

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 4 (64), 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

№ 4 (64), 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**

№ 4 (64), 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**

№ 4 (64), 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

№ 4 (64), 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

№ 4 (64), 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

06.01.08 Fruit growing, viticulture

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

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

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

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

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

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

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

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

06.01.09 Овощеводство

06.01.09 Vegetable-growing

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

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

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

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

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

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

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией

06.02.03 Veterinary pharmacology with toxicology

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.04 Ветеринарная хирургия

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

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

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: 10.32786/2071-9485-2021-04-01

SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF THE METHODOLOGY FOR FORECASTING THE SURFACE RUNOFF OF MELT WATER IN THE VOLGA AND DON BASINS

A.T. Barabanov

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

Received 19.05.2021

Submitted 21.07.2021

*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) funding for the Ministry of science and higher education of the Russian Federation*

Summary

Although the statistical approach to forecasting spring slope runoff brings us closer to solving this problem, it does not allow us to obtain a sufficiently accurate and representative result. It is necessary to theoretically substantiate the genesis of the process of interaction of melt water with frozen soil. As a result of many years of research, a complex interaction of natural and anthropogenic factors in the formation of meltwater runoff has been revealed. This fundamental knowledge allows us to take a new approach to the assessment of the hydrological process and create a methodology for its forecasting.

Annotation

Introduction. The problem of combating soil erosion is very urgent and has not yet been resolved. Its solution should be carried out on the basis of knowledge of the laws of the erosion-hydrological process and the identification of its connection with natural and anthropogenic factors. When predicting the spring slope runoff, the influence of many factors is usually considered, but often unreasonably preference is given to snow reserves. **Object.** The object of research was the generalization and analysis of long-term experimental material obtained as a result of research by several generations of scientists from the All-Russian Research Agroforestry Institute and other research institutions. The aim of the study was to scientifically substantiate and develop a flow forecasting methodology. **Materials and methods.** Experimental studies were carried out at runoff-erosion stations in the forest-steppe, steppe and dry-steppe zones using the balance method. The runoff plots were laid on different agricultural backgrounds with a size of 20 by 100 m. The runoff was taken into account on them and the indicators necessary for assessing the runoff-forming role of natural factors were determined. **Results and discussion.** The author experimentally established and theoretically substantiated that out of all the variety of factors that many researchers take into account when predicting runoff, only three natural factors affect the formation of spring slope runoff: the depth of soil freezing, the moisture content of its upper layer, and water reserves in the snow. Freezing depth is the most powerful factor. When the soil freezes to a depth of less than 50 cm (or it is thawed), runoff is not formed regardless of the level of other factors. With a greater depth of freezing, the runoff is formed depending on the level of these factors. The role of snow storage in the formation of runoff is assessed ambiguously. Under some conditions, the runoff does not depend on the snow reserves, and under others, the runoff value is highly dependent on them, although they do not directly affect the runoff, but it is formed depending on the water reserves in the snow and the upper soil layer. Soil moisture plays an active role, and snow reserves passive. The algorithm has been developed for the interaction of natural factors and forecasting of slope runoff based on its relationship with these factors.

Key words: runoff forecasting, soil moisture, depth of soil freezing, snow reserves, water absorption, the law of limiting flow factors, ice screen, porosity of the soil.

Citation. Barabanov A. T. Scientific substantiation of the methodology for forecasting the surface runoff of melt water in the Volga and Don basins. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 14-25 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-01.

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

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

УДК 631.6.02

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД В БАССЕЙНАХ ВОЛГИ И ДОНА

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 19.05.2021

Дата принятия к печати 21.07.2021

*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 борьбы с эрозией почв очень актуальна и до сих пор не решена. Решение ее должно осуществляться на основе знания законов эрозионно-гидрологического процесса и выявления связи его с природными и антропогенными факторами. При прогнозировании весеннего склонового стока обычно рассматривается влияние многих факторов, но часто предпочтение необоснованно отдают снегозапасам. **Объектом** исследований было обобщение и анализ многолетнего экспериментального материала, полученного в результате исследований нескольких поколений ученых ВНИАЛМИ и других научно-исследовательских учреждений. Целью исследования было научное обоснование и разработка методики прогнозирования стока. **Методика.** Экспериментальные исследования проводились на стоково-эрозионных стационарах в лесостепной, степной и сухостепной зонах с применением балансового метода. Стоковые площадки закладывались на разных агрофонах размером 20 на 100 м. На них учитывали сток и определяли показатели, необходимые для оценки стокообразующей роли природных факторов. **Результаты и обсуждение.** Автором экспериментально установлено и теоретически обосновано, что на формирование весеннего склонового стока из всего многообразия факторов, которые учитывают многие исследователи при прогнозировании стока, влияют только три природных фактора: глубина промерзания почвы, влажность ее верхнего слоя и запасы воды в снеге. Глубина промерзания является наиболее мощным фактором. При замерзании почвы на глубину меньше 50 см (или она талая), сток не формируется независимо от уровня других факторов. При большей глубине промерзания сток формируется в зависимости от уровня этих факторов. Роль снегозапасов в формировании стока оценивается неоднозначно. При одних условиях сток не зависит от снегозапасов, а при других – величина стока в сильной степени зависит от них, хотя непосредственно они на сток не влияют, а формируется он в зависимости от запасов воды в снеге и верхнем слое почвы. Влажность почвы играет активную роль, а снегозапасы – пассивную. Разработан алгоритм взаимодействия природных факторов и прогнозирования склонового стока на основе связи его с этими факторами.

Ключевые слова: прогнозирование стока, поверхностный сток, глубина промерзания почв, снегозапасы, закон лимитирующих факторов стока, ледяной экран, порозность почвы.

Цитирование. Барабанов А. Т. Научное обоснование методики прогнозирования поверхностного стока талых вод в бассейнах Волги и Дона. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 14-25. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-01.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования непосредственно планировал, выполнял и анализировал результаты данного исследования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Вопрос прогнозирования речного и поверхностного (склонового) стока очень сложный. Речной сток в значительной степени связан со склоновым. Реки питаются за счет грунтового и склонового стоков. Доля весеннего склонового стока в общем речном большая, она может быть до 50-70 % [10]. Грунтовое питание относительно стабильное, и на него влияет меньшее количество факторов. Поверхностный сток, по мнению многих исследователей, подвержен влиянию большого количества факторов при сложном их взаимодействии [3, 4, 7, 8, 12, 18, 21]. Их изучение осуществлялось многими исследователями-гидрологами, эрозиоведами, геоморфологами, почвоведом и др. В результате получен очень большой материал, характеризующий роль факторов, обуславливающих формирование стока. На основе этих исследований было разработано много разных методов, моделей, уравнений расчета (прогноза) речного и поверхностного (склонового) стока.

