощью вариограммного анализа спутниковых данных для точного земледелия») и др. Учеными изучаются возможности оценки характера и степени влияния на урожайность почвенно-климатических, агрометеорологических и других аспектов, включая показатели вегетационных индексов, дистанционно получаемые в различных диапазонах спектров отражения растениями (Черепанов А. С., Дружинина Е. Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. 2009. № 3. С. 28–32.). Современные ИТ позволяют проводить анализ и выявлять роль конкретных факторов и их групп (<https://colab.research.google.com/drive/1Qsy-mZijkJ5aukCpbIA6EKMjh34N3eUl>), влияющих на урожайность культур и продуктивность земель, уточнять нормативы минерального питания и мелиорантов с учетом севооборотов, что позволяет выявить закономерностей формирования урожая (Лачуга Ю. Ф. Точное земледелие является перспективным направлением развития сельскохозяйственного производства в XXI веке // Машинные технологии производства продукции в системе точного земледелия и животноводства. М.: ГНУ ВИМ, 2005.). Также ведутся разработки по использованию нейросетей (ИНС) в сельском хозяйстве (José Padarian B.M.A.A.B.M. Using deep learning for Digital Soil Mapping), где оценивается качество почвы на основе свёрточной нейросети.

Известны опубликованные результаты исследования по обнаружению плодов садовых деревьев с использованием ИНС моделей ResNext, AlexNet, R-CNN и их комбинаций, алгоритмов YOLO и их модификаций [18].

Материалы и методы. Цель разработки – создание и исследование облачного сервиса SaaS для выявления дефектных участков сельскохозяйственных полей на основе искусственной нейронной сети.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Обосновать архитектуру и разработать классификационную нейронную сеть.
2. Разработать серверную часть приложения.
3. Разработать пользовательскую часть приложения.

Изначальный датасет состоял из 250 картинок, что крайне мало для качественного обучения нейронной сети.

Для увеличения исходного датасета использовались различные методы аугментации данных, а именно:

1. Зеркальное отображение изображения.
2. Изменения угла наклона изображения в 90, 180 и 270 градусов.
3. Изменение масштаба.

Другой способ, который позволил расширить датасет, – это добавление в него некорректно распознанных изображений из тех, что в него изначально не входили. Итоговый размер датасета составил $6,5 \times 10^3$ изображений.

Особенностью архитектуры разработанного клиент-сервисного приложения явилось использование нейросетевого модуля на стороне сервера.

Для ускорения процесса обучения производилось на GPU с использованием технологии CUDA. Это было реализовано благодаря использованию GPU на базе чипа Nvidia RTX 2080ti, библиотеки CUDA Toolkit 11.4 и фреймворка Pytorch, который поддерживает работу с библиотекой.

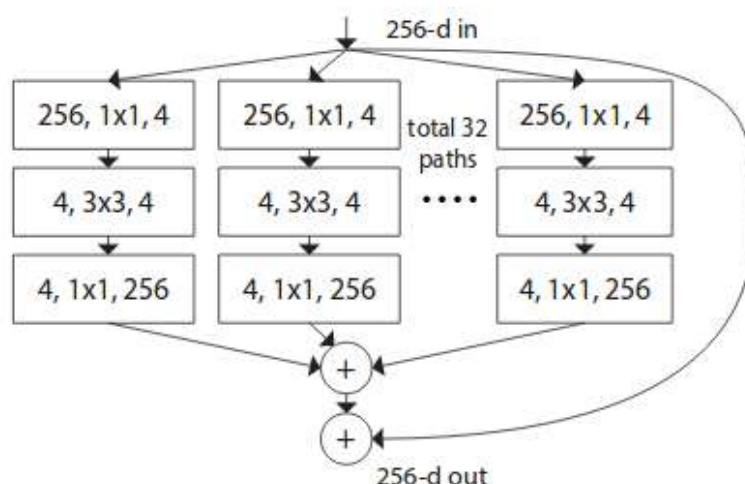


Рисунок 1 – Укрупнённая структура нейронной сети ResNext

Figure 1 – The enlarged structure of the neural network of the Res Next model

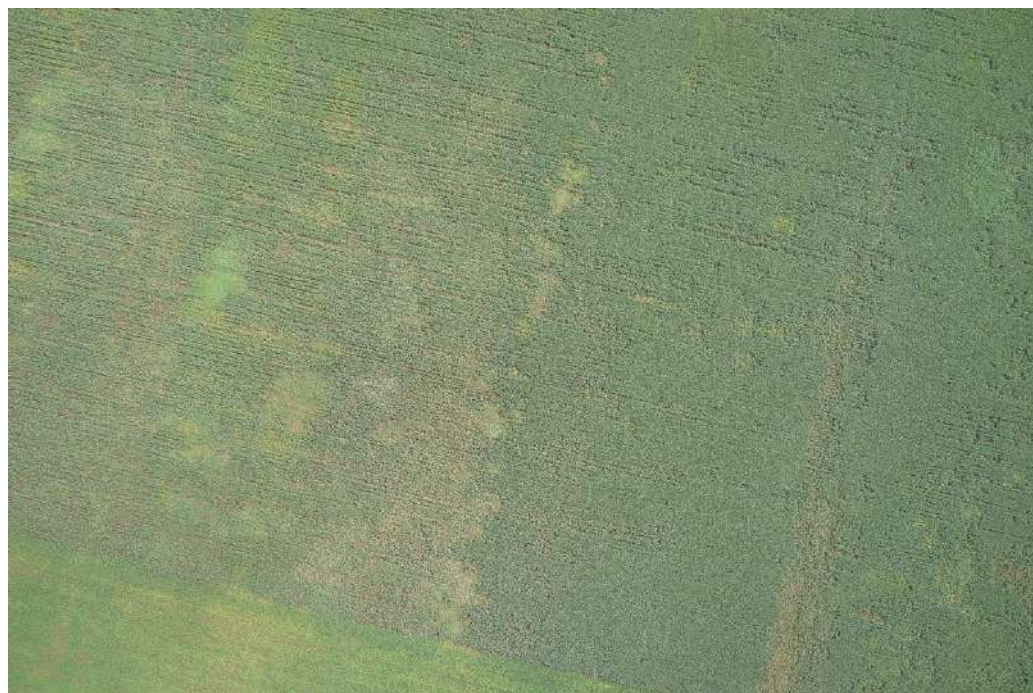


Рисунок 2 – Исходное цветное изображение высокого разрешения фрагмента поля

Figure 2 – The original high-resolution color image of the field fragment

Результаты. *Архитектура разрабатываемой сети.* В качестве архитектуры была выбрана ResNext101x16. Предварительно были проведены тесты на ResNext101x8 и ResNext101x32. ResNext101x8 давала меньшую точность, а ResNext101x32, не увеличивая точность, замедляла алгоритм обучения. Другие архитектуры не рассматривались в рамках разработки прототипа.

Особенность архитектуры ResNext заключается в том, что обучение свёрточных слоев и объединение исходных данных блока слоёв сети с его результатом происходит параллельно (рисунок 1).

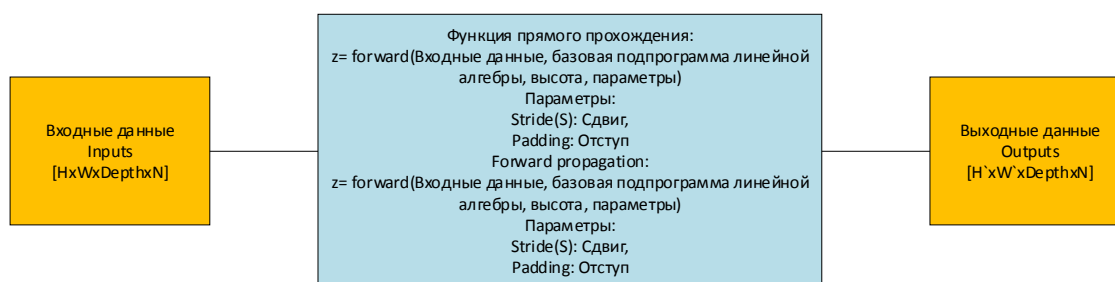


Рисунок 3 – Схема параметров свёрточного слоя

Figure 3 – Diagram of convolutional layer parameters

Свёрточный слой будет применять оператор свертки ко всем изображениям на входном тензоре, а также преобразовывать глубину ввода, чтобы соответствовать количеству фильтров [16].

N: Размер партии (Количество изображений в 4-мерном тензоре).

F: количество фильтров в слое свертки.

kW / kH: ширина / высота ядра.

H / W: высота / ширина изображения (обычно $H = W$).

H' / W': высота / ширина свернутого.

Stride: количество пикселей, которое будет перемещать скользящее окно свертки.

Отступы: к границе изображения добавлены нули, чтобы сохранить одинаковый размер входных и выходных данных.

Глубина: Глубина входного объема (т. е. Если входной сигнал является глубиной изображения RGB, будет равен 3).

Глубина вывода: Глубина вывода объема (такая же, как F).

Свёрточный слой является основным строительным блоком сверточной сети, которая выполняет большую часть вычислительной работы [14].

Fully Connected Layer. Данный слой является базисным слоем нейросетей. Он содержит веса нейросети.

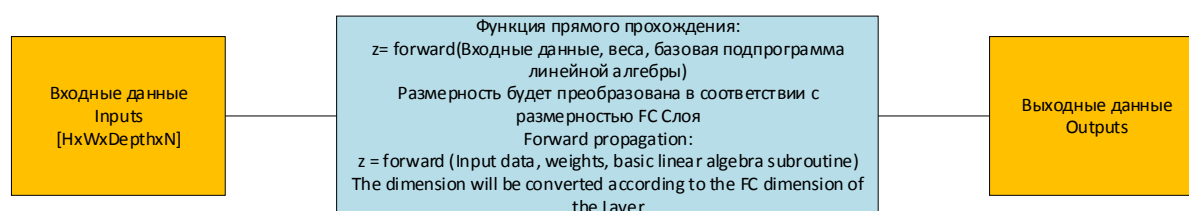


Рисунок 4 – Схема параметров полносвязного FC слоя

Figure 4 – Diagram of the parameters of a fully connected FC layer

Входные данные представляют собой 4-х мерный тензор. Тензор состоит из измерений:

H – высота

W – ширина

Depth – глубина

Размер партии

На прямом распространении

1. Имеет 3 входа (входной сигнал, вес, смещение)

2. Имеет 1 выход

На обратном распространении

1. Имеет 1 вход (выход), который имеет тот же размер, что и выход;

2. Имеет 3 выхода (dx, dw, db).

Слой с функцией активации ReLU будет применять соответствующее преобразование ко всем элементам входного тензора, не изменяя его пространственную информацию или информацию о глубине.

Функции активации нейронов ReLU имеют следующие особенности:

- Легкость вычисления (прямое / обратное распространение)
- Меньшее влияние эффекта исчезающего градиента на глубоких моделях

Слабой стороной такой архитектуры является то, что нейроны могут необратимо «умереть», если используется слишком большая скорость обучения, задаваемая величиной шага оптимизатора.

Обучение разработанной CNN. Обучение разработанной CNN производилось с использованием языка Python и фреймворка Pytorch.

Обучение происходило на предварительно обученной модели на ImageNet путём переобучения классификатора. Классы для обучения были выбраны:

1. Хорошее поле

2. Проблемное поле

3. Незасаженное поле или не поле

Размер изображения исходного изображения составляет 255x255px. Обучение происходило на предобученной модели, поэтому изменить ее разрешение не было возможности.

В качестве оптимизатора был выбран алгоритм Adam. Шаг для обучения был выбран 0.003. Также были проверены шаги в разбросе от 0.001 до 0.1, наиболее успешными был вариант на 0.003, при меньшем значении требовалось больше эпох обучения, при большем – сеть быстро уходила в оверфит.

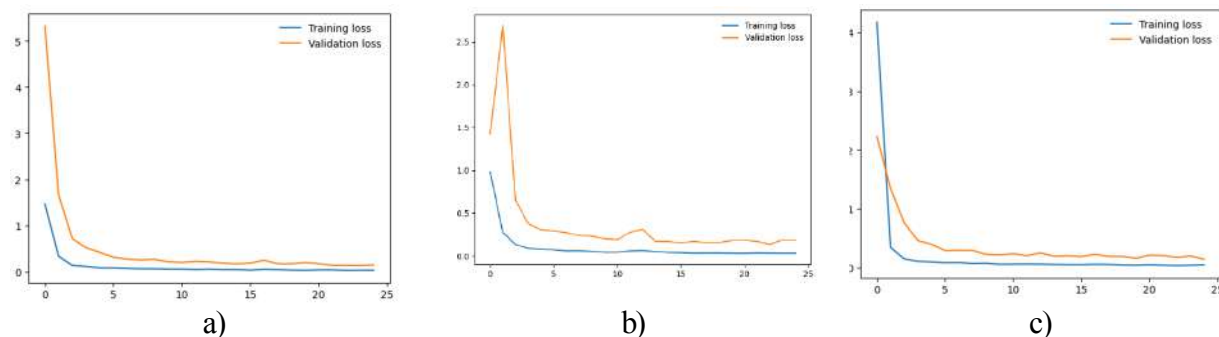


Рисунок 5 а) Обучение с Adam 0,001 б) Обучение с Adam 0,003 в) Обучение с Adam 0.01

Figure 5 a) Training with Adam 0,001 б) Training with Adam 0,003 в) Training with Adam 0.01

Для ускорения процесса обучения производилось на GPU с использованием технологии CUDA.

Результатом работы сети является класс для изображения размером 255x255. Но исходные изображения — это снимки полей размером в несколько тысяч на несколько тысяч пикселей, поэтому нарезаем изображение на части по 300 px и распознаём по отдельности, затем формируем слой-маску (рисунок 3) и накладываем его на исходное изображение (рисунок 4).