В настоящее время проблема пропуска весенних паводков на реках Волга и Дон очень актуальна для нашей страны. В регионах обычно создаются чрезвычайные противопаводковые комиссии, которые часто в связи с отсутствием надежного прогноза стока из-за опасения не справиться с пуском паводковых вод, что может привести к катастрофическим последствиям, сбрасывают зимой очень много воды из водохранилищ, подготавливая их к весеннему паводку, которого потом не хватает для разных отраслей хозяйства страны: энергетики, водного, сельского, рыбного, коммунального и др. Управление режимом стока осуществляется на основе прогнозов низкой точности. Поэтому управленческие решения бывают также невысокого качества и даже бывают ошибочными. Повышенный сброс воды из каскада водохранилищ зимой и укороченный период паводка весной нарушает режим обводнения Волго-Ахтубинской поймы, условия нереста рыбы, судоходства и др.

ФНЦ агроэкологии РАН (ранее ВНИАЛМИ) сейчас обладает уникальным экспериментальным материалом, который позволяет сделать важные теоретические и практические разработки [3]. Нами установлено и научно обосновано, что по 2-3 ведущим факторам можно делать долгосрочный (2-3 месяца) высокоточный (80-100 %) прогноз.

Материалы и методы. В гидрологических исследованиях сейчас применяются статистические и генетические методы [1]. Статистические методы, базирующиеся на допущении случайности проявления явлений, дают возможность осуществлять приближенные вычисления, которые не могут быть распространены на обширные территории. Они не могут удовлетворить потребности гидрологии, и для решения фундаментальных проблем требовалось развитие теоретических исследований. Генетический подход, базирующийся на теоретическом анализе связей гидрологического процесса с природными и антропогенными факторами, получил широкое применение в гидрологии, в том числе и при изучении склонового стока с сельскохозяйственных угодий (сельскохозяйственная гидрология). В этой области гидрологии пока накоплено мало материала, поэтому регулирование стока и борьба с эрозией осуществляются либо без расчетов, либо на основе приближенных расчетов, что можно делать, применяя статистические методы. Генетический подход получил пока малое распространение. В наших исследованиях и при анализе материалов мы использовали оба метода. Сток формируется под влиянием многих природных факторов и хозяйственной деятельности людей. Нам важно знать, через какие факторы и как происходит влияние на гидрологические процессы. Для получения

ответа на эти вопросы закладывались стоковые площадки шириной 20 м и длиной 100 м. На них осуществляли определение запасов воды в снеге и почве, характера снегоотложения, глубины промерзания почвы, характера ее оттаивания, влажности почвы, объемной массы мерзлой почвы, стока талых вод, метеорологических показателей (температура, влажность воздуха, осадки, ветер, облачность и др.) и др. наблюдения.

Результаты и обсуждение. В результате обобщения многолетних (60-68 лет) результатов исследований элементов водного баланса в бассейнах Волги и Дона были определены средние и разной вероятности превышения показатели стока (таблица 1) и построены кривые его обеспеченности. Они показывают, что на рыхлой пашне лесостепи сток образуется в 5-6 лет из 10-ти, а на уплотнённой пашне – 7-8 лет, и величина его значительно больше. В степной зоне сток формируется на рыхлой пашне 3-4 года в десятилетие, а в сухостепной – 1-2 года. На уплотнённой пашне эти показатели были 7-8 лет из десяти. Средние показатели склонового стока увеличиваются при движении с юга на север от сухой степи к лесостепи. Величина стока разной обеспеченности также увеличивается при движении с юга на север. Сток 10-процентной вероятности превышения увеличивается с 41 до 78 мм. По годам эта тенденция иногда нарушается, наблюдается инверсия стока. Гидрометеорологические условия, бывает, складываются так, что в лесостепи стока нет, а в степи он может быть большой. Это связано с тем, что сток очень сильно зависит от природных факторов (запасы воды в снеге и почве, степень ее промерзания), которые связаны с гидрометеорологическими условиями, формирующимися под воздействием различных климатических факторов, изменяющихся в разных зонах по годам.

Таблица 1 – Показатели склонового стока в лесостепи и степи на разных типах почв

Table 1 – Indicators of slope runoff in the forest-steppe and steppe on different types of soils

Природная зона, почва / Natural zone, soil	Сред нее / Mean	Вероятность превышения, % / Probability of exceeding, %					C _v	C _s
		1	5	10	50	90		
Лесостепь, серая лесная/ Forest-steppe, Grey forest	$\frac{30}{20}$	$\frac{156}{129}$	$\frac{101}{81}$	$\frac{78}{59}$	$\frac{19}{11}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1,27}{1,52}$	$\frac{1,68}{1,96}$
Лесостепь, темно-серая лесная / Forest-steppe, Dark-grey forest	$\frac{37}{20}$	$\frac{169}{118}$	$\frac{115}{74}$	$\frac{91}{55}$	$\frac{28}{11}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1,07}{1,36}$	$\frac{1,45}{2,07}$
Лесостепь, выщелоченный чернозем / Forest-steppe, Chernozems leached	$\frac{37}{15}$	$\frac{192}{98}$	$\frac{123}{61}$	$\frac{93}{44}$	$\frac{20}{6}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1,44}{1,76}$	$\frac{1,41}{1,55}$
Степь, обыкновенный чернозем ¹ / Steppe, Chernozems ordinary ¹	$\frac{32}{9}$	$\frac{157}{88}$	$\frac{102}{53}$	$\frac{78}{38}$	$\frac{19}{3}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1,30}{2,40}$	$\frac{0,95}{2,11}$
Степь, обыкновенный чернозем ² / Steppe, Chernozems ordinary ²	$\frac{36}{7}$	$\frac{124}{54}$	$\frac{91}{33}$	$\frac{75}{24}$	$\frac{30}{3}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0,87}{1,79}$	$\frac{0,88}{2,05}$
Сухая степь, темно- каштановая / Dry steppe, Dark-chestnuts	$\frac{17}{5}$	$\frac{84}{37}$	$\frac{55}{21}$	$\frac{42}{15}$	$\frac{11}{2}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1,24}{1,80}$	$\frac{1,72}{2,31}$
- светло-каштановая / - Light chestnuts	$\frac{15}{3}$	$\frac{75}{38}$	$\frac{52}{20}$	$\frac{41}{12}$	$\frac{12}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{1,19}{2,43}$	$\frac{1,14}{3,42}$

Примечание. В числителе уплотненная пашня, в знаменателе рыхлая пашня; 1 – Воронежская обл., 2 – Самарская обл.; C_v – коэффициент вариации; C_s – коэффициент асимметрии.

Note. In numerator – Thickened cropland, in denominator – Tillage cropland; 1 – Voronezh region, 2 – Samara region; C_v – coefficient of variation; C_s – asymmetry coefficient.

Анализ хода динамики стока (рисунок 1) показывает, что величины его как на рыхлой, так и на уплотненной пашне колеблются в значительной степени во всех зонах и отмечается резкое снижение его в последние два десятилетия. Это связано с тем, что почва перед весенним снеготаянием почти все эти годы в лесостепной и степной зонах Русской равнины была талая или промерзала на небольшую (до 50 см) глубину.