Архитектура разработанного приложения. Архитектура разработанного приложения включала серверную и клиентскую части. Серверная часть предусматривала:

1. REST и web-socket API для взаимодействия клиента с нейросетью.
2. Отдача статичных файлов на клиент (вёрстка, стили, скрипты).

REST (Representational State Transfer) – архитектурный стиль взаимодействия компонентов распределённого приложения в сет.

API (application programming interface) – описание способов, которыми одна компьютерная программа может взаимодействовать с другой программой.

Web-sockets – протокол связи поверх TCP-соединения, предназначенный для обмена сообщениями между браузером и веб-сервером в режиме реального времени.

Node.js – это JavaScript – окружение построенное на движке Chrome V8.

В качестве технология для реализации были использованы:

1. Python – для взаимодействия с сетью.
2. node.js – для ssr.
3. web-sockets как дополнительная технология обмена данными с клиентом.

Клиентская часть реализована, как SPA на React js + Redux. «Общение» с сервером организовано через web-sockets в качестве middleware для Redux. Использование web-sockets обусловлено отображением прогресса обработки в реальном времени.

SPA (single page application) – это веб-приложение или веб-сайт, использующий единственный HTML-документ как оболочку для всех веб-страниц и организующий взаимодействие с пользователем через динамически подгружаемые HTML, CSS, JavaScript, обычно посредством AJAX.

React.js – JavaScript-библиотека с открытым исходным кодом для разработки пользовательских интерфейсов.

Redux – библиотека для JavaScript [7] с открытым исходным кодом, предназначенная для управления состоянием приложения.



Рисунок 6 – Результат работы сети

Figure 6 – The result of the network

Использование классификационной сети показало, что нейросети способны решать задачи по распознаванию состояния полей. Сравнение полученных результатов с предыдущими версиями позволило выявить 10 % прироста точности. Также результатом является сервис, с которым могут взаимодействовать пользователи.

Выводы. Проведенные исследования позволили сформулировать следующие выводы:

1. Использование разработанной классификационной ИНС показало, что нейросети способны успешно решать задачи по распознаванию состояния сельскохозяйственных полей с выявлением дефектных участков различной природы.
2. Современные инфокоммуникационные технологии позволяют реализовать нейросетевые вычисления в облаке с обеспечением удобного масштабирования вычислительных мощностей.
3. Облачный сервис можно реализовать и монетизировать как SaaS.

Библиографический список

1. Кузнецова А. А., Малева Т. В., Соловьев В. И. Применение сверточных нейронных сетей для обнаружения плодов роботами для сбора урожая // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. Т. 63. № 5 (377). С. 39-41.
2. Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В., Плещенко Т. В. Нейросетевая система управления программируемым аграрным производством с использованием ретроспективных данных и результатов дистанционного зондирования: монография. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2021. 172 с.
3. Bechar A., Vigneault C. Agricultural robots for field operations: Concepts and components // Biosystems Engineering. 2016. V. 149. P. 94-111.
4. Context-sensitive image analysis for coloring nature images / A. V. Alekseev [et al.] // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2016. V. 451. P. 133-141.
5. He K. Mask R-CNN // Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Computer Vision — ICCV 2017. Venice, Italy, 2017. Pp. 2980-2988.
6. He K. Deep residual learning for image recognition // Proceedings of the 29th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition — CVPR 2016. Las Vegas, Nevada, USA, 2016. Pp. 770-778.
7. Hidenori Ide, Takio Kurita Improvement of learning for CNN with ReLU activation by sparse regularization // International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2017.
8. Improved kiwifruit detection using pre-trained VGG16 with RGB and NIR information fusion / Z. Liu [et al.] // IEEE Access. 2020. Vol. 8. Pp. 2327-2336.
9. Kujawa S., Niedbała G. Artificial Neural Networks in Agriculture // Agriculture. 2021. V. 11(6). P. 497.
10. Mureşan H., Oltean, M. Fruit recognition from images using deep learning // Acta Universitatis Sapientiae. Informatica. 2018. Vol. 10. No. 1. Pp. 26-42.
11. Ren S. Faster RCNN: Towards real-time object detection with region proposal networks // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2017. Vol. 39. No. 6. Pp. 1137-1149.
12. Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions / Laith Alzubaidi [et al.] // Journal of Big Data. 2021. V. 8. N. 53.
13. Robotic kiwifruit harvesting using machine vision, convolutional neural networks, and robotic arms / H. A. M. Williams [et al.] // Biosystems Engineering. 2019. Vol. 181. Pp. 140-156.
14. Rogachev A. F., Melikhova E. V., Belousov I. S. A set of data on retrospective grain yield for neural network modeling // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 577. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/577/1/012006>.
15. Simonyan K., Zisserman A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition // Proceedings of the International Conference on Learning Representations — ICLR 2015. San Diego, California, USA, 2015. P. 1-14.

16. Smirnov E. A., Timoshenko D. M., Andrianov S. N. Comparison of regularization methods for imagenet classification with deep convolutional neural networks. 2014. Vol. 6. Iss. 1. P. 89-94.
17. Tereliansky P. V., Rogachev A. F., Melikhova E. V. Learning of Convolutional Neural Networks in the Tasks of Land Use Digitization Based on CUDA Technologies // *Socio-economic Systems: Paradigms for the Future. Studies in Systems, Decision and Control*. 2021. V. 314.
18. Three-Dimensional ResNeXt Network Using Feature Fusion and Label Smoothing for hyperspectral Image Classification / P. Wu [et al.] // *Sensors*. 2020. V. 20. P. 1652.

Conclusions.

The conducted studies allowed us to formulate the following conclusions.

1. The use of the developed classification INS has shown that neural networks are able to successfully solve problems of recognizing the state of agricultural fields with the identification of defective areas of various nature.
2. Modern information and communication technologies allow implementing neural network computing in the cloud with convenient scaling of computing power.
3. The cloud service can be implemented and monetized like SaaS.

References

1. Kuznetsova A. A., Maleva T. V., Soloviev V. I. Application of convolutional neural networks for fruit detection by robots for harvesting // *International Agricultural Journal*. 2020. V. 63. No. 5 (377). P. 39-41.
2. Rogachev A. F., Melikhova E. V., Pleshchenko T. V. Neural network control system for programmable agricultural production using retrospective data and remote sensing results: monograph. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2021. 172 p.
3. Bechar A., Vigneault C. Agricultural robots for field operations: Concepts and components // *Biosystems Engineering*. 2016. V. 149. P. 94-111.
4. Context-sensitive image analysis for coloring nature images / A. V. Alekseev [et al.] // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2016. V. 451. P. 133-141.
5. He K. Mask R-CNN // *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Computer Vision — ICCV 2017. Venice, Italy, 2017*. Pp. 2980-2988.
6. He K. Deep residual learning for image recognition // *Proceedings of the 29th IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition — CVPR 2016. Las Vegas, Nevada, USA, 2016*. Pp. 770-778.
7. Hidenori Ide, Takio Kurita Improvement of learning for CNN with ReLU activation by sparse regularization // *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, 2017.
8. Improved kiwifruit detection using pre-trained VGG16 with RGB and NIR information fusion / Z. Liu [et al.] // *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. Pp. 2327-2336.
9. Kujawa S., Niedbała G. Artificial Neural Networks in Agriculture // *Agriculture*. 2021. V. 11(6). P. 497.
10. Mureşan H., Oltean, M. Fruit recognition from images using deep learning // *Acta Universitatis Sapientiae. Informatica*. 2018. Vol. 10. No. 1. Pp. 26-42.
11. Ren S. Faster RCNN: Towards real-time object detection with region proposal networks // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2017. Vol. 39. No. 6. Pp. 1137-1149.
12. Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions / Laith Alzubaidi [et al.] // *Journal of Big Data*. 2021. V. 8. N. 53.
13. Robotic kiwifruit harvesting using machine vision, convolutional neural networks, and robotic arms / H. A. M. Williams [et al.] // *Biosystems Engineering*. 2019. Vol. 181. Pp. 140-156.
14. Rogachev A. F., Melikhova E. V., Belousov I. S. A set of data on retrospective grain yield for neural network modeling // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. V. 577. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/577/1/012006>.

15. Simonyan K., Zisserman A. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition // Proceedings of the International Conference on Learning Representations — ICLR 2015. San Diego, California, USA, 2015. P. 1-14.

16. Smirnov E. A., Timoshenko D. M., Andrianov S. N. Comparison of regularization methods for imagenet classification with deep convolutional neural networks. 2014. Vol. 6. Iss. 1. P. 89-94.

17. Tereliansky P. V., Rogachev A. F., Melikhova E. V. Learning of Convolutional Neural Networks in the Tasks of Land Use Digitization Based on CUDA Technologies // Socio-economic Systems: Paradigms for the Future. Studies in Systems, Decision and Control. 2021. V. 314.

18. Three-Dimensional ResNeXt Network Using Feature Fusion and Label Smoothing for Hyperspectral Image Classification / P. Wu [et al.] // Sensors. 2020. V. 20. P. 1652.

Ilya S. Belousov, postgraduate, Department of Mathematical Modeling and Informatics, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), <https://orcid.org/0000-0003-4415-8742>, neznaukaknazvatmail@gmail.com

Alexey F. Rogachev, Professor, Department of Mathematical Modeling and Informatics, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Doctor of Technical Sciences, Professor <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

Информация об авторах

Белюсов Илья Станиславович, аспирант кафедры «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26) <https://orcid.org/0000-0003-4415-8742>, neznaukaknazvatmail@gmail.com

Рогачев Алексей Фруминович, профессор кафедры «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор технических наук, профессор <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-46

THE QUESTION OF PLANNING AND CONDUCTING OF LOCAL STUDIES OF DIFFUSE POLLUTION OF WATER OBJECTS

A.V. Slabunova, A. P. Surovikina, E. V. Komarova

Federal State Budget Scientific Institution

«Russian Research Institute of Melioration Problems», Novocherkassk

Received 28.04.2021

Submitted 23.08.2021

Abstract

Introduction. The purpose of the study is to determine the main criteria for planning and conducting field studies in the study of diffuse pollution of water objects in areas of intensive agricultural activity. **Object.** The object of the study was the manifestation of diffuse pollution of the drainage areas of water objects in the zones of intensive agricultural activity. **Materials and methods.** The methodology of the proposed plan for carrying out full-scale (field) studies of diffuse pollution of water objects is based on the results of research works of the authors who previously studied this problem, and the regulatory aspect. The method of systematic analysis, comparison and generalization of data was used.

Results and conclusions. The article presents: a set of main tasks solved during field research, and a general plan of work in the study of diffuse pollution of water objects from catchment areas in areas of intensive agricultural activity, covering all the features, manifestations and factors that determine diffuse pollution. It has been established that most of the pollutants from the catchment area enter the water object with diffuse runoff caused by water erosion. The main negative load of diffuse pollution falls on small rivers with agricultural land in the catchment area. Today, the problem of accounting for the uncontrolled intake of pollutants into a water object is the lack of full, reliable information on the mechanism of diffuse pollution. In this regard, it is necessary to fully study the features and nature of diffuse pollution of water objects in zones of intensive agricultural activity in accordance with the established criteria: the complexity of research (observations are carried out in the «catchment + water object» complex), taking into account the frequency of manifestation of diffuse pollution water objects, taking into account the spatial distribution of diffuse pollution in the catchment area of a water object.

Key words: *water object, diffuse pollution, implementation plan, comprehensive field study, field observation, pollutant, section, drainage area.*

Citation. Slabunova A.V., Surovikina A. P., Komarova E. V. The question of planning and conducting of local studies of diffuse pollution of water objects. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63) 448-459 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-46.

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

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

УДК 556.164:556.555.8

К ВОПРОСУ ПЛАНИРОВАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИФфуЗНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

А. В. Слабунова, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

А. П. Суровикина, младший научный сотрудник

Е. В. Комарова, младший научный сотрудник

*ФГБНУ Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,
г. Новочеркасск, Ростовская область, Россия*

Дата поступления в редакцию 28.04.2021

Дата принятия к печати 23.08.2021

Актуальность. Цель исследования – определить основные критерии планирования и проведения натурных исследований при изучении диффузного загрязнения водных объектов в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности. **Объект.** Объектом исследования являлось проявление диффузного загрязнения водосборных территорий водных объектов в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности. **Материалы и методы.** Методология предлагаемого плана проведения натурных (полевых) исследований диффузного загрязнения водных объектов основана на результатах исследовательских работ авторов, ранее изучавших данную проблему, и нормативно-правовой базе. Использован метод систематического анализа, сравнения и обобщения данных. **Результаты и выводы.** В статье представлены: комплекс основных задач, решаемых при проведении натурных исследований, и общий план проведения работ при исследовании диффузного загрязнения водных объектов с водосборных территорий в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности, которые охватывают все особенности, проявления и факторы, определяющие диффузное загрязнение. Установлено, что большая часть загрязняющих веществ с водосборной территории в водный объект поступает с диффузным стоком, причиной которого является водная эрозия. Основная негативная нагрузка диффузного загрязнения ложится на малые реки с наличием сельскохозяйственных угодий на водосборной площади. На сегодняшний день проблема учета бесконтрольного поступления загрязняющих веществ в водный объект заключается в отсутствии полноценной, достоверной информации о механизме протекания диффузного загрязнения. В связи с этим необходимо полноценное изучение особенностей и характера диффузного загрязнения водных объектов в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности в соответствии с установленными критериями: комплексность проведения исследований (т. е. наблюдения проводятся в комплексе «водосбор + водный объект»), учет периодичности проявления диффузного загрязнения водных объектов, учет пространственного распространения диффузного загрязнения на водосборной площади водного объекта.

Ключевые слова: *водные объекты, диффузное загрязнение водных объектов, комплексные полевые исследования, натурные наблюдения, загрязняющие вещества, створы, стоковые площадки.*

Цитирование. Слабунова А. В., Суровикина А. П., Комарова Е. В. К вопросу планирования и проведения натурных исследований диффузного загрязнения водных объектов. *Известия НВ АУК.* 2021. 3(63). 448-459. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-46.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Загрязнение, истощение и деградация водных объектов (ВО) – одна из актуальных современных проблем. Основной причиной деградации ВО, как известно, является сложившийся высокий уровень антропогенной деятельности на водосборной территории (Постановление Правительства РФ от 19 апр. 2012 г. № 350 и Водная стратегия РФ). Действующая система государственного мониторинга и контроля загрязнения ВО учитывает в основном точечные источники загрязнения, а источники диффузного загрязнения в ее рамках оцениваются весьма условно [5]. И это несмотря на то что значительное влияние диффузного загрязнения на качество ВО доказано многочисленными российскими и зарубежными исследованиями.

Так, исследования поверхностных вод, проведенные на территории Финляндии [9], показали, что «в национальном масштабе 66 % потока загрязняющих веществ происходит из диффузных источников. Основными диффузными источниками загрязнения определены сельскохозяйственные поля». В исследовании российских авторов определено, что вклад диффузной составляющей в общую биогенную нагрузку на ВО достигает значительных размеров [1, 2]. Например, если рассматривать Куйбышевское водохранилище, со стороны водосбора нагрузка диффузного загрязнения составляет 85–95 % от значения суммарной нагрузки загрязнения [7]. Исследования, проведенные в Московской области [11], также подтвердили значительную роль диффузного загрязнения в общем загрязнении малой реки Яхромы в бассейне р. Волги, что объяснили значительным количеством внесения минеральных и органических удобрений на сельскохозяйственных угодьях.

Все это в очередной раз подтверждает важность учета всех факторов проявления и сложность определения диффузного загрязнения ВО, расположенных в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности. Таким образом, авторами работы поставлена цель – определить основные критерии планирования и проведения натурных исследований при изучении диффузного загрязнения ВО в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности.

Натурные исследования при изучении диффузного загрязнения ВО способствуют получению достоверных данных для оценки и прогнозирования биогенного загрязнения ВО, что, в свою очередь, позволит нормировать и оптимизировать сельскохозяйственную деятельность в бассейне рек.

Материалы и методы. Методологической основой работы является обобщение современных представлений о пространственно-территориальных закономерностях формирования диффузного загрязнения ВО в зонах сельскохозяйственной деятельности. Используются методы систематизации, анализа, сравнения и обобщения данных.

Результаты и обсуждение. Основным методом изучения диффузного стока – комплексные полевые наблюдения. Такие наблюдения проводятся либо на специально оборудованных стоковых площадках, либо с помощью экспедиционных исследований водосборов ВО.

Комплекс основных задач при проведении натурных наблюдений за источниками диффузного загрязнения включает в себя:

- районирование территории водосбора по величине выноса биогенных элементов с использованием геоинформационной системы ArcGIS 9.3.1; картографирование (построение карт пространственного распространения потенциального смыва почв); формирование базы геоданных. Цель – выявление водосборных площадей с наибольшей биогенной нагрузкой на ВО;

- рекогносцировочное (маршрутное) обследование выбранного объекта, которое производится с целью получения представления об изучаемой территории, проявлении диффузного стока на местности, уточнения положения ключевых участков, оценки визуального состояния рек и их русел. Объем рекогносцировочного обследования зависит от сложности территории и условий организационного порядка;

- общую оценку гидрохимического состояния ВО (анализ концентрации биогенных веществ (БВ) в створах пунктов наблюдений) с использованием ежегодных данных гидрохимического мониторинга ВО (фондовых и архивных). Сроки отбора проб привязываются к периодам внесения удобрений на сельскохозяйственные поля;

- анализ влияния изменений хозяйственной деятельности на водосборной территории на многолетнюю динамику содержания БВ в изучаемых реках агроландшафтов;

- уточнение по данным дистанционного зондирования (визуальное дешифрирование космических снимков из открытых источников, например Google Earth или SAS. Планета) морфометрических и ландшафтных характеристик территории водосбора (природные условия, границы водосбора и всей гидрографической сети, вычисление площади водосбора);

- имитационное моделирование выноса биогенных элементов при различных сценариях (варианты изменения структуры землепользования и комплекса мероприятий по снижению поступления загрязняющих веществ (ЗВ) в ВО с водосборов) на водосборной площади ВО.

Основные направления натурных исследований представлены на рисунке 1.

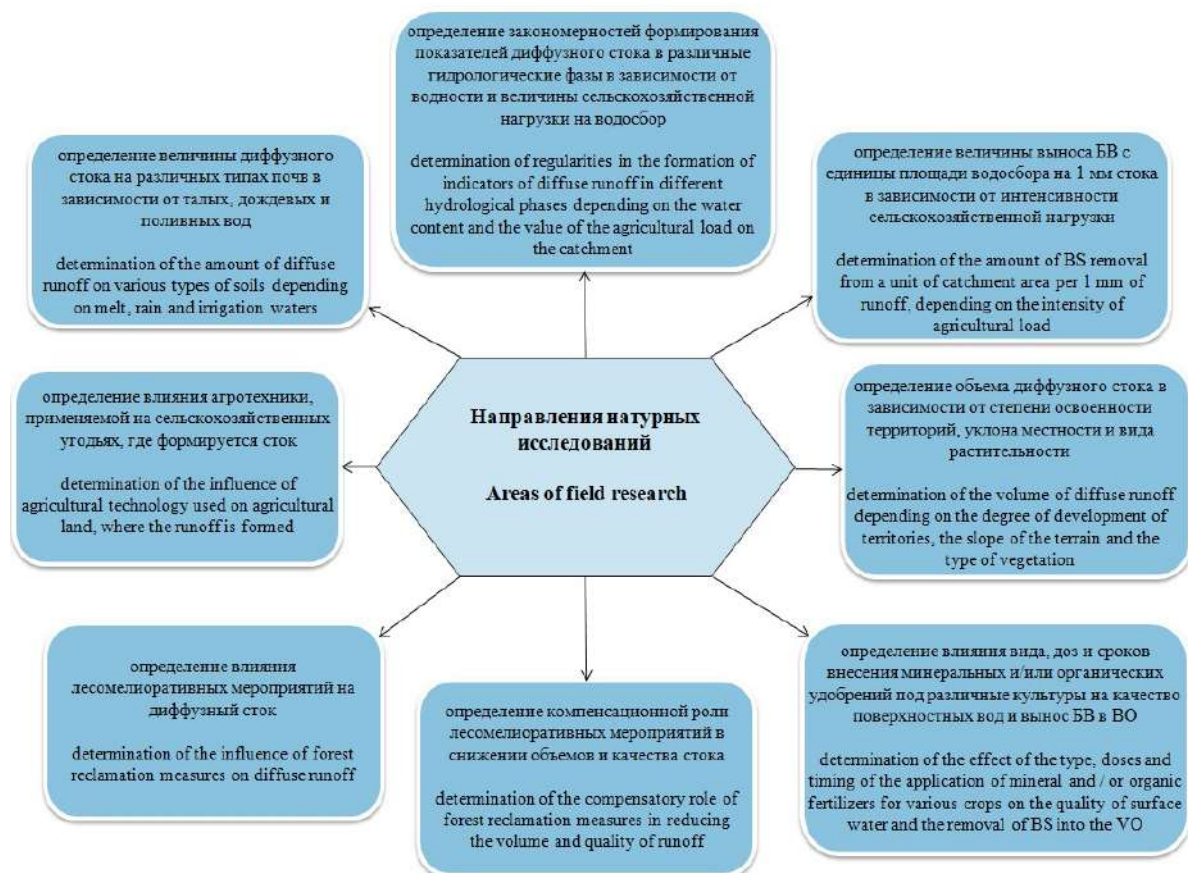


Рисунок 1 – Основные направления натурных исследований

Figure 1 – The main directions of field research

С учетом происхождения диффузного стока с сельскохозяйственного водосбора обязательному контролю подлежат биогенные и другие специфические ЗВ, поступающие с удобрениями, пестицидами. К ним относятся: взвешенные вещества, показатели БПК₅, ХПК, pH, минерализация воды, соединения азота (аммонийного, нитратного, нитритного и общего), минерального и общего фосфора (фосфаты, сульфаты), хлориды, соединения металлов (входящие в состав применяемых гербицидов) и пестициды. При этом следует учитывать характер их поступления в соответствии с гидрологическими периодами (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема поступления загрязняющего вещества в водный объект

Figure 2 - Scheme of pollutant intake into a water body

Поступление повышенного объема ЗВ происходит в период экстремальных условий, поэтому контроль диффузного загрязнения следует осуществлять по всему ВО (участку ВО) или водосбору в местах, где наблюдается увеличение стоков и концентрации ЗВ в воде, в следующие периоды [3]: зимняя и летне-осенняя межени, весеннее или весенне-летнее половодье (начало, пик и спад); выпадение стокообразующих осадков (ливни); орошение сельскохозяйственных культур; внесение на прибрежные сельскохозяйственные угодья удобрений, пестицидов и пр. (сроки до начала и после внесения в зависимости от первого стокообразующего дождя); резкое повышение концентрации ЗВ в ВО, выявленное при систематическом контроле. Комплекс натурных исследований за диффузным загрязнением ВО с сельскохозяйственных территорий включает в себя гидрологические и гидрохимические исследования, биогеохимические наблюдения, наблюдения за содержанием пестицидов в донных отложениях, наблюдения за самоочищающей способностью воды ВО.

Диффузное загрязнение ВО представляет собой вынос ЗВ с сельскохозяйственных полей, расположенных на водосборной площади [6]. В связи с этим натурные исследования направлены на изучение выноса БВ из почвы талым и дождевым (ливневым) стоком. Измерения диффузного стока на малых водосборах сочетаются с наблюдениями за всеми гидрометеорологическими факторами, определяющими поверхностный сток (рисунок 3).

Изучая вынос БВ талым стоком, проводят снегомерную съемку, оценивая запасы воды в снежном покрове, и ведут наблюдения за температурным режимом, изучают глубину промерзания, одновременно отбирают образцы на влажность почвы и прово-

дят сопутствующие гидрометеорологические наблюдения (температура воздуха, количество осадков, ветер, наличие ледяной корки, ход оттаивания почвы и т. д.). В зависимости от цели исследований места отбора проб воды могут назначаться в местах стока воды с отдельных сельхозугодий, отличающихся агрофоном и нормами внесения удобрений и пестицидов. Комплекс натурных исследований ВО (гидрологические, гидрохимические) должен выполняться в течение одного дня и включать в себя следующие виды работ:

- отбор гидрохимических проб в реке;
- замеры глубин по створам в зонах отсутствия батиметрических данных;
- отбор проб почв в прирусловой части реки на основных створах;
- определение параметров речного потока (расходы воды, отметки уровня).

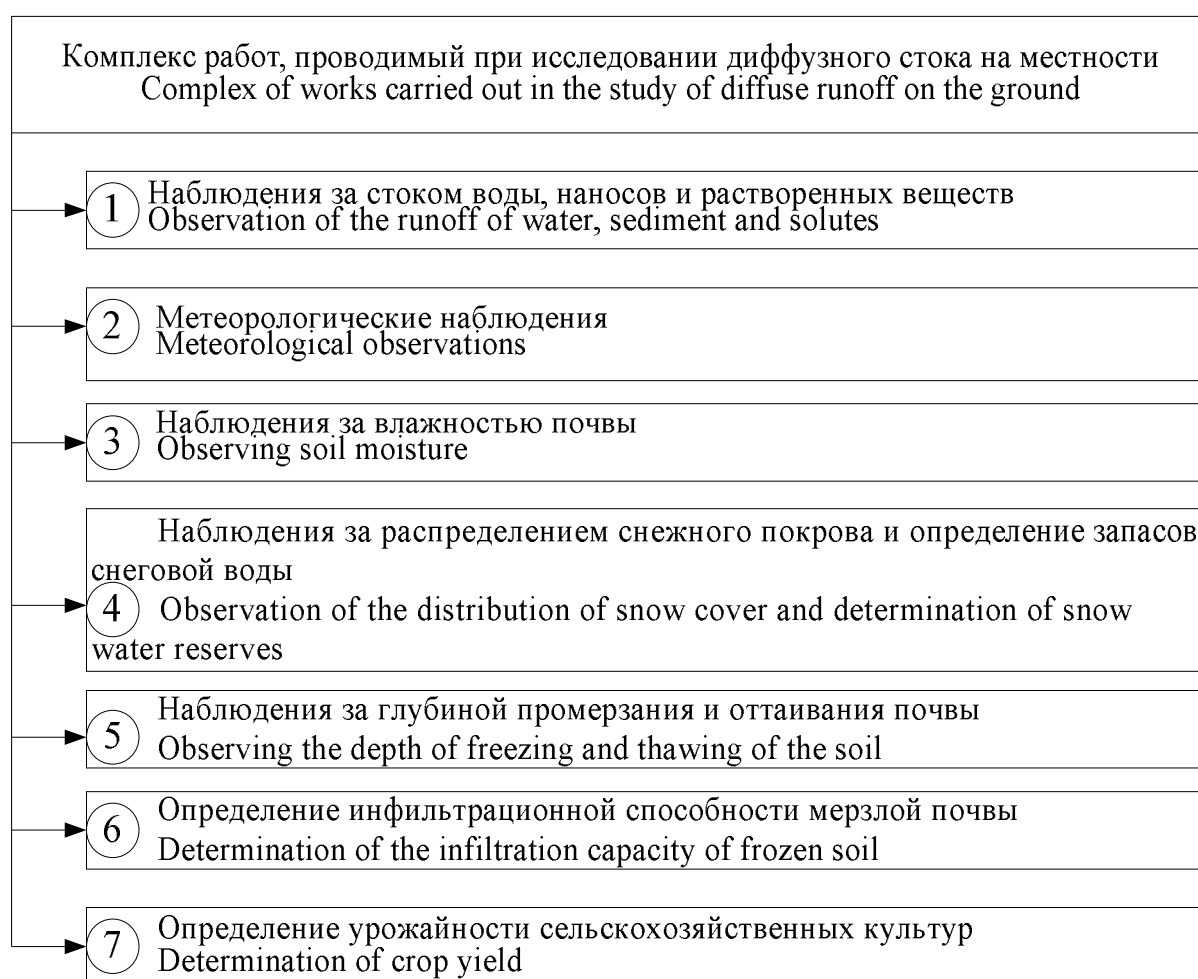


Рисунок 3 – Комплекс работ, выполняемый при исследовании диффузного стока на водосборной площади

Figure 3 – A set of works performed in the study of diffuse runoff in the catchment area

При определении территориального расположения створов, проведении наблюдений за гидрохимическими и гидрологическими показателями ВО, отборе проб воды и почвы и организации контроля за содержанием пестицидов в донных отложениях необходимо руководствоваться соответствующими регламентирующими нормативными документами (рисунок 4).