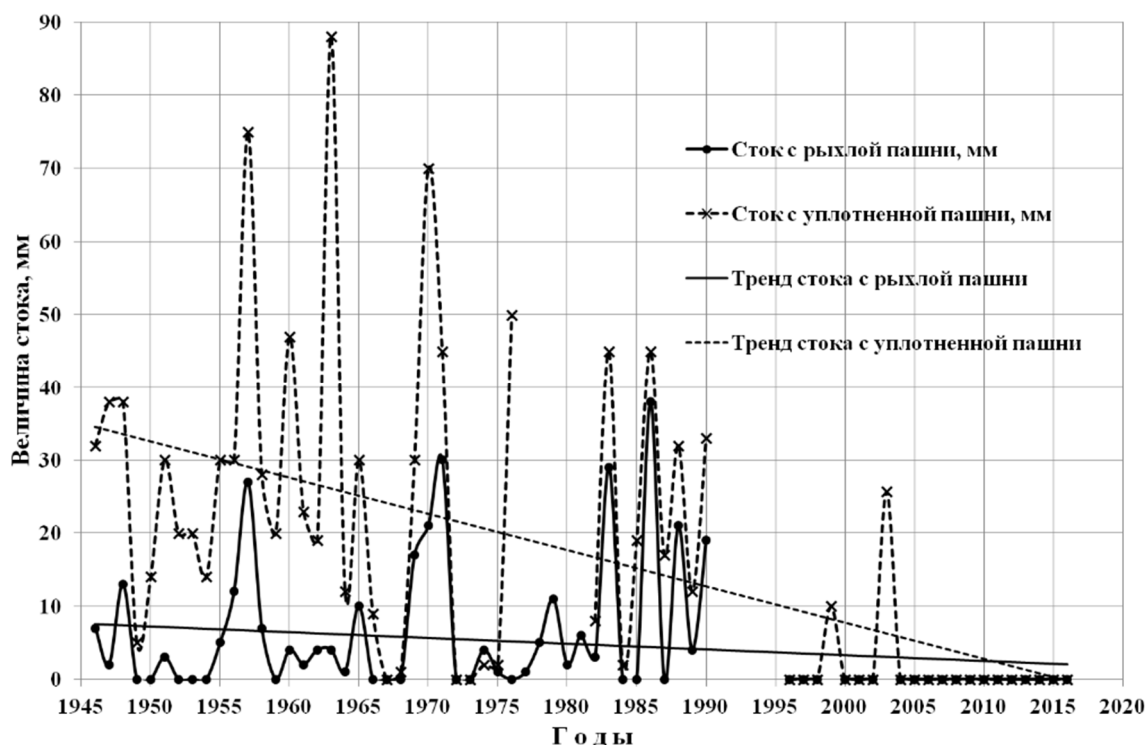


Рисунок 1 – Динамика весеннего склонового стока на темно-каштановых почвах степи

Figure 1 – Dynamics of spring slope runoff on dark chestnut steppe soils

Таким образом, в многолетних исследованиях выявлены нормативные величины поверхностного стока с рыхлой и с уплотнённой пашни. Полученные научные материалы являются необходимыми для расчётных методов прогнозирования стока, разработки и проектирования противоэрозионных комплексов.

Наша методика базируется на следующих наиболее важных новых результатах теоретических работ [1, 2]:

- закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод, позволяющий по-новому рассматривать закономерности его формирования;
- положение о том, что почва при промерзании глубже 50 см способна впитывать талую воду только верхним (0-30 см) слоем и удерживать количество воды, равное объему свободных пор, максимальная величина которого может достигать полной влагоемкости;
- математические модели расчета весеннего склонового стока талых вод;
- концепция формирования «ледяного экрана».

Излагаемые ниже закономерности гидрологического процесса и полученные на их основе модели, в т.ч. математические, являются результатом исследований ВНИАЛМИ, анализа и обобщения информации, полученной из литературных источников, а также обоснования новых концептуальных подходов к объяснению процессов инфильтрации воды в почву и стока талых вод.

Автором из множества природных факторов, используемых многими исследователями для прогноза стока [5–9, 14–18, 21], были определены только три важнейших фактора, мощно влияющих на формирование стока, и открыт закон лимитирующих факторов поверхностного стока талых вод [1, 2]. Суть его состоит в том, что при некотором (лимитирующем) значении одного из трех факторов (глубина промерзания и влажность почвы, снеготопливы) сток не формируется независимо от уровня других. Определены также максимальные значения факторов, при которых сток не образуется.

Факт отсутствия стока талых вод при уровнях природных факторов ниже лимитирующих установлен 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 стокорегулирующих и противоэрозионных 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 запасов воды в снеге. Генезис этого процесса недостаточно изучен, и в литературе 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 (таблица 2) [2]. 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 – снеготопливы.

Таблица 2 – Уравнения связи весеннего склонового стока с запасами воды в почве W_n и снеге W_c , мм на рыхлой Y_p и уплотненной пашне Y_n

Table 2 – Equations of relationship between spring slope runoff and water storage in soil W_n and snow W_c , mm on tillage Y_p and compacted cropland Y_n

Зона, почва / Natural zone, soil	Рыхлая пашня / Tillage cropland	Уплотненная пашня / Thickened cropland
Лесостепь, серая лесная / Forest-steppe, Grey forest	$Y_p = -141 + 0,08W_n + 0,38W_c$ $R_{Y_pW_nW_c} = 0,93$; $M_{yx} = 12,4$	$Y_n = -16,4 - 0,15W_n + 0,34W_c$ $R_{Y_nW_nW_c} = 0,81$; $M_{yx} = 13,3$
Лесостепь, серая лесная / Forest-steppe, Dark-grey forest	$Y_p = -57 + 0,34W_n + 0,26W_c$ $R_{Y_pW_nW_c} = 0,61$; $M_{yx} = 26,8$	Нет данных / No data
Типичный чернозем / Chernozems typical	$Y_p = -50 + 0,25W_n + 0,25W_c$ $R_{Y_pW_nW_c} = 0,92$; $M_{yx} = 4,5$	$Y_n = -116 + 0,71W_n + 0,41W_c$ $R_{Y_nW_nW_c} = 0,74$; $M_{yx} = 16,0$
Степь, обыкновенный чернозем ¹ / Steppe, Chernozems ordinary ¹	$Y_p = -40 + 0,19W_n + 0,38W_c$ $R_{Y_pW_nW_c} = 0,54$; $M_{yx} = 21,5$	$Y_n = -12 + 0,06W_n + 0,69W_c$ $R_{Y_nW_nW_c} = 0,91$; $M_{yx} = 6,8$
Степь, обыкновенный чернозем ² / Steppe, Chernozems ordinary ²	$Y_p = -53 + 0,51W_n + 0,04W_c$ $R_{Y_pW_nW_c} = 0,48$; $M_{yx} = 8,4$	$Y_n = -24 + 0,17W_n + 0,40W_c$ $R_{Y_nW_nW_c} = 0,92$; $M_{yx} = 7,0$
Сухая степь, Каштановая / Dry steppe, Chestnuts	$Y_p = -27 + 0,38W_n + 0,29W_c$ $R_{Y_pW_nW_c} = 0,96$; $M_{yx} = 7,1$	$Y_n = -4 + 0,19W_n + 1,14W_c$ $R_{Y_nW_nW_c} = 0,92$; $M_{yx} = 9,2$
светло-каштановая / Light chestnuts	$Y_p = -5,2 + 0,04W_n + 0,44W_c$ $R_{Y_pW_nW_c} = 0,64$; $M_{yx} = 6,3$	$Y_n = -21,9 + 0,26W_n + 0,22W_c$ $R_{Y_nW_nW_c} = 0,84$; $M_{yx} = 13,1$

Примечание. 1) – Воронежская обл., 2) – Самарская обл.;

Note. 1 - Voronezh Oblast, 2 - Samara Oblast.