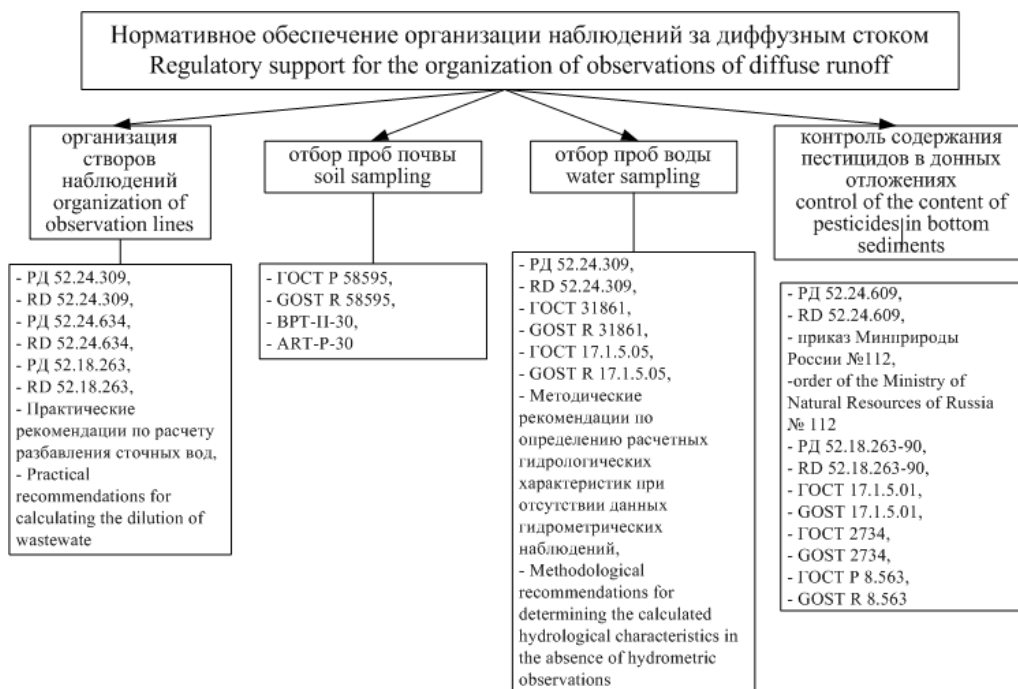


Рисунок 4 – Нормативное обеспечение организации наблюдений за диффузным стоком

Figure 4 – Regulatory support for the organization of observations behind the diffuse drain

Створы рассредоточивают по течению ВО с таким расчетом, чтобы охарактеризовать антропогенное влияние на него и пространственное распределение гидрохимических показателей с учетом его морфологии, расположения рядом других источников загрязнения и интересов водопользователей. То есть наблюдения необходимо проводить в зоне распространения диффузного загрязнения, в створах выше на 1 км и ниже на 0,5 км места его влияния на ВО (рисунок 5).

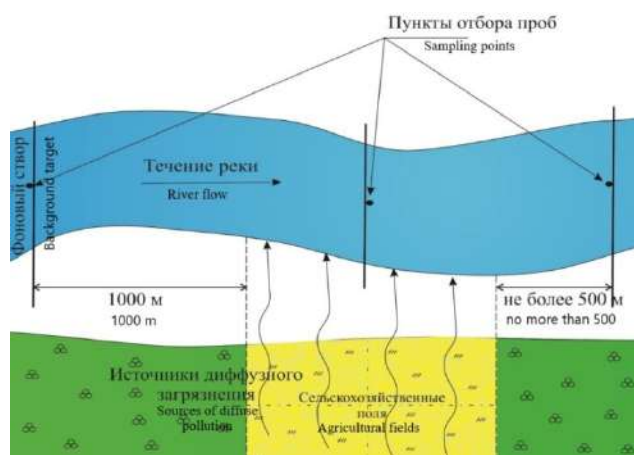


Рисунок 5 – Места отбора проб

Figure 5 – Sampling locations

В каждом створе пробы отбираются в трех точках (у берегов и в центре русла) из приповерхностного слоя воды. Расходы воды определяются в гидрометрических створах гидропостов наблюдательной сети Росгидромета.

Задача проведения биогеохимических исследований – оценка запасов легкорастворимых соединений почв в прирусловой части долины (поймы, террасы) ВО для расчета их вклада в его диффузное загрязнение [4]. Комплекс задач, решаемых при проведении биогеохимических исследований прирусловой части долины реки, должен включать: определение запасов легкорастворимых соединений в гумусовых горизонтах почв, выявление гидрохимических показателей, наличие содержания водорастворимых соединений в составе водной вытяжки почв, определение основных физико-химических свойств почв. Отбор почвенных проб и поверхностных вод проводят на основных створах (площадках мониторинга) ВО, выбор которых осуществляется на основе архивных материалов гидрохимических исследований.

Донные отложения представляют собой важный и специфический объект исследования, состояние которого в значительной мере определяет степень загрязнения ВО. «Матрицы донных отложений, являясь неотъемлемой органоминеральной частью водных объектов, могут эффективно связывать и накапливать питательные вещества и потенциально опасные вещества из диффузных и / или точечных источников загрязнения» [10]. Здесь аккумулируется большая часть органических и неорганических веществ, в т. ч. наиболее опасных и токсичных пестицидов, характерных для зон сельскохозяйственного освоения.

Если по каким-либо причинам невозможно провести натурные исследования (например, ливень прошел и сток прекратился и пр.), то оценку поступления ЗВ в ВО необходимо осуществить косвенным методом, т. е. по удельным показателям выноса БВ в водоток с единицы площади водосбора. Также, зная концентрацию БВ в расчетных створах и объем речного стока, рассчитывают массу их выноса. По разнице между величиной выноса БВ речными водами через сечения двух соседних створов определяют количество веществ, поступающих с единицы площади водосбора (удельный вынос).

При комплексном изучении диффузного загрязнения ВО необходимо учитывать и его самоочищающую способность. Показателем низкой самоочищающей способности воды ВО является активное «цветение» – эвтрофирование воды, которое представляет собой одну из основных причин негативного воздействия на качество воды ВО путем диффузного стока с сельскохозяйственных земель.

Главными направлениями при изучении самоочищения воды ВО являются: количественное изучение баланса кислорода, БВ и др.; изучение процессов биологической утилизации и трансформации веществ и энергии на всех трофических уровнях; определение таких показателей, как температура, реакция среды (рН), скорость течения и места «застоя». А также необходимо учитывать особенности природно-климатических факторов [8], которые значительно влияют на снижение или увеличение потока катионов с водосбора.

Наблюдения за самоочищающей способностью речных вод организуют сезонно (при разных температурах и расходах речной воды) от основных ЗВ ниже разных источников их поступления в ВО. Проведение таких наблюдений целесообразно ниже входных створов ВХУ, где концентрации ЗВ существенно превышают установленные для этих участков значения целевых показателей вод. Также необходимо выбирать бесприточные речные участки. Для фонового створа выбирают, как правило, участок выше исследуемого источника поступления ЗВ, а ниже источника назначают 7–11 створов с нарастанием расстояний между ними.

Изменение состава воды в пробах, отобранных также с учетом времени добегания в первом после источника диффузного загрязнения створе и в расположенных ниже створах, позволяет оценить самоочищающую способность водотока. Допустимая интенсивность поступления ЗВ в ВО может быть определена из условия: скорость самоочищения воды должна быть не менее интенсивности поступления ЗВ в ВО.

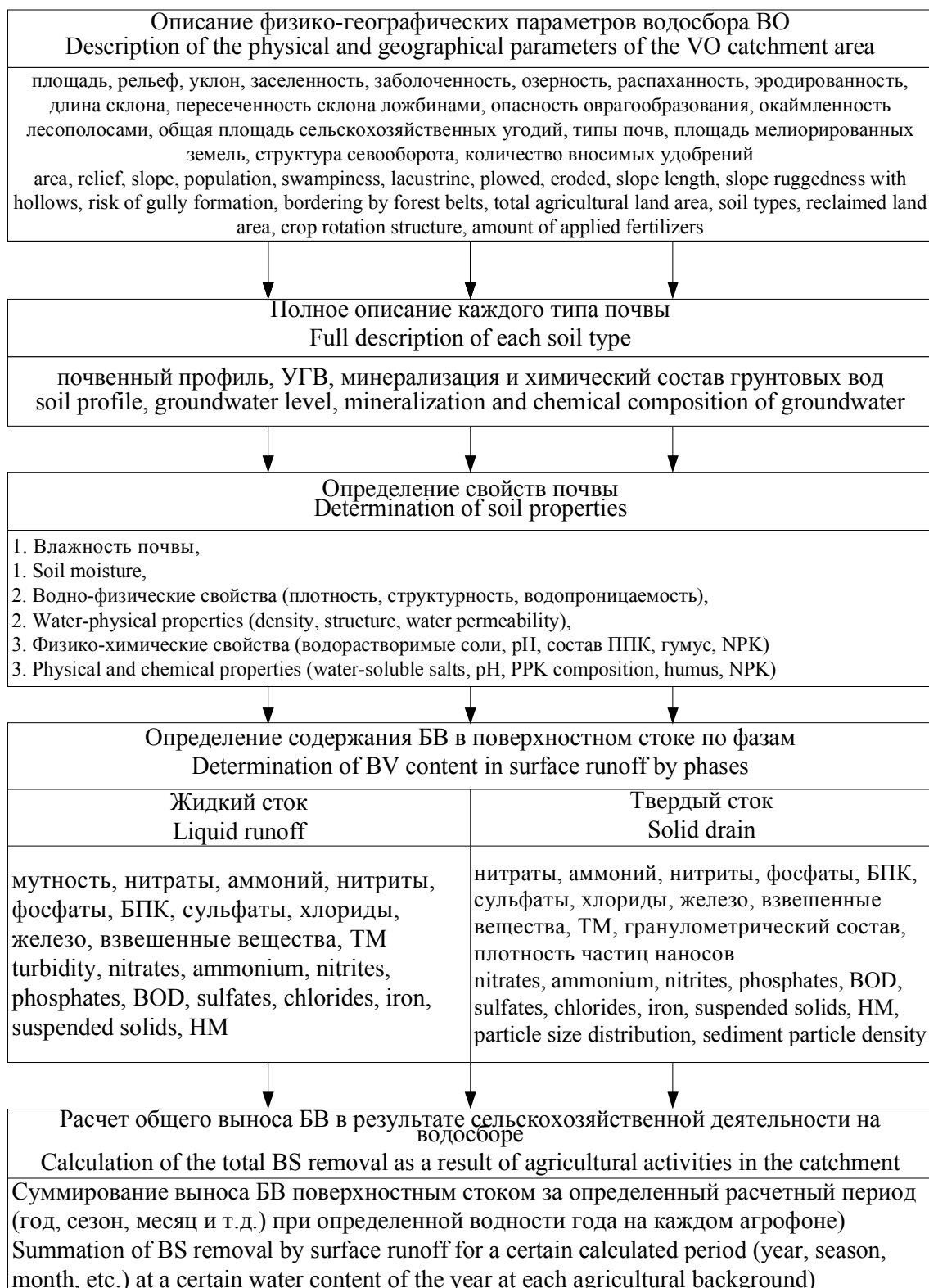


Рисунок 6 – Мероприятия по определению характеристик поверхностного стока в пределах стоковой площадки

Figure 6 – Measures to determine the characteristics of surface runoff within the runoff site

Для полного изучения диффузного загрязнения ВО проводят полевые исследования процессов и механизмов поступления, трансформации и выноса ЗВ с водосборных территорий в ВО на стоковых площадках.

Так как поверхностный сток с сельскохозяйственных земель рассматривается как проблема эрозии почв, то при изучении диффузного загрязнения ВО прибегают также к методам изучения водной эрозии. Моделирование дождя на стоковых площадках – наиболее точный способ учета поверхностного стока. Тогда для определения связей количественного и качественного состава диффузного стока с состоянием почв и всего водосбора необходимо провести рекогносцировочное обследование водосборной площади и ряд сопутствующих мероприятий по определению характеристик поверхностного стока в пределах стоковой площадки (рисунок 6). Пробы почвы отбираются в пределах стоковой площадки до глубины 30–40 см.

Метод искусственного дождевания стоковых площадок позволяет смоделировать естественный дождь с определенными характеристиками (интенсивность, продолжительность) и «по расписанию», что значительно упрощает организацию проведения эксперимента и тем самым позволяет провести широкий спектр исследований (изучить влияние одного или одновременно нескольких факторов). При проведении натурных исследований диффузного стока с помощью стоковых площадок исследуются следующие факторы: тип почвы, агротехнические приемы, агрофон, рельеф, противоэрозионные мероприятия, эродированность почвы, интенсивность и продолжительность дождя, виды и дозы органических и минеральных удобрений, расход и слой поверхностного стока.

Выводы. Основная доля БВ в ВО поступает с диффузным стоком, причиной которого является водная эрозия (талые воды (снеготаяние) и ливневые осадки). При этом основную негативную нагрузку испытывают малые реки, по берегам которых расположены сельскохозяйственные угодья. И здесь можно с уверенностью сказать, что решение проблемы сохранения водных ресурсов в масштабе всей страны нужно начинать с решения проблемы бесконтрольного поступления БВ в малые реки.

В связи с этим учет критериев планирования и проведения натурных исследований при изучении диффузного загрязнения ВО в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности позволит в полном объеме учесть поступление ЗВ в ВО и получить полноценную, достоверную информацию о механизме протекания диффузного загрязнения, что в свою очередь будет способствовать оперативному принятию управленческих решений в области охраны водных ресурсов.

Библиографический список

1. Исследование особенностей формирования и масштабов диффузного загрязнения, сформированного крупными промышленными комплексами, на примере Соликамско-Березниковского промузла / А. П. Лепихин, А. А. Возняк, Т. П. Любимова, Я. Н. Паршакова, Ю. С. Ляхин, А. В. Богомоллов // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 5. С. 560-566.
2. Комарова Е. В., Слабунова А. В. Проблема диффузного загрязнения водных объектов Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 3 (79). С. 9-16.
3. Полянин В. О. Концептуальные подходы к мониторингу диффузного загрязнения водных объектов // Водные ресурсы. 2020. № 5. С. 622-627.
4. Разработка методов оценки диффузного стока с урбанизированных территорий путем решения обратных задач моделирования качества воды. Этап 3. Ч. 1. Экспедиционные работы: отчет о НИР. Барнаул, 2018. 65 с. <http://www.iwep.ru/OtchetIVER-3kv-CHast1-espeditziya.pdf>.
5. Слабунова А. В., Суровикина А. П. О проблеме диффузного загрязнения водных объектов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 2 (38). С. 124-139. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=660&id=668>.
6. Ясинский С. В., Веницианов Е. В., Вишневская И. А. Диффузное загрязнение водных объектов и оценка выноса биогенных элементов при различных сценариях землепользования на водосборе // Водные ресурсы. 2019. Т. 46. № 2. С. 232-244.

7. Changes in biological indicators of the silver bream *Blicca bjoerkna* at the upper part of the Volga stretch of the Kuybyshev reservoir in connection with the anthropogenic impact / G. F. Glazunova, I. F. Galanin, A. A. Smirnov // 5SPE: Kuwait Oil and Gas Show and Conference, 2019. Vol. 2653. № 01015.

8. Climate warming and the onset of salinization: rapid changes in the limnology of two northern plains lakes / J. Sereda, M. Bogard, J. Hudson, D. Helps, T. Dessouki // *Limnologia*. 2011. Vol. 41. P. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2010.03.002>.

9. Diffuse sources dominate the sulfate load into Finnish surface waters / P. Ekholm, J. Lehtoranta, M. Taka, T. Sallantausta, J. Riihimäki // *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 748. № 141297.

10. Longitudinal distribution of macronutrients in the sediments of Jegricka watercourse in Vojvodina, Serbia / R. Savic, G. Ondrasek, R. Zemunac, M. Bubalo Kovacic, F. Kranjcec, V. Nikolic Jokanovic, A. Bezdan // *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 754. № 142138. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142138>.

11. The Assessment of the Diffuse Pollution from Agricultural Territories in the Upper Volga Basin and the Development of Measures to Reduce It: Case Study of the Yakhroma River / L. V. Kireycheva, E. A. Lentyaeva, A. D. Timoshkin, V. M. Yashin // *Water Resources*. 2020. Vol. 47. № 5. P. 709-720.

Conclusions. Conclusions. The main share of nutrients in water bodies is diffuse runoff caused by water erosion (melt water (melting snow) and precipitation). At the same time, the main negative pressure is experienced by small rivers, along the banks of which agricultural lands are located. And here we can say with confidence that the solution to the problem of conservation of water resources on a national scale should begin with the solution of the problem of uncontrolled flow of nutrients into small rivers.

Today, the problem of accounting for the uncontrolled intake of pollutants into water bodies is the lack of full, reliable information on the mechanism of diffuse pollution. In this regard, it is necessary to fully study the features and nature of diffuse pollution of water bodies in areas of intensive agricultural activity in accordance with the established criteria:

- the complexity of research (observations are carried out in the «catchment + water body» complex);
- taking into account the frequency of manifestation of diffuse pollution of water bodies;
- taking into account the spatial distribution of diffuse pollution in the catchment area of the reservoir.

Reference

1. Study of the peculiarities of the formation and scale of diffuse pollution formed by large industrial complexes, on the example of the Solikamsk-Bereznikovsky industrial hub / A. P. Lepikhin, A. A. Voznyak, T. P. Lyubimova, Ya. N. Parshakova, Yu. S. Lyakhin, A.V. Bogomolov // *Water Resources*. 2020. Vol. 47. No. 5. P. 560-566.

2. Komarova E. V., Slabunova A. V. The problem of diffuse pollution of water bodies of the Rostov region // *Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture*. 2020. No. 3 (79). P. 9-16.

3. Polyanin V. O. Conceptual approaches to monitoring diffuse pollution of water bodies // *Water resources*. 2020. № 5. P. 622–627.

4. Development of methods for assessing diffuse runoff from urbanized areas by solving inverse problems of water quality modeling. Stage 3. Part 1. Expeditionary work: report on research. Barnaul, 2018. 65 p. <http://www.iwep.ru/OtchetIVEP-3kv-CHast1-espeditsiya.pdf>.

5. Slabunova A. V., Surovikina A. P. On the problem of diffuse pollution of water bodies // *Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems*. 2020. No. 2 (38). P. 124-139. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?N=660&id=668>.

6. Yasinsky S. V., Venitsianov E. V., Vishnevskaya I. A. Diffuse pollution of water bodies and assessment of the removal of nutrients in different scenarios of land use in the catchment // *Water resources*. 2019. Vol. 46. № 2. P. 232–244.

7. Changes in biological indicators of the silver bream *Blicca bjoerkna* at the upper part of the Volga stretch of the Kuybyshev reservoir in connection with the anthropogenic impact / G. F. Glazunova, I. F. Galanin, A. A. Smirnov // 5SPE: Kuwait Oil and Gas Show and Conference. 2019. Vol. 2653. № 01015.

8. Climate warming and the onset of salinization: rapid changes in the limnology of two northern plains lakes / J. Sereda, M. Bogard, J. Hudson, D. Helps, T. Dessouki // *Limnologia*. 2011. Vol. 41. p. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2010.03.002>.

9. Diffuse sources dominate the sulfate load into Finnish surface waters / P. Ekholm, J. Lehtoranta, M. Taka, T. Sallanta, J. Riihimäki // *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 748. № 141297.

10. Longitudinal distribution of macronutrients in the sediments of Jegricka water-course in Vojvodina, Serbia / R. Savic, G. Ondrasek, R. Zemunac, M. Bubalo Kovacic, F. Kranjec, V. Nikolic Jokanovic, A. Bezdan // *Science of the Total Environment*. 2021. Vol. 754. № 142138. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142138>.

11. The Assessment of the Diffuse Pollution from Agricultural Territories in the Upper Volga Basin and the Development of Measures to Reduce It: Case Study of the Yakhroma River / L. V. Kireycheva, E. A. Lentyaeva, A. D. Timoshkin, V. M. Yashin // *Water Resources*. 2020. Vol. 47. № 5. P. 709-720.

Authors Information

Slabunova Alexandra Vasilievna - Senior Researcher, Department of Scientific Support for Creation of Reclamation Systems (NOCMS), Russian Research Institute for Melioration Problems, Novocherkassk, Russian Federation, Candidate of Technical Sciences; shura242007@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6769-3866>; Tel. 8 (928) 129-01-60

Surovikina Anastasia Petrovna - Junior Researcher, Department of Scientific Support for Creation of Reclamation Systems (NOCMS), Russian Research Institute for Reclamation Problems, Novocherkassk, Russian Federation, postgraduate student; nastenka35sur1997@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2966-6485>; Tel. 8 (938) 112-38-41

Komarova Ekaterina Vasilievna - Junior Researcher, Department of Scientific Support for Creation of Reclamation Systems (NOCMS), Russian Research Institute for Reclamation Problems, Novocherkassk, Russian Federation, postgraduate student; EkaterinaKomarova95@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9807-1696>; Tel. 8 (918) 557-80-43

Информация об авторах

Александра Васильевна Слабунова – старший научный сотрудник отдела Научного обеспечения создания мелиоративных систем (НОСМС), Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (РФ, Новочеркасск, пр-т Баклановский, 190/1), кандидат технических наук; shura242007@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6769-3866>; тел. 8(928)129-01-60

Анастасия Петровна Суrowикина – младший научный сотрудник отдела Научного обеспечения создания мелиоративных систем (НОСМС), Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (РФ, Новочеркасск, пр-т Баклановский, 190/1), аспирант; nastenka35sur1997@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2966-6485>; тел. 8(938)112-38-41

Екатерина Васильевна Комарова – младший научный сотрудник отдела Научного обеспечения создания мелиоративных систем (НОСМС), Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации (РФ, Новочеркасск, пр-т Баклановский, 190/1), аспирант; EkaterinaKomarova95@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9807-1696>; тел. 8(918)557-80-43

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-47

GEO-INFORMATION ANALYSIS OF MORPHOMETICAL CHARACTERISTICS OF RELIEF IN THE DRY-STEPPE ZONE

V. A. Silova

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre for Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd

Received 02.07.2021

Submitted 30.08.2021

Summary

The article is devoted to research on the assessment of catchment areas, their agricultural landscape features based on the materials of remote sensing of the Earth and on the basis of electronic thematic maps.

Abstract

Introduction. The possibilities of geo-information technologies in solving issues of environmental monitoring and rational use of agricultural land provide prerequisites for ensuring stable yields. Degradation causes a decrease in soil fertility and the transition of land to unproductive unsuitable for agricultural use. In this regard, the analysis of the morphometric conditions of the functioning of landscapes will ensure the identification of areas predisposed to water erosion. On the basis of the obtained data, the development of measures for the effective protection of the territory is carried out. The aim of the study was to study the geo-morphometric characteristics of the relief and to identify landscapes subject to erosion processes in the research area. **Object.** To analyze the morphometric characteristics of the relief, the landscapes of the dry-steppe zone in the catchment area of the Archeda River were selected. **Materials and methods.** The use of geo-information technologies in combination with aerospace information for terrain analysis allowed us to identify geomorphological features and assess the study area. These technologies enable the rapid identification of hotbeds of erosion and other types of degradation that lead to the loss of agricultural land fertility. **Results and conclusions.** The analysis of morphometric characteristics of the terrain of the test polygon is carried out using the digital terrain model SRTM 3. Based on the results of the assessment, their spatial geostatistical characteristics were revealed, which allowed us to identify erosion-hazardous areas of the catchment relief. An area of 22882,14 ha was studied, and as a result, it was found that surfaces with a steepness of less than 2° predominate, which occupy more than 48 % of the entire territory under study. To study the morphological characteristics of the landscapes of the dry-steppe zone in the catchment area of the Archeda River, the results of remote sensing are used to identify the zones of degradation and determine its level. Geo-information technologies make it possible to develop digital thematic maps together with databases to ensure regular monitoring of agricultural landscapes.

Key words: agro-landscape, catchment area, geo-morphometric characteristics, slope exposure, soil erosion.

Citation. Silova V. A. Geo-information analysis of morphometrical characteristics of relief in the dry-steppe zone. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 3(63). 459-467 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-47.

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

УДК 528.7:551.43:631.459

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬЕФА В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ

В. А. Силова, младший научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 02.07.2021

Дата принятия к печати 30.08.2021

Актуальность. Возможности геоинформационных технологий при решении вопросов экологического мониторинга и рационального природопользования сельскохозяйственных угодий дают предпосылки для обеспечения стабильных урожаев. Деграция вызывает снижение плодородия почв и переход земель в малопродуктивные непригодные для сельскохозяйственного использования. В связи с этим анализ морфометрических условий функционирования ландшафтов обеспечит выявление участков, предрасположенных к водной эрозии. На основе полученных данных осуществляется разработка мероприятий с целью эффективной защиты территории. Целью исследования стало изучение геоморфометрических характеристик рельефа и выявление ландшафтов, подверженных эрозионным процессам, на территории исследований. **Объект.** Для анализа морфометрических характеристик рельефа были выбраны ландшафты сухостепной зоны на водосборе реки Арчеда. **Материалы и методы.** Использование геоинформационных технологий в комплексе с аэрокосмической информацией для анализа рельефа

позволило выявить геоморфологические особенности и оценить территорию исследования. Эти технологии обеспечивают быстрое выявление очагов эрозии и других видов деградации, которые ведут к потере плодородия сельскохозяйственных угодий. **Результаты и выводы.** Проведен анализ морфометрических характеристик рельефа исследуемого полигона с использованием цифровой модели местности SRTM 3. По итогам оценки выявлены их пространственные геостатистические характеристики, что позволило выделить эрозионно-опасные участки рельефа водосборов. Исследована территория площадью 22 882,14 га, в результате было установлено, что преобладают поверхности с крутизной менее 2°, которые занимают более 48 % всей исследуемой территории. Для изучения морфологических характеристик ландшафтов сухостепной зоны на водосборе реки Арчеда применяются результаты дистанционного зондирования, позволяющие выявить зоны деградации и установить ее уровень. Геоинформационные технологии дают возможность разрабатывать цифровые тематические карты совместно с базами данных для обеспечения регулярного мониторинга агроландшафтов.