По уравнениям связи видно, что 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 снеготопливами и величиной впитывания талой воды в мерзлую почву, можем утвер-

ждать, 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 для прогноза стока.

Статистический подход не полностью подходит для решения задачи прогнозирования стока. При уровнях факторов выше лимитирующих нужна теоретическая основа его формирования на базе знания генезиса гидрологического процесса. Для этого необходимо знать 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 взаимодействия талой воды с мерзлой почвой многими учеными [1, 2, 11, 13, 15, 16, 19, 20]. Получен большой материал, отличающийся разнообразием трактовки его и сделанных выводов. Он не позволяет однозначно дать оценку роли природных факторов в формировании склонового весеннего стока. Анализ его опубликован в работе [1].

Автором 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]. Автором также 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 снегозапасов и объема свободных пор.

Прогнозирование весеннего склонового стока осуществляется по алгоритму, приведенному в таблице 3. Сначала анализируются данные по состоянию замерзания почвы на водосборе. Если почва промерзла на глубину не более 50 см или она талая, то склоновый весенний сток не сформируется. При замерзания почвы глубже 50 см анализируются данные по запасам воды в слое почвы 0-50 см. Если они в лесостепной зоне ниже 120 мм, а в степной и сухостепной зонах ниже 70 мм, то сток не формируется. Затем анализируются снегозапасы перед снеготаянием. Если воды в снеге накопилось меньше объема свободных пор в слое почвы 0–30 см, то склоновый сток не образуется.

При уровнях факторов выше лимитирующих, т. е. при промерзании почвы глубже 50 см, запасах влаги в почве (в слое 0-50 см) более 70-120 мм (по зонам), а в снеге – больше объема свободных пор в слое почвы 0–30 см, сток сформируется, и величина (объем) его будет зависеть только от запасов воды в почве и снеге. При этих условиях величина весеннего склонового стока с водосбора (Y , мм) рассчитывается по выражению:

$$Y = \left(\sum_{i=1}^n Y_i \cdot S_i / \sum_{i=1}^n S_i \right) - Y_{пэм},$$

где Y_i – сток с i -того агрофона, мм, рассчитывается по уравнениям (таблица 2); S_i – площадь i -того агрофона, га; $Y_{пэм}$ – стокорегулирующий эффект от системы противоэрозионных мероприятий.

Таблица 3 – Алгоритм прогнозирования весеннего склонового стока

Table 3 – Algorithm of spring slope runoff forecasting

Уровни природных факторов / Levels of natural factors			Характер стокообразования / Nature of runoff formation
глубина замерзания почвы, см / depth of soil freezing, cm	запасы влаги в слое почвы 0-50 см, мм / moisture reserves in the soil layer 0-50 cm, mm	запасы воды в снеге, мм / water reserves in snow, mm	
Менее 50 / Under 50	Любой / Anyone	Любой / Anyone	Сток не образуется / No runoff is formed
Более 50 / Over 50	Менее 70-120 (по зонам) / Less than 70-120 (by zone)	Любой / Anyone	Сток не образуется / No runoff is formed
	Более 70-120 (по зонам) / Over 70-120 (by zone)	Менее объема свободных пор в слое почвы 0-30 см / Less than the volume of free pores in the soil layer 0-30 cm	Сток не образуется / No runoff is formed
		Более объема свободных пор в слое почвы 0-30 см / More than the volume of free pores in the soil layer 0-30 cm	Сток образуется, величина его зависит от уровня запасов воды в снеге и почве / Runoff is formed, its magnitude depends on the level of water reserves in the snow and soil

Статистический подход не всегда позволяет получить прогноз весеннего склонового стока высокой точности. Для этого предложен способ прогноза стока на теоретической (генетической) основе по следующему уравнению [2]:

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

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. Вопрос прогнозирования речного и склонового стока очень сложный. Управление режимом стока осуществляется на основе прогнозов низкой точности. Знание закономерностей его формирования на разных видах пашни позволяет более точно его прогнозировать и дифференцированно подходить к созданию системы мероприятий по управлению эрозионно-гидрологическим процессом.

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать методику высокоточного прогноза склонового стока. Она базируется на важных новых результатах: законе лимитирующих факторов стока, позволяющем по новому рассматривать закономерности его формирования; концепции формирования ледяного экрана; положении о том, что почва при промерзании глубже 50 см способна впитывать талую воду только верхним (0-30 см) слоем и удерживать количество воды, равное объему свободных пор, максимальная величина которого может достигать полной влагоемкости; математических моделях расчета весеннего склонового стока талых вод, основанных на оценке связи его с природными факторами.

Экспериментально установлено и теоретически обосновано, что на формирование весеннего склонового стока из всего многообразия факторов, которые учитывают многие исследователи при его прогнозировании, влияют только три природных фактора: глубина промерзания почвы, влажность ее верхнего слоя и запасы воды в снеге. Глубина промерзания является наиболее мощным фактором. При замерзании почвы на глубину меньше 50 см (или она талая) сток не формируется независимо от уровня других факторов. При большей глубине промерзания сток формируется всегда в зависимости от уровня этих факторов. Роль снегозапасов в формировании стока оценивается неоднозначно. При одних условиях сток не зависит от снегозапасов, а при других – величина его в очень сильной степени зависит от них, хотя непосредственно снегозапасы на сток не влияют, а формируется он в зависимости от запасов воды в снеге и верхнем слое почвы. Влажность почвы играет активную роль, а снегозапасы – пассивную. Разработан алгоритм взаимодействия природных факторов и прогнозирования склонового стока на основе связи его с этими факторами.

Выполненные разработки и предложенные математические модели позволяют создавать новые высокоэффективные противозерозийные приемы и осуществить важный шаг к формированию нового агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства сельскохозяйственных земель.

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. Оценка взаимодействия талой воды с мерзлой почвой // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3. С. 52-60.
3. Болгов М. В. Современные изменения минимального стока на реках бассейна р. Волга // Метеорология и гидрология. 2014. № 3. С. 75–84.
4. Болгов М. В. Современные особенности гидрологического режима рек бассейна Волги // Вопросы географии. Гидрологические изменения РГО, ИД «Кодекс». 2018. Вып. 145. С. 206-218.
5. Бураков Д. А., Литвинова О. С. Водно-балансовые зависимости для прогноза стока талых вод на юге Западно-Сибирской равнины // География и природные ресурсы. 2010. № 3. С. 111-120.
6. Гагаринова О. В. Ландшафтно-гидрологические закономерности формирования стока в бассейне озера Байкал // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 55-60.
7. Григорьев В. Ю., Фролова Н. Л. Современные особенности водного баланса крупных речных бассейнов Европейской части России. Водные ресурсы России: современное состояние и управление: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Новочеркасск: Лик, 2018. Т. 1. С. 55-62.
8. Георгиади А. Г., Кашутина Е. А., Милюкова И. П. Долговременные фазы многолетних изменений водности Волги и Дона. Водные ресурсы России: современное состояние и управление: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Новочеркасск: Лик, 2018. Т. 1. С. 62-67.
9. Двинских С. А., Китаев А. Б., Михайлов А. В. Наводнения на реках бассейна Камы и организация защиты от них // География и природные ресурсы. 2010. № 4. С. 74-79.
10. 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.
11. Калужный И. Л., Лавров С. А. Гидрофизические процессы на водосборе: Экспериментальные исследования и моделирование. СПб.: Нестор-История, 2012. 616 с.