Ключевые слова: агроландшафты, водосборы, геоморфометрические характеристики агроландшафтов, экспозиция склона, эрозия почв.

Цитирование. Силова В. А. Геоинформационный анализ морфометрических характеристик рельефа в сухостепной зоне. *Известия НВ АУК*. 2021. 3(63). 459-467. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-03-47.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В каждой природной зоне можно рассматривать две особенности – климатическое и внутреннее геоморфологическое строение. Так, территорию ландшафта можно рассмотреть в региональной и зональной зависимости. Наличие на территории зональных областей широтная и долготная дифференциация ландшафтов, вызванная изменением климатических условий, усложняется структурой рельефа и неоднородностью почв, которые определяют изменения ландшафта.

Как следствие, геоморфологическая структура зон в области исследования будет являться основой для дифференцированного подхода к анализу ландшафтов на территории исследований.

Оценка состояния ландшафтов является актуальной задачей в условиях сухостепной зоны. Геоинформационный анализ рельефа, прогнозная оценка динамики процессов деградации агроландшафтов выбранной территории являются важными аспектами для предложений и рекомендаций по проведению мероприятий по созданию устойчивых геосистем.

Ландшафтный аспект оценки территории нацелен на формирование единства рассматриваемого объекта, обусловленной целостностью элементов с окружающей средой.

Для оценки происходящих динамических процессов деградации ландшафтов необходимы электронные тематические карты, формируемые с поддержкой географических информационных систем, такой подход обеспечит сбор и обработку пространственных данных.

Сохранение и приумножение природных территориальных ландшафтов в качестве природных и природно-антропогенных комплексов – значимая задача для населения, проживающего на исследуемой территории. Предупредить или же предотвратить процессы деградации, несомненно, поможет проведение постоянного прогноза состояния ландшафтов, и тем более проблемных участков. Для скорого и высококачественного прогноза на больших площадях на современном рубеже используем аэрокосмический способ, который позволяет выявить информацию о состоянии экосистем.

Оценка состояния ландшафтов с учетом индивидуальностей рельефа, пространственной почвенной дифференциации и растительности водоразделов левобережья Дона способствует грамотной организации сельскохозяйственного производства и ландшафтного планирования мелиоративных мероприятий.

Целью исследования является выявление особенностей геоморфометрических характеристик площадей водосборов, их ландшафтных особенностей по материалам дистанционного зондирования Земли и на базе тематических карт сухостепной зоны, на основе космических снимков с применением геоинформационных технологий.

Исследуемый объект – водосбор реки Арчеда. Территория рассматриваемого полигона расположена в границах Фроловского и Михайловского районов Волгоградской области. Изучаемый полигон находится в сухостепной зоне, относящейся к Восточно-Европейской равнине, на юго-западе Волгоградской области. Этому региону соответствует зона каштановых почв. Территория исследований размещена на равнине речки Дон, в границах урочища Арчедино-Донских песков [11].

Рельеф земли плоскоравнинный, он осложнен неглубокими балками. Абсолютные отметки высот находятся в диапазоне от 82,61 до 134,64 м.

В геологическом строении места присутствуют четвертичные верхнемеловые отложения.

Материалы и методы. Теория изучения ландшафтно-геоморфологических особенностей определяет применение моделирования как состояния ландшафтных объектов, так и процессов, протекающих в таких зонах. Для изучения динамики геосистем применяются геоинформационные технологии во взаимосвязи с инструментами геостатистики, позволяющие отразить характерные особенности территории исследования [1].

Рельеф является основополагающей частью ландшафта и формирует устойчивость в целом. При изменении рельефа сложившаяся экосистема будет тоже меняться. Влияние деградационных процессов на морфометрические характеристики рельефа отождествляются с нарушением поверхностного слоя, вызванным ветровой и водной эрозией [2].

Геоинформационные приемы способствуют исследованию и картографированию природных элементов, обеспечивают определение точного географического положения изучаемых объектов и процессов, которые протекают, а также получение их высококачественных и количественных биогеофизических данных.

Использование геоинформационного анализа ландшафтов как главного подхода к исследованию земли позволяет за короткое время получить информацию о совокупных пространственных данных, сократив при этом объем наземных исследований, обеспечив научную обоснованность и достоверность полученных результатов [8].

Получить своевременные сведения о состоянии природных комплексов на больших территориях с необходимой детализацией возможно с использованием геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования [12, 13].

Анализ состояния ландшафтов с применением геоинформационных методов и программ дает возможность выявить специфику морфометрических характеристик рельефа. Исследование материалов разновременных снимков для оценки рельефа дает возможность выявить и оценить процессы и явления, недоступные для определения наземными исследованиями [14].

Для воплощения установленных задач применяются программные средства ГИС, например, QGIS, Global mapper, Surfer, которые позволяют проводить геоинформационную обработку и анализ космокарт, созданных по космоснимкам, строят профили местности, цифровые модели рельефа (ЦМР), создают изолинейные и тематические карты и т.д. Полученные со спутников снимки обрабатываются, дешифрируются и анализируются для выявления характеристик рельефа.

Картографический материал разрабатывается на цифровой топографической платформе по космоснимкам с применением геоинформационных технологий в виде тематических карт со слоями (в программах GlobalMapper, Surfer и QGIS).

Анализ морфометрических характеристик рельефа исследуемого полигона проведен с применением цифровой модели рельефа (ЦМР) AsterGDEM и цифровой модели местности (ЦММ) SRTM 3. Оценка точности, погрешностей отмечена в работе И. В. Онькова, средняя величина смещения составляет 0,32 м, что меньше допустимой средней ошибки положения контура для масштаба ортофотоплана 1 : 2000 [6, 10].

В качестве основы используются топографические карты, к которым привязываются все нужные пространственные данные. Определить рельеф участка, подстилающий структуру пород, а также протекающие процессы деградации помогут геоморфологическая и литологическая карты. Космические снимки и аэро(фото)снимки выступают основным источником информации о деградации почв, даже на слабо расчлененных равнинных ландшафтах [4, 5, 7].

Результаты и обсуждение. Главным ресурсом данных о ландшафтах и их состоянии являются оптические и радарные снимки Земли. Информация по данным цифровой модели рельефа может быть использована для картографирования структуры ландшафта и визуализации как в виде гипсометрической карты, так и в трехмерном виде с применением моделирующих программ. Использование геоинформационных технологий в картографировании ландшафтов основывается на формировании картографических слоев, отражающих основные компоненты ландшафта рассматриваемого участка.

Исследуемый полигон расположен по правому берегу р. Арчеды, где она впадает в р. Медведицу и представляет собой территорию в границах Фроловского и Михайловского районов Волгоградской области общей площадью 22,8 тыс. га сухостепной провинции. По почвенно-географическому районированию полигон преимущественно включает в себя темно-каштановые и каштановые почвы.

С целью наиболее подробного изучения рельефа исследуемой территории созданы карты высот и крутизны склонов. Использование цифровой модели рельефа позволило выявить особенности характеристик как полигона в целом, так и отдельных участков, и определить, что перепад высот составляет 114,4 м, средний уклон склона – 1,4, максимальный – 4,91, И достоверно демонстрирует, что полигон расположен в небольшом интервале углов от 0 до 4, стандартное отклонение – 0,55. Построенная карта высот наиболее точно дает возможность выявить расчлененные участки и наметить объекты с целью дальнейшего детального изучения и подготовки агрохозяйственных и лесомелиоративных мероприятий (рисунок 1).

Моделирование и детализированное рассмотрение рельефа по созданной цифровой модели дает ресурс для разработки обоснованных зависимостей отображения периодичных процессов, позволяет провести расчеты и разработать картографические слои уклонов и углов наклона склонов, длину склонов на нужном участке территории, собственно, что считается основным условием для анализа и комплексной оценки компонентов ландшафта. Основные материалы для исследования проведены с помощью дистанционной оценки ландшафта, по результатам которых и сделан анализ рельефа по следующим пунктам: рельеф территории, крутизна склонов, водосборов и экспозиции склонов [4, 7]. Рельеф исследуемой территории представляет в основном пологие южные склоны Приволжской возвышенностей, между которыми находится Донская равнина.

Важным признаком, выявляющим вероятность проявления эрозионных процессов на территории водосборов, является экспозиция склонов. Южные склоны наиболее предрасположены развитию водной эрозии и имеют наибольшую крутизну. Экспозиции склонов распределены таким образом, что на южную ориентацию склонов приходится 48,1 %, на северную – 31,5 %, западную – 4,6 %, восточную – 15,8 %. Так, южные склоны занимают 11 тыс. га (рисунок 2).

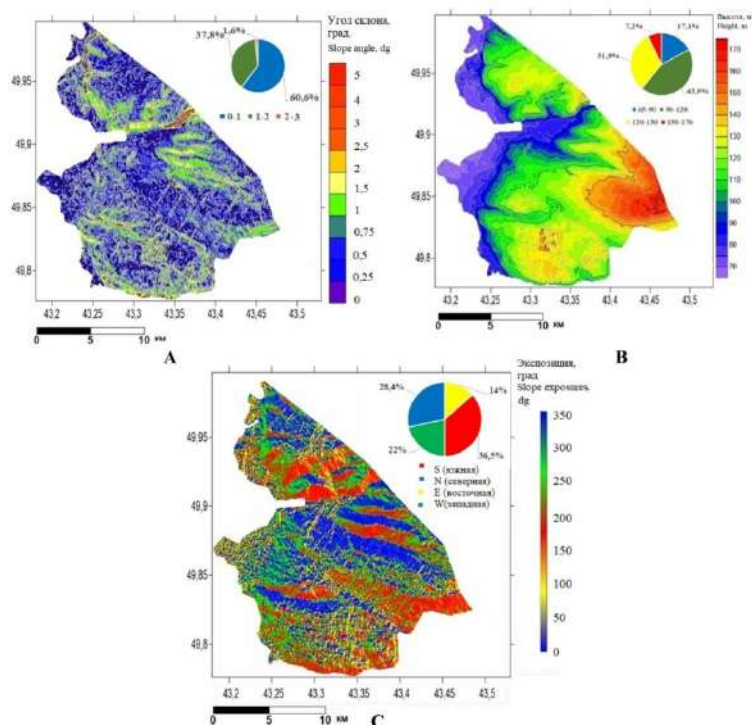


Рисунок 1 – Карты геоморфометрических характеристик полигона исследования
А) высот склонов В) крутизны склонов С) экспозиций склонов

Figure 1 – Maps of the geomorphological characteristics of the research sit
А) slope heights В) slope steepness С) slope exposures

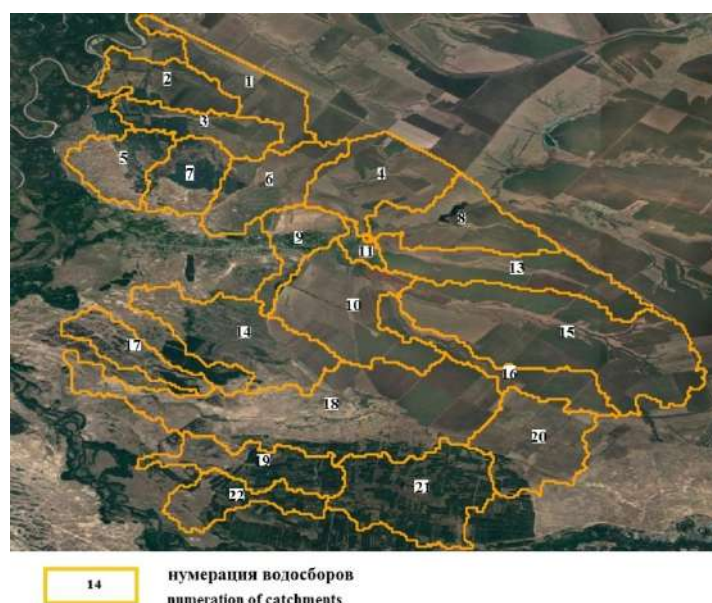


Рисунок 2 – Схема водосборов территории полигона исследования

Figure 2 – Scheme of catchments on the territory of the research site

С помощью программного обеспечения геоинформационных программ исследована цифровая модель рельефа. Были построены карты по высоте, крутизне и экспозиции склонов, водосборных участках, рельефе (таблица 1).

Проведена геоморфометрическая оценка рельефа и разработаны аналитические карты рельефа ландшафта, отражающие размещение полей в рельефе, а также карты крутизны, уклонов и экспозиции склонов, дающие возможность выявить корреляцию состояния сельскохозяйственных угодий и характеристик рельефа.

Таблица 1 – Геоморфометрические характеристики водоразделов исследуемого полигона

Table 1 – Geomorphologic characteristics of the watersheds of the test site

Номер водосбора / Numeration of catchments	Площадь водосбора, га / Catchment area, ha	Площадь по крутизне склона, % / Area by slope steepness, %				Перепад высот, м / Height difference, m
		<1°	1°-2°	2°-3°	>3°	
1	815,78	29,5	66,9	3,6	0	97,8
2	693,66	10,6	80,4	5,7	3,3	70,0
3	642,65	6,4	83,0	9,2	1,4	81,3
4	1130,63	0,7	93,8	5,5	0,0	99,8
5	673,75	4,1	88,6	7,2	0,1	72,2
6	900,20	8,1	90,5	1,5	0	97,3
7	633,70	3,4	95,0	1,6	0	70,5
8	983,75	0	82,3	9,9	7,8	85,3
9	560,48	2,5	82,5	15,0	0	80,7
10	6,04	86,4	13,6	0,0	0	82,3
11	1486,36	21,7	78,3	0,0	0	92,5
12	147,13	39,0	60,3	0,7	0	81,4
13	1184,13	6,9	91,7	1,4	0	115,9
14	1430,66	7,6	92,4	0,0	0	97,0
15	2826,66	6,9	92,8	0,3	0	141,1
16	764,63	14,6	84,0	1,4	0	127,4
17	555,44	24,5	75,5	0,0	0	69,0
18	3328,97	9,0	89,0	2,0	0	117,4
19	807,79	1,0	99,0	0	0	112,0
20	1144,57	3,1	96,9	0	0	113,6
21	1541,06	5,9	94,0	0,1	0	126,0
22	624,11	10,8	87,2	2,0	0	81,4
Всего	22882,14	8,8	88,3	2,5	0,5	

Выводы. По итогам оценки геоморфометрических характеристик рельефа водосбора реки Арчеда в сухостепной зоне и анализа разработанной изолинейной карты высот; карты водосборов; карты уклонов местности; карты экспозиции склонов были выявлены особенности структуры ландшафта выбранной территории.