12. Кашутина Е. А., Ясинский С. В., Коронкевич Н. И. весенний поверхностный склоновый сток на русской равнине в годы различной водности. Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. № 1. С. 37-46.

13. Комиссаров М. А., Габбасова И. М. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в Южном Предуралье // Почвоведение. 2014. № 6. С. 734-743.

14. Коронкевич Н. И., Георгиади А. Г., Ясинский С. В. О гидрологических изменениях // Вопросы географии. 2018. № 145. С. 739-744.

15. 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. Т. 43. № 1. С. 16-29.

16. 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.

17. Ясинский С. В., Гусев Е. М. Динамико-стохастическое моделирование процессов формирования весеннего склонового стока на малых водосборах // Почвоведение. 2003. № 7. С. 761-774.

18. Ясинский С. В., Кашутина Е. А. Пространственные и временные закономерности изменения весеннего склонового и речного стока на Русской равнине // Изв. РАН. Сер. геогр. 2007. № 5. С. 71-81.

19. Chanasyk D. S. Effects of fall cultivation on runoff and erosion. Erosion knows no boundaries. 1989. P. 141-144.

20. Evahs R. Water erosion in british farmers fields: Some sauses, impacts, predictions. Progr. In phys. Gegraphy, 1990. P. 199-219.

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

Conclusions. The issue of forecasting river and slope runoff is very complex. The flow regime is controlled on the basis of forecasts of low accuracy. Knowledge of the regularities of its formation on different types of arable land makes it possible to predict it more accurately and to take a differentiated approach to creating a system of measures to manage the erosion-hydrological process.

The theoretical and experimental studies carried out made it possible to develop a method for high-precision prediction of slope runoff. It is based on important new results – the law of limiting factors of runoff, which allows a new look at the patterns of its formation; the concept of ice screen formation; the position that the soil, when freezing deeper than 50 cm, is able to absorb meltwater only with the upper (0-30 cm) layer and retain an amount of water equal to the volume of free pores, the maximum value of which can reach full moisture capacity; mathematical models for calculating the spring slope runoff of meltwater, based on an assessment of its relationship with natural factors.

It has been experimentally established and theoretically substantiated that the formation of spring slope runoff from the whole variety of factors that many researchers take into account when predicting it is influenced only by three natural factors: the depth of soil freezing, the humidity of its upper layer and water reserves in the snow. The depth of freezing is the most powerful factor. When the soil freezes to a depth of less than 50 cm (or it is thawed), runoff is not formed regardless of the level of other factors. With a greater depth of freezing, the runoff is always formed depending on the level of these factors. The role of snow reserves in the formation of runoff is assessed ambiguously. Under some conditions, the runoff does not depend on snow reserves, and under others, the amount of runoff strongly depends on them, although they do not directly affect the runoff, but it is formed depending on the water reserves in the snow and the upper layer of the soil. Soil moisture plays an active role, and snow reserves play a passive role. An algorithm has been developed for the interaction of natural factors and the prediction of slope runoff based on its connection with these factors.

The completed developments and the proposed mathematical models make it possible to create new highly effective anti-erosion measures and take an important step towards the formation of a new agroforestry adaptive landscape arrangement of agricultural lands.

Reference

1. Barabanov A. T. Erosive-hydrological assessment of the interaction of natural and anthropogenic factors in the formation of surface runoff of meltwater and adaptive landscape agriculture. Volgograd: Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2017. 188 p.
2. Barabanov A. T. Assessment of the interaction of melt water with frozen soil. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education. 2021. No. 3. P. 52-60.
3. Bolgov M. V. Modern changes in minimum flow on the rivers of the Volga river basin // Meteorology and hydrology. 2014. No. 3. P. 75-84.
4. Bolgov M. V. Modern features of the hydrological regime of the rivers of the Volga basin // Questions of geography. Hydrological changes RGO, ID "Codex". 2018. Iss. 145. P. 206-218.
5. Burakov D. A., Litvinova O. S. Water-balance dependences for the forecast of melt water runoff in the south of the West Siberian plain // Geography and natural resources. 2010. No. 3. P. 111-120.
6. Gagarinova O. V. Landscape-hydrological patterns of flow formation in the Lake Baikal basin // Geography and natural resources. 2012. No. 3. P. 55-60.
7. Grigoriev V. Yu., Frolova N. L. Modern features of the water balance of large river basins of the European part of Russia: water resources of Russia: Current state and management: collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Novocherkassk: Lik, 2018. V. 1. P. 55-62.
8. Georgiadi A. G., Kashutina E. A., Milyukova I. P. Long-term phases of long-term changes in the water content of the Volga and Don. Water resources of Russia: Current state and management: collection of materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Novocherkassk: Lik, 2018. V. 1. P. 62-67.
9. Dvinskikh S. A., Kitaev A. B., Mikhailov A. V. Floods on the rivers of the Kama basin and the organization of protection against them // Geography and natural resources. 2010. No. 4. P. 74-79.
10. 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 management in Russia: problems, technologies, management. 2018. No. 4. P. 78-91.
11. Kalyuzhny I. L., Lavrov S. A. Hydrophysical processes in the catchment area: Experimental studies and modeling. St. Petersburg: Nestor-History, 2012. 616 p.
12. Kashutina E. A., Yasinsky S. V., Koronkevich N. I. Spring surface slope runoff on the Russian plain in the years of different water content // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. The series is geographical. 2020. V. 1. P. 37-46.
13. Komissarov M. A., Gabbasova I. M. Soil erosion during snowmelt on gentle slopes in the Southern Urals // Soil Science. 2014. No. 6. P. 734-743.
14. Koronkevich N. I., Georgiadi A. G., Yasinsky S. V. On hydrological changes // Questions of geography. 2018. No. 145. P. 739-744.
15. Petelko A. I., Panov V. I. The influence of the main natural factors on the formation of the surface runoff of meltwater in forested agricultural landscapes in the forest-steppe and steppe zones of the European part of Russia // Scientific Vedomosti. Series: Natural Sciences. 2019. V. 43. No. 1. P. 16-29.
16. Petelko A. I., Panov V. I. Characteristics of surface runoff of meltwater from different lands over 50 years // Bulletin of the Agroindustrial complex of Stavropol. 2014. No. 4 (16). P. 155-162.
17. Yasinsky S. V., Gusev E. M. Dynamic-stochastic modeling of spring slope runoff formation processes in small catchments // Soil science. 2003. No. 7. P. 761-774.
18. Yasinsky S. V., Kashutina E. A. Spatial and temporal patterns of changes in spring slope and river flow on the Russian plain // Izv. RAS. Ser. geogr. 2007. No. 5. P. 71-81.
19. Chanasyk D. S. Effects of fall cultivation on runoff and erosion. Erosion knows no boundaries. 1989. P. 141-144.