Рассмотрен полигон площадью 22 882,14. Геоинформационный анализ отразил преимущественно южную экспозицию склонов, они располагаются на площади 11 005,0 га, склоны до 2 расположены на площади 22 211,32 га. Суммируя изложенное, можно отметить, что изменения высот водораздельных склонов южной экспозиции предполагают высокую эрозионную расчлененность водоразделов и высокую эрозионную опасность.

В результате анализа геоморфометрических характеристик рельефа агроландшафтов сухостепной зоны проведена оценка состояния рассматриваемого полигона с применением ГИС-технологий, позволяющих быстро обрабатывать, передавать информацию, создавать картографическую информацию, производить быстрый анализ процессов, происходящих на больших территориях страны. По полученным зависимостям скорости происходящих процессов, устанавливаются будущие предпосылки раз-

вития исследуемого ландшафта. Применяя программные комплексы с привязкой нужной информации, расчетов данных, обобщения большого количества исходных данных, мы можем выполнить следующие задачи: изучить методику создания электронных карт; определить принадлежность земель, создать карты, такие как функционального зонирования; изолинейная карта высот; карта водосборов; карта уклонов местности; карта экспозиции склонов; разработать перспективный план по восстановлению нарушенных ландшафтов в пределах исследуемого полигона.

Библиографический список

1. Афонин А. Н., Соколова Ю. В. Эколого-географический анализ и моделирование распространения биологических объектов с использованием ГИС. СПб: Изд-во ВВМ, 2018. 121 с.
2. Барабанов А. Т., Кулик А. В. Научное обоснование инновационного проекта агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства балочных водосборов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 67–73.
3. Геоморфологическое районирование на основе цифровых моделей рельефа (по данным SRTM для верхнего Поднепровья) / Г. В. Лобанов [и др.] // Геоморфология. 2020. № 3. С. 44–55.
4. Оньков И. В. Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования космических снимков высокого разрешения // Геоматика. 2011. № 3. С. 40–46.
5. Рулев А. С., Юфев В. Г., Рулев Г. А. Почвенно-геоморфологическая катена “Малый Сырт – Прикаспий” // Геоморфология. 2020. № 1. С. 22–33.
6. Рулев А. С., Кошелева О. Ю., Шинкаренко С. С. Геоморфологические критерии проведения лесомелиорации ландшафтов (на примере Приэльтонья) // Геоморфология. 2017. № 2. С. 63–71.
7. Рычагов Г. И. Геоморфология. 4-е изд. М.: Издательство Юрайт, 2018. 396 с.
8. Селезнева А. В., Дедова И. С. Морфогенетический анализ эрозионного рельефа Волгоградского правобережья // Геоморфология. 2019. № 4. С. 88–101.
9. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev [et al.] // Journal of Forest Science, 2019. № 65. P. 195–202.
10. Denisova E. V. Geoinformation analysis of agrolandscape components for land management, cadastre and monitoring of irrigated lands // Geodesy and Cartography. 2021. No. 967 (1). P. 56–64.
11. Denisova E. V., Silova, V. A. The current state analysis of the agro-forest landscape components based on the geoinformational systems usage // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. C. 052062.
12. Florinsky I. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2012. 379 p.
13. Kuzmina Zh. V., Shinkarenko S. S., Solodovnikov D. A. Main Tendencies in the Dynamics of Floodplain Eco-systems and Landscapes of the Lower Reaches of the Syr Darya River under Modern Changing Conditions // Arid Ecosystems. 2019. V. 9. No 4. P. 226–236.
14. Mehrer M. W., Wescott K. L. GIS and Archaeological Site Location Modelling. Edited by CRC Press Taylor & Francis Group, 2006. 454 p.

Conclusions. Based on the results of the assessment of the geomorphometric characteristics of the relief of the Archeda River drainage in the dry-steppe zone and the analysis of the developed isolinear elevation map; catchment maps; terrain slope maps; slope exposure maps, the features of the landscape structure of the selected territory were identified.

The polygon with an area of 22,882. 14 is considered. The geoinformation analysis reflected mainly the southern exposure of the slopes, they are located on an area of 11,005. 0 hectares, slopes up to 2 are located on an area of 22,211. 32 hectares. Summing up the above, it can be noted that changes in the heights of the watershed slopes of the southern exposure suggest a high erosion fragmentation of the watersheds and a high erosion hazard.

As a result of the analysis of the geomorphometric characteristics of the relief of agricultural landscapes of the dry-steppe zone, the assessment of the state of the polygon under consideration was carried out using GIS technologies that allow quickly processing, transmitting information, creating cartographic information, and making a quick analysis of processes

occurring in large areas of the country. According to the obtained dependences of the speed of the processes occurring, the future prerequisites for the development of the studied landscape are established. Using software complexes with the binding of the necessary information, data calculations, generalization of a large number of source data, we can perform the following tasks: study the methodology for creating electronic maps; determine the ownership of land, create maps, such as functional zoning; isolinear elevation map; catchment map; terrain slope map; slope exposure map; develop a long-term plan for restoring disturbed landscapes within the studied polygon.

Reference

1. Afonin A. N., Sokolova Y. V. Ecological and geographical analysis and modeling of the distribution of biological objects using GIS. St. Petersburg: VVM Publishing House, 2018. 121 p.
2. Barabanov A. T., Kulik A. V. Scientific substantiation of the innovative project of agroforestry adaptive landscape arrangement of gulch catchments // Russian Agricultural University Complex: Science and Higher Professional Education. 2017. No. 2 (46). 3. 67-73.
3. Geomorphological zoning based on digital elevation models (SRTM according to the upper Dnieper) / G. V. Lobanov [et al.] // Geomorphology. 2020. No. 3. P. 44-55.
4. Onkov I. V. Evaluation of the accuracy of SRTM heights for the purposes of orthotransformation of high-resolution satellite images // Geomatika. 2011. No. 3. Pp. 40-46.
5. Rulev A. S., Yuferev V. G., Rulev G. A. Soil-geomorphological catena "Maly Syrt-Prikaspiy" // Geomorphology. 2020. No. 1. P. 22-33.
6. Rulev A. S., Kosheleva O. Yu., Shinkarenko S. S. Geomorphological criteria for forest reclamation of landscapes (on the example of the Elton Region) // Geomorphology. 2017. No. 2. P. 63-71.
7. Rychagov G. I. Geomorphology. 4th ed., Moscow: Yurayt Publishing House, 2018. 396 p.
8. Selezneva A. V., Dedova I. S. Morphogenetic analysis of the erosive relief of the Volgograd right bank // Geomorphology. 2019. No. 4. P. 88-101.
9. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev [et al.] // Journal of Forest Science, 2019. № 65. P. 195-202.
10. Denisova E. V. Geoinformation analysis of agrolandscape components for land management, cadastre and monitoring of irrigated lands // Geodesy and Cartography. 2021. No. 967 (1). P. 56-64.
11. Denisova E. V., Silova, V. A. The current state analysis of the agro-forest landscape components based on the geoinformational systems usage // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. C. 052062.
12. Florinsky I. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2012. 379 p.
13. Kuzmina Zh. V., Shinkarenko S. S., Solodovnikov D. A. Main Tendencies in the Dynamics of Floodplain Eco-systems and Landscapes of the Lower Reaches of the Syr Darya River under Modern Changing Conditions // Arid Ecosystems. 2019. V. 9. No 4. P. 226-236.
14. Mehrer M. W., Wescott K. L. GIS and Archaeological Site Location Modelling. Edited by CRC Press Taylor & Francis Group, 2006. 454 p.

Authors Information

Silova Victoria Alexandrovna, junior researcher of laboratory of GIS modeling and mapping of agroforest landscape FSC of agroecology RAS (Russia, 400062, Volgograd, University ave., 97). E-mail: E-mail: viktoriatem@mail.ru

Информация об авторе

Силова Виктория Александровна, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), E-mail: viktoriatem@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY

Байбеков Р.Ф., Яшин И.М., Белопухов С.Л., Рамазанов С.Р. Факторы и процессы эволюции черноземов в условиях органического сельского хозяйства и ландшафтов Среднего Поволжья Baibekov R. F., Yashin I. M., Belopukhov S. L., Ramazanov S. R. Factors and processes of the chernozem evolution in the conditions of organic agriculture and landscapes of the Middle Volga region.....	14
Кулик К. Н., Манаенков А. С., Есмагулова Б.Ж. Лесная мелиорация пастбищ засушливой зоны РФ и пути повышения ее эффективности Kulik K. N., Manayenkov A. S., Yesmagulova B. Zh. Forest pasture reclamation in the dry zone of the russian federation and the ways to increase its efficiency.....	30
Ахмедов А.Д., Абдуова Р.Ю. Влияние орошения и удобрений на рост и развитие белокочанной капусты Akhmedov A.D., Abduova R.Yu. Influence of irrigation and fertilizers on growth and development of white cabbage.....	40
Барабанов А. Т. Оценка взаимодействия талой воды с мерзлой почвой Barabanov A. T. Assessment of the interaction of melt water with frozen soil.....	52
Бекузарова С.А., Буянкин В.И., Назарова М.В., Датиева И.А. Перспективы рыжика масличного в биологическом земледелии Bekuzarova S.A., Buyankin V.I., Nazarova M.V., Datieva I.A. Prospects of oilseed camelina in biological agriculture.....	61
Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Экономическая эффективность возделывания сортов и гибрида столовой свеклы в условиях Астраханской области Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. Economic efficiency of cultivating of varieties and hybrid of table beet in the conditions of Astrakhan region.....	69
Зеленев А. В., Сухарева Е. П., Беликина А. В. Агроэкономическая оценка продуктивности сортов пшеницы озимой на южных черноземах Волгоградской области Zelenev A. V., Sukhareva E. P., Belikina A. V. Agroeconomic assessment of the productivity of winter wheat varieties in the southern chernozems of the Volgograd region.....	77
Мамин В.Ф., Вронская Л.В. Состояние лиманов как пример антропогенной регрессии локальных луговых экосистем Mamin V. F., Vronskaya L. V. The state of limans as an example of anthropogenic regression of local meadow ecosystems.....	88

Толоконников В. В., Мухаметханова С. С., Канцер Г. П., Вронская Л. В. Влияние орошения, удобрения и фактора сорта на урожайность сои в условиях Нижнего Поволжья Tolokonnikov V.V., Mukhametkhanova S.S., Kantser G.P., Vronskaya L.V. The influence of irrigation, fertilization and variety factor on the yield of soybeans in the Lower Volga region.....	95
Турчин Т. Я., Танюкевич В. В., Баканов И. А. Оценка качества и санитарного состояния культур ГЗЛП Воронеж – Ростов-на-Дону в условиях Ростовской области Turchin T.Y., Tanyukevich V.V., Bakanov I.A. Assessment of the quality and sanitary condition of crops of the state protective forest strip Voronezh – Rostov-on-Don in the rostov region conditions.....	104
Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н., Черник Д. В. Влияние стимуляторов роста на урожайность и экономическую эффективность лука репчатого в условиях аридной зоны Астраханской области Tyutyuma N.V., Bondarenko A. N., Chernik D. V. The influence of growth stimulators on the yield and economic efficiency of onions in the conditions of the arid zone of the Astrakhan region.....	115
Ганиев М. А., Кружилин И. П., Родин К. А., Невежина А. Б., Фомин С. Д. Среднеспелый высокопродуктивный аэробный сорт риса Сталинград 1 для орошения периодическими поливами Ganiev M. A., Kruzhilin I. P., Rodin K. A., Nevezhina A. B., Fomin S. D. Mid-season and highly productive aerobic rice variety Stalingrad 1 for irrigation by periodic watering.....	122
Куликова Н.А., Пятых А.М., Лаптина Ю.А., Гиченкова О.Г. 3D визуализация ландшафта на примере территории жилого дома Kulikova N. A., Pyatykh A. M., Laptina Y. A., Gichenkova O.G. 3D visualization of the landscape on the example of the territory of a residential building..	132
Маркова И.Н., Гузенко А. Ю., Солонкин А. В. Перспективы создания адаптивных сортов твёрдой пшеницы для Волгоградской области Markova I. N., Guzenko A. Yu., Solonkin A. V. Prospects for the creation of adaptive durum wheat varieties for the Volgograd region...	141
Митрофанов Д.В., Ткачёва Т.А. Продуктивность мягкой пшеницы в зависимости от активности микроорганизмов и содержания нитратного азота на южных чернозёмах Оренбургского Предуралья Mitrofanov D.V., Tkacheva T.A. Productivity of soft wheat depending on the activity of microorganisms and the content of nitrate nitrogen in the southern chernozems of the Orenburg Urals.....	152
Романов Б. В., Пимонов К. И., Сорокина И. Ю. Перспективный исходный селекционный материал из <i>Triticum Turgidum</i> Romanov B. V., Pimonov K. I., Sorokina I. Yu. Promising source breeding material from <i>Triticum turgidum</i>	165
Хожанов Н. Н. Методика расчета суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур Khozhanov N.N. Methodology of calculation of total water consumption of agricultural cultures.....	174

Панченко Л.С.

Оценка качества природной среды по флуктуирующей асимметрии листовых пластинок вяза мелколистного (*Ulmus Pumila L.*) в п. Октябрьский Калачевского района Волгоградской области

Panchenko L. S.

Evaluation of the quality of the natural environment by fluctuating asymmetry of leaf blades of small-leaved elm (*Ulmus Pumila L.*) in the settlement «Oktyabrsky» of Kalachevsky district of the Volgograd region..... 181

Кигоуи Гертруде, Зайцев С.В.

Оценка урожайности и адаптивности крупноплодных томатов с различной окраской плодов в условиях Нижнего Поволжья

Keegoui Gertrude, Zaitsev S. V.

Assessment of yield and adaptability of large fruited tomatoes with different colors under the conditions of the Lower Volga region..... 190

Поляков Д. П., Тютюма А. В.

Влияние способов основной обработки почвы на урожайность зерновых культур в Северном Прикаспии

Polyakov D. P., Tyutyuma A. V.

Influence of basic soil treatment methods on the yield of grain crops in the Northern Caspian..... 199

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ / AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS

Варакин А. Т., Ряднов А.А., Саломатин В. В., Кулик Д. К., Муртазаева Р. Н., Хазыков В. А.

Гематологические показатели бычков при введении в рационы селеносодержащих добавок

Varakin A. T., Ryadnov A.A., Salomatin V. V., Kulik D. K., Murtazaeva R. N., Khazykov V. A.

Hematological indicators of bulls when introducing selenium-containing additives in diets.... 209

Ранделин Д. А., Сложенкина М. И., Эльбяри Мохсен А. М. Я.,

Воронцова Е. С. Батракова Ю. М.

Рыбоводно-биологическая характеристика сибирского осетра при выращивании на основе комбикормов с белковым концентратом из белого люпина

Randelin D. A., Slozhenkina M. I., El'byari Mokhsen A. M. Ya, Vorontsova E. S., Batrakova Yu. M.

Fish, water and biological characteristics of the siberian sturgeon when growing on the basis of compound feeds with a protein concentrate from white lupine..... 218

Григорьев М. Ф.

Влияние нетрадиционных кормовых добавок в кормлении крупного рогатого скота на химический состав говядины в условиях Якутии

Grigorev M. F.

The influence of non-traditional feed additives in feeding cattle on the chemical composition of beef in Yakutia..... 227

Лейбова В. Б., Позовникова М. В.

Продуктивные качества и особенности метаболического профиля крови в середине лактации у коз зааненской породы (*Capra Hircus*) с разным возрастом первого окота.

Leibova V. B., Pozovnikova M. V.

Productive qualities and features of the metabolic blood profile in the middle of lactation in Saanen goats (*Capra hircus*) with different ages at first kidding 234

Перерядкина С. П., Авдеенко В. С., Гальченко В. А., Альмтаев Э. А. Морфологическая характеристика яичников у мясного скота при дисфункциональном состоянии гонад Pereryadkina S. P., Avdeenko V. S., Galchenko V. A., Almtaev E. A. Morphological characteristics of ovaries in meet cattle at dysfunctional state of the gonad.....	244
Чекрышева В. В., Фетисов Л. Н., Святогорова А. Е., Кононенко К. Н. Токсичность катионо-активного соединения амида миристиновой кислоты для аквариумных рыб Chekrysheva V. V., Fetisov L. N., Svyatogorova A. E., Kononenko K. N. Toxicity of the cationic active compound of myristic acid amide for aquarium fish.....	254
Чучунов В. А., Злепкин В. А., Плотников В. П., Радзиевский Е. Б. Прогнозирование молочной продуктивности коров Chuchunov V.A., Zlepkin V.A., Plotnikov V.P., Radzievsky E.B. Forecasting of dairy productivity of cows.....	262
Ланец О. В., Гринь В. А., Семененко М. П., Кузьминова Е. В. Фармакокоррекция метаболического и антиоксидантного профиля коров в ранний послеродовой период Lanets O. V., Grin V. A., Semenenko M. P., Kuzminova E. V. Pharmacological correction of the metabolic and antioxidant profile of cows in the early post-calving period.....	277
Варакин А. Т., Саломатин В. В., Корнилова В. А., Кулик Д. К., Хазыков В. А., Воронцова Е. С. Производство говядины с использованием кормовых добавок Varakin A. T., Salomatina V. V., Kulik D. K., Kornilova V. A., Khazykov V. A., Vorontsova E. S. Production of beef using feed additives.....	282
Рудь Е.Н., Гринь В.А., Кузьминова Е.В., Семененко М.П. Влияние природного метамодулятора на биохимические показатели и продуктивность молочных коров в условиях юга России Rud E. N., Grin V. A., Kuzminova E. V., Semenenko M. P. Influence of a natural metamodulator on biochemical indicators and productivity of dairy cows in the conditions of the South of Russia.....	291
Чучунов В.А., Радзиевский Е.Б. Злепкин В.А. Конобле Т.В., Радзиевская Ю.В. Экономическая эффективность лечения медоносных пчел от варроатоза при ведении органического животноводства Chugunov V. A., Radzievsky E. B., Zlepkin V. A., Konoplei T. V., Radzievskaya Yu. V. Economic efficiency of treatment of honey bees against varroaosis in the conduct of organic livestock.....	300

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ/
TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING**

Дубенок Н.Н., Майер А.В. Управление технологией орошения многолетних насаждений при дождевании. Dubenok N.N., Mayer A.V. Control of irrigation technology for permanent plants with sprinkling.....	311

Борисенко И. Б., Скрипкин Д. В., Мезникова М. В., Бобриков Д. В. Модульное почвообрабатывающее орудие Borisenko I.B., Skripkin D.V., Meznikova M. V., Bobrikov D.V. Modular soil tillage tool.....	318
Неверов Е.Н., Короткий И.А., Коротких П.С., Неверова О.А., Проскурякова Л.А. Исследование влияния диоксида углерода на снижение потери влаги при холо- дильном хранении копченой рыбы Neverov E. N., Korotkiy I. A., Korotkih P. S., Neverova O. A., Proskuryakova L. A. Study of the effect of carbon dioxide on reducing moisture loss during cold storage of smoked fish.....	327
Нехорошев Д. А., Нехорошев Д. Д., Кузнецов И. В., Нехорошев Н. Д. Методика выбора решёт для очистки подсолнечника на зерноочистительных ма- шинах Nekhoroshev D.A., Nekhoroshev D.D., Kuznetsov I.V., Nekhoroshev N.D. Selection procedure for sunflower cleaners on grain cleaning machines.....	337
Новиков А.Е., Васильев П.С., Дугин Е.А., Филимонов М.И. Оценка работоспособности малогабаритных станций биологической очистки коммунальных стоков при переменных нагрузках Novikov A.E., Vasilyev P.S., Dugin E.A., Filimonov M.I. Estimation of working capacity of small-sized biological treatment plants of municipal waste under variable loads.....	344
Ряднов А. И., Федорова О. А., Мамахай А. К. Результаты исследований усилия резания кормовой свёклы при измельчении Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Mamahai A. K. Results of research of the cutting force of fodder beets during grinding.....	356
Салугин А.Н., Власенко М.В. Аналитическое моделирование деградации аридных пастбищ Salugin A.N., Vlasenko M.V. Analytical modeling of arid pasture degradation.....	366
Юрченко И.Ф. Специфика цифровых технологий по регулированию мелиоративного режима агроэкосистемы Yurchenko I. F. The specifics of digital technologies for regulating the reclamation regime of the agro- ecosystem.....	376
Слабунова А. В., Слабунов В. В. Способ защиты склонов от водной эрозии Slabunova A. V., Slabunov V. V. Method for protecting slopes from water erosion.....	388
Грибенченко А. В., Ряднов А. И. Повышение долговечности деталей машин сельскохозяйственного назначения из железоуглеродистых сплавов за счёт термической обработки Gribenchenko A.V., Ryadnov A. I. Increasing the service life of agricultural machine parts from iron-carbon alloys by the thermal treatment.....	396

Гринь В. Г., Пахомов А. А., Колобанова Н. А., Шишкин А. С. Антикоррозийные покрытия как фактор обеспечения прочностных показателей реконструируемых металлических трубопроводов Grin V. G., Pachomov A.A., Kolobanova N.A., Shishkin A. S. Anti-corrosion coatings as a factor in ensuring the strength indicators of reconstructed metal pipelines.....	404
Корженевский Б. И., Толкачев Г. Ю., Коломийцев Н. В., Ильина Т. А. Особенности загрязнения донных отложений малых рек тяжелыми металлами в результате различной хозяйственной деятельности Korzhenevskiy B. I., Tolkachev G. Yu., Kolomiytsev N. V., Ilina T. A. Features of pollution of sediments of small rivers with heavy metals as a result of various economic activities.....	415
Кошелева О. Ю., Шинкаренко С. С., Гордиенко О. А., Омаров Р. С., Дубачева А. А. Сезонные и многолетние особенности температуры поверхности в городах засушливой зоны (на примере городов юго-востока европейской части России и Западного Казахстана) Kosheleva O.Yu., Shinkarenko S.S., Gordienko O.A., Omarov R.S., Dubacheva A.A. Seasonal and long-term features of surface temperature in the cities of the dry zone (on the example of cities in the south-east of the European part of Russia and Western Kazakhstan).....	426
Белоусов И.С., Рогачев А. Ф. Создание нейросетевого сервиса для выявления проблемных участков сельскохозяйственных полей Belousov I.S., Rogachev A. F. Creating a neural network service for identifying problem areas of agricultural fields.....	439
Слабунова А. В., Суровикина А. П., Комарова Е. В. К вопросу планирования и проведения натурных исследований диффузного загрязнения водных объектов Slabunova A.V., Surovikina A. P., Komarova E. V. The question of planning and conducting of local studies of diffuse pollution of water objects.....	448
Силова В. А. Геоинформационный анализ морфометрических характеристик рельефа в сухостепной зоне Silova V. A. Geo-information analysis of morphometrical characteristics of relief in the dry-steppe zone.....	459
Содержание.....	468

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2021

**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 2021

The editorial staff of the journal in its activities is guided by the principles of science, objectivity and impartiality

The content of the article should correspond to one of the following branches of science and groups of specialties:

Technical sciences Agricultural sciences

☐ 05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

☐ 06.01.00 Agronomy

☐ 06.02.00 Veterinary and Zootechnics

1. Technical analysis of the manuscript is carried out by the executive secretary of the journal, according to the requirements for the authors, within three days after the submission of the manuscript in electronic form (izvestiya-volgau@mail.ru) and is sent for verification of the absence of illegal borrowing, to determine the originality of the author's text to the Center for Scientometric Analysis International Indexing Systems (NAMSI) (izvestplag@mail.ru).

2. Checking links to sources used, determining the degree of borrowing, the volume of originality of the author's text is carried out within three days for all collections in the Antiplagiat.ru system. The permissible volume of citations (correct legitimate borrowing) is no more than 30% of the total volume of the article (illegal borrowing is not allowed!) In accordance with COPE.

3. Submission for review is carried out by the deputy. after three days of technical analysis and verification of the originality of the author's text. The publication reviews all incoming materials that correspond to its subject with the purpose of their expert evaluation. Reviewing the article is carried out by independent experts of the journal (at least 2) within no more than 30 days from the date of receipt of the manuscript. All reviewers are recognized experts on the subject of peer-reviewed materials and have published over the past 3 years on the subject of a peer-reviewed article. Reviews are kept in the publishing house and in the editorial office of the publication for 5 years. If there are significant comments, the manuscript is returned to the authors with a written list of comments requiring elimination. The journal uses double-blind reviewing: the reviewer and the author do not know each other's names.

5. Repeated reviewing is carried out after the submission of a variant of the article, with the comments removed, for no more than 30 days. If the manuscript is returned three times with the comments of the reviewer, the question of its acceptance or rejection is decided at a meeting of the editorial board.

6. The decision to publish is made in accordance with the Editorial Charter by the editor-in-chief on the basis of scientific reviews and opinions of members of the editorial board. When deciding on publication, the editor-in-chief is guided by the reliability of the data presentation and the scientific significance of the work under consideration.

7. If a decision is made to publish within three days, the manuscript of the article is submitted to a professional translator for proofreading and editing the English part of the article, which takes two days.

8. Reviews are provided to the authors of manuscripts and at the request of expert advice at the Higher Attestation Commission. In the event of a refusal to publish an article, the editorial office sends a motivated refusal to the author. Manuscripts are non-refundable.

ARTICLE REQUIREMENTS

The paper should comply with the Interstate and National Publishing Standards of the Russian Federation.

The article is submitted to the publishing and publishing center in printed form (on A4 sheets) in 2 copies with an electronic version attached (in Word Windows format) that completely matches the paper version. The article should have UDC (can be determined on the website <http://teacode.com/online/udc/>). The number of authors is not more than four.

The article is typed in a Microsoft Word word processor with the following settings: page margins above, below - 2.4 cm; left, right - 2.8 cm. The style is normal. Font - Times New Roman, font size 12. Line spacing for text - single, for tables - single, alignment mode - width, hyphenation - automatic. The indent should be the same in the text - 1.27 cm.

Drawings, diagrams, photographs are presented in PDF, JPEG, TIFF format with a resolution of at least 300 dpi (scanning tables, diagrams, drawings is not allowed).

The article contains: UDC, title of the article, initials and surname of the author (s), academic degree, 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 (63), 2021

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 3 (63), 2021**

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 ПИ573

Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Электронная почта *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Дата выхода 01.10.2021.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 340.

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 (63), 2021**

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 14.02.2012

Federal Service for Supervision of Communications,
information technology and mass communications

Published since 2006 Published 4 times a year.

Subscription Index ПИ573

Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26

Email *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Release Date 01.10.2021.

Edition 1000 (first factory 100). Order 340.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price