20. Evahs R. Water erosion in british farmers fields: Some causes, impacts, predictions. Progr. In phys. Geography, 1990. P. 199-219.

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

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@vifanc.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> barabanova@vifanc.ru тел. 8-961-694-08-44.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-02

EFFECT OF AGROTECHNICAL CULTIVATION METHODS ON INCREASING THE PRODUCTIVITY OF SWEET PEPPER AND ON THE CHANGE OF QUALITATIVE INDICATORS OF FRUITS IN THE STORAGE PROCESS

E.V. Kalmykova¹, O.V. Kalmykova²

¹*All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 01.09.2021

Submitted 10.11.2021

Abstract

Introduction. Open soil vegetable growing - in demand branch of crop production of the southern zone of the Russian Federation. A large role in the stabilization of yield belongs to the choice of safe technologies of cultivation and irrigation systems, also the selection of the most productive and adaptive varieties and hybrids of vegetable crops. The purpose of the research is to substantiate, on the basis of a systematic approach, a complex of agro-technical measures for realizing the productive potential of sweet pepper and the quality of its fruits when stored in the south of the Russian Federation. **Object.** The object of the study was: as a standard, a zoned variety of the studied culture - Gift of Moldova, as well as varieties of domestic and foreign selection for competitive testing: Paphos F₁, Pompeo F₁. **Materials and methods.** Research carried out in laboratory and field experiments (individual entrepreneur «Zaitsev V.A.» Gorodishchensky district, Volgograd region) in the period from 2011 to 2019 was carried out according to generally accepted methods. **Results and Conclusions.** Studies have shown that an improvement in nutrition against the background of sufficient moisture supply for vegetable plants in the root layer, especially during the period of fruit formation, entailed a proportional increase in yield from 90 and more t/ha of marketable products. At the same time, the largest increase was noted on the Pompeo F₁ hybrid: on the variant, subject to the elements of agricultural technology, for obtaining 50 t/ha - 33.5 t/ha, for obtaining 90 t/ha - 21.4 t/ha. The amount of biochemical substances in the fruit of sweet pepper was in close dependence on the variety and hybrid, irrigation regime, the degree of maturity and the duration of storage. On the fifth day of storage, the quality of the fetus of the biological degree of maturity decreased on average by grades by 23.6-27.7%, the technical degree of maturity is 1.1-1.2 times higher. When stored for twenty days, a worsening of the product type was observed due to the fading of fruits and a decrease in quality indicators. The Pompeo F₁ hybrid does not depend on the degree of maturity of the fruit and the applied irrigation regime, a higher dry matter content, the sums of sugars, ascorbic acid and lower nitrates were noted.

Key words: *sweet pepper, drip irrigation, productivity, abiotic stress factors, quality, preservation, biological and technical degree of maturity.*

Citation. Kalmykova E.V., Kalmykova O.V. Effect of agrotechnical cultivation methods on increasing the productivity of sweet pepper and on the change of qualitative indicators of fruits in the storage process. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 25-36 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-02.

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

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

УДК 635.649-156

ВОЗДЕЙСТВИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЕРЦА СЛАДКОГО И НА ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОВ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Е. В. Калмыкова¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

О. В. Калмыкова², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 01.09.2021

Дата принятия к печати 10.11.2021

Актуальность. Овощеводство открытого грунта – востребованная отрасль растениеводства южной зоны РФ. Большая роль в стабилизации урожайности принадлежит выбору безопасных технологий выращивания и системам орошения, а также подбору наиболее продуктивных и адаптивных сортов и гибридов овощных культур. Цель исследований – обосновать на основе системного подхода комплекс агротехнических мероприятий для реализации продуктивного потенциала перца сладкого и качества его плодов при хранении в условиях юга РФ. **Объект.** Объектом исследования являлись сорт перца сладкого – Подарок Молдовы (сорт-стандарт), гибриды перца сладкого: Пафос F₁ и Помпео F₁. **Материалы и методы.** Исследования, проводимые в условиях лабораторного и полевых опытов (ИП Зайцев В. А. Городищенский район, Волгоградская область) в период с 2011 по 2019 гг., осуществлялись согласно общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** Проведенные исследования показали, что улучшение питания на фоне достаточной влагообеспеченности овощных растений в корнеобитаемом слое, особенно в период плодообразования, влекло за собой пропорциональный рост урожайности от 90 и более т/га товарной продукции. При этом наибольшая прибавка отмечалась на гибриде Помпео F₁: на варианте при соблюдении элементов агротехники на получение 50 т/га – 33,5 т/га, на получение 90 т/га – 21,4 т/га. Количество биохимических веществ в плодах перца сладкого находилось в тесной зависимости от сорта и гибрида, режима орошения, степени зрелости и продолжительности хранения. На пятые сутки хранения качество плодов биологической степени зрелости снижалось в среднем по сортам на 23,6-27,7 %, технической степени зрелости – в 1,1-1,2 раза выше. При хранении в течение двадцати суток наблюдалось ухудшение товарного вида из-за увядания плодов и снижения показателей качества. У гибрида Помпео F₁ независимо от степени зрелости плодов и применяемого режима орошения было отмечено более высокое содержание сухого вещества, суммы сахаров, аскорбиновой кислоты и более низкое – нитратов.

Ключевые слова: перец сладкий, капельное орошение перца сладкого, продуктивность перца сладкого, сохраняемость плодов перца сладкого.

Цитирование. Калмыкова Е. В., Калмыкова О. В. Воздействие агротехнических приемов возделывания на повышение продуктивности перца сладкого и на изменение качественных показателей плодов в процессе хранения. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 25-36. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-02.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современная доктрина продовольствия отмечает плоды и овощи важными компонентами здорового питания с широким набором и высоким содержанием биологически активных веществ, в связи с чем круглогодичное присутствие их в рационе особенно актуально [2, 5].

Овощеводство открытого грунта – востребованная отрасль растениеводства южной зоны РФ. Большая роль в стабилизации урожайности принадлежит выбору безопасных технологий выращивания и системам орошения, а также подбору наиболее продуктивных и адаптивных сортов и гибридов овощных культур [1, 3, 5, 10].

Прогнозные данные международных организаций в области сельского хозяйства и продовольствия ООН в период до 2025 года указывают, что первостепенная роль при снабжении населения страны высоковитаминной, экологически безопасной растениеводческой продукцией возможна благодаря повышению урожайности возделываемых культур.

В то же время, по данным Росстата, площади возделывания овощей открытого грунта за последние 5 лет увеличились в среднем по сельхозорганизациям и КФХ в промышленной подотрасли овощеводства РФ на 1,3 тыс. га, за 10 лет – на 22,8 тыс. га и в 2020 году находились в пределах 188,5 тыс. га. При этом в 2019 году этот показатель был выше на 0,1 % по сравнению с 2020 г.

Волгоградская область занимает в рейтинге ТОП-5 регионов по размеру площадей овощей третье место – 9,8 % (18,4 тыс. га). Первое место в этом рейтинге занимал Краснодарский край с площадью 33,3 тыс. га, что составляло 17,7 %, второе – Астраханская область с площадью 20,3 тыс. га – 10,8 % (по данным Экспертно-Аналитического центра агробизнеса «Посевные площади овощей открытого грунта. Итоги за 2020 год». Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/vegetables/posevnye-ploshchadi-ovoshchej-otkrytogo-grunta-itogi-za-2020-god.html>).

Перец сладкий – это культура, которая пользуется большим спросом, обеспечивает снабжение населения в свежем и переработанном виде. Биологические особенности предусматривают выращивание данной культуры, как свето- и теплолюбивой, требовательной к влажности субстрата и окружающего воздуха, т.е. в орошаемом земледелии с научно обоснованным питательным режимом.

Для обеспечения широких групп населения овощной продукцией в свежем виде более длительное время необходимо обеспечивать сохранность его при своевременной реализации и закладке на хранение.

Российский рынок переработки плодоовощной продукции растет уверенными темпами, за период с 2017 по май 2020 года рынок вырос на 12,14 %, за 2020 г. – на 8,22 % (рисунок 1).

В структуре рынка переработки плодоовощной продукции наибольшую долю (43 %) занимает соковая продукция для взрослых и детей. Почти четверть рынка (23 %) занимает производство плодоовощных пюре. Овощные консервы занимают 15 % рынка (рисунок 2). Почти в 2 раза выросли объемы переработанного и консервированного картофеля и замороженных овощей (88,4 % и 82,2 % соответственно). Рынок консервированных овощей в среднем за 4 года и 5 месяцев вырос на 29,5 %, соков и других напитков из фруктов и овощей – на 3,5 %.

В 2020 году категория замороженных овощей также показала наибольший рост по рынку переработки плодоовощной продукции (34,1 %), категория овощей консервированных (23,3 %) (рисунок 2). При этом в 2020 году категория резаных и расфасованных овощей демонстрировала падение (-26,5 % в категории). Наибольшими темпами сокращается рынок сушеных овощей (-29,5 %).

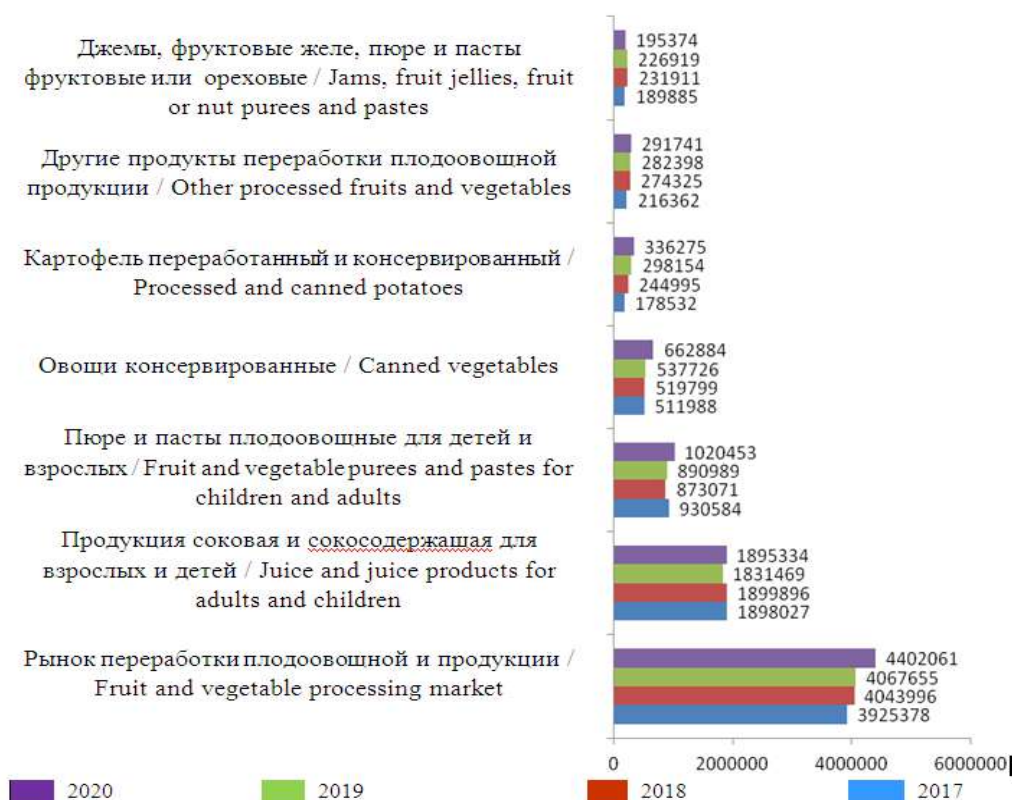


Рисунок 1 – Объемы переработанной плодоовощной продукции на территории России в 2017-2020 годах (в тоннах переработанной продукции)
Источник: Росстат, расчёты: Центр экономики рынков.

Figure 1 – Volumes of processed fruit and vegetable products in Russia in 2017-2020 (in tonnes of processed products)

Source: Rosstat, calculations: Center for Market Economics.

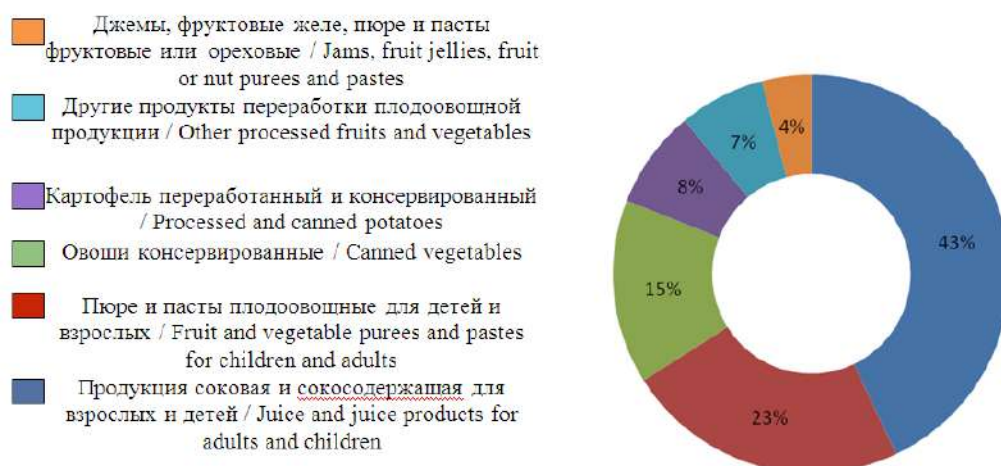


Рисунок 2 – Структура рынка переработки плодоовощной продукции в 2020 году (май-январь)
Источник: Росстат, расчёты: Центр экономики рынков.

Figure 2 – Structure of the fruit and vegetable processing market in 2020 (may-january)
Source: Rosstat, calculations: Center for Market Economics.

Вопросы сохранения качественных показателей овощного сырья и уменьшения ее потерь при хранении имеет много нерешенных научных, технологических, организационных и экономических задач.

Цель исследований – обосновать на основе системного подхода комплекс агротехнических мероприятий для реализации продуктивного потенциала перца сладкого и качества его плодов при хранении в условиях юга РФ.

Материалы и методы. Опыт закладывался в хозяйстве ИП Зайцев В. А. (Городищенский район, Волгоградская область) в период 2011-2019 гг. согласно методике Доспехова Б. А. (1985) и «Методике полевого опыта в овощеводстве» (Литвинов С. С., 2011). Биохимические показатели определялись согласно методике Полегаева В. И. (Методы оценки качества плодов и овощей, 1988) и Ступакова С. Т. (Методы оценки качества и химического состава плодов и овощей, 2007).

Повторность полевого опыта – трехкратная. Размещение вариантов по сортам и гибридам – систематическое, по питательным режимам – рендомизированное. Площадь опыта по водному режиму – 295,0 м², площадь делянки по сортам и гибридам – 100,0 м². Способ полива – капельное орошение.

Объекты исследования сорт и гибриды перца сладкого – Подарок Молдовы (сорт-стандарт), Пафос F₁ и Помпео F₁.

Варианты опыта

1	Контроль	8	N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ +Растворин
2	Энергия-М	9	N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ +Растворин
3	N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀	10	Растворин+Энергия-М
4	N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀	11	N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ +Растворин+Энергия-М
5	N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅	12	N ₂₃₅ P ₁₄₀ K ₁₃₀ +Растворин+Энергия-М
6	Растворин	13	N ₃₀₀ P ₁₈₀ K ₁₆₅ +Растворин+Энергия-М
7	N ₁₆₅ P ₁₀₀ K ₉₀ +Растворин		

Почвы опытного участка приходилась на подзону светло-каштановых почв, по своей характеристике были среднесуглинистые. Наименьшая влагоемкость пахотного горизонта составляла 24,1-25,2 % от массы сухой почвы. При порозности почвы в пахотном слое 21,9-23,9 %, плотность сложения не превышала 1,17-1,26 т/м³. Содержание гумуса в почве в слое 0,25 м составило 1,6-1,7 %. Реакция почвенной среды в слое до 0,3 м слабокислая (рН – 6,2-6,6), в слое 0,3-0,5 м – нейтральная (рН – 6,9-7,1). Содержание в пахотном слое легкогидролизуемого азота – 29-33 мг/кг сухой почвы, обменного калия – 312-343 мг/кг сухой почвы, подвижного фосфора – 29-38 мг/кг сухой почвы.

В лабораторных опытах перец сладкий закладывали на хранение в овощные ящики по 1,0-1,5 кг в технической и биологической степени зрелости. Брали в расчет следующие показатели: количество стандартных и увядших плодов, убыль массы, качественные показатели плодов. Отбор перца сладкого был проведен в два срока: технической и биологической стадии зрелости. Ежедневно учитывали убыль массы путем перевески в трех точках образца. Химический анализ основных компонентов перца сладкого осуществлялся в процессе хранения: в момент закладки на хранение, на пятые, десятые и двадцатые сутки.

Результаты и обсуждение. Для наилучшего усвоения питательных веществ растениями из применяемых удобрений из почвы и наиболее высокой отдачей урожая необходимо правильно спланировать режим орошения. В наших исследованиях поливная норма в среднем за годы исследования была 3900 м³/га при постоянном режиме орошения, 4700 м³/га – при дифференцированном (рисунок 3).

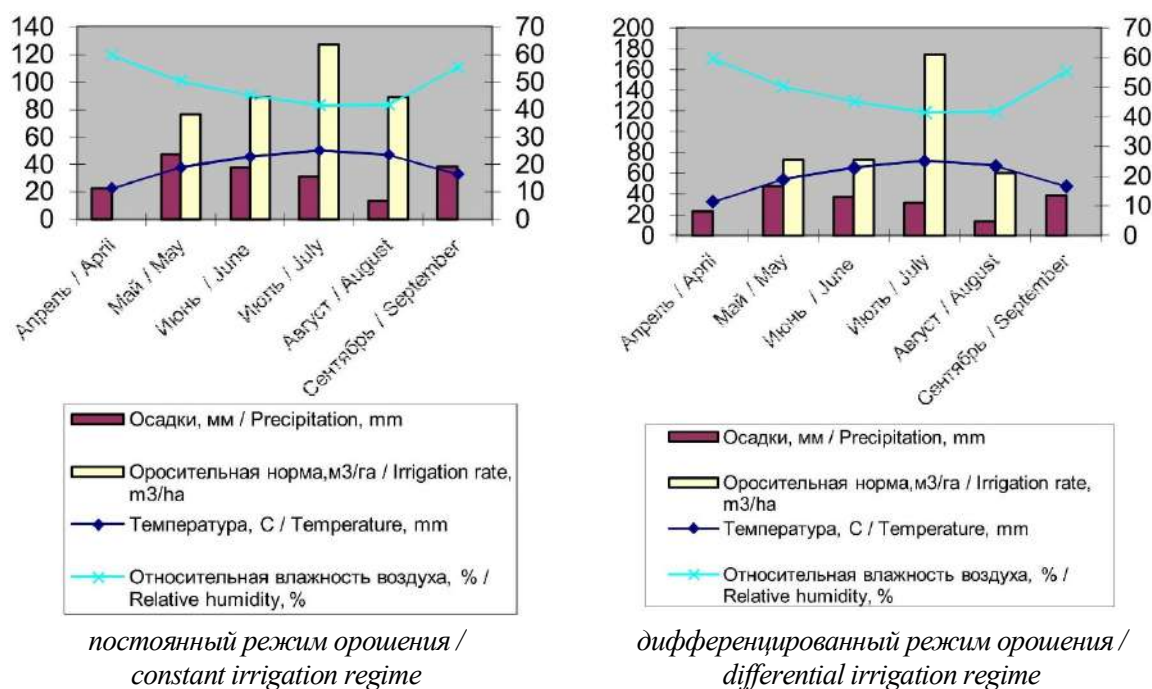


Рисунок 3 – Взаимосвязь оросительной нормы перца сладкого с условиями вегетационного периода за годы исследования

Figure 3 – Dynamics of the irrigation rate of sweet pepper depending on the conditions of the growing season on average over the years of the study

По условиям увлажнения с учетом соотношения между ресурсами тепла и влаги периода вегетации 2011 год трактуется как очень засушливый (гидротермический коэффициент (ГТК) – 0,66), 2012 г. – сухой (ГТК – 0,37), 2013 г. – засушливый (ГТК – 0,98), 2014 г. – сухой (ГТК – 0,29), 2015 г. – очень засушливый (ГТК – 0,50), 2016 и 2017 гг. – слабозасушливые (ГТК – 1,19 и 1,04), 2018 и 2019 гг. – очень засушливые (ГТК – 0,47 и 0,64), 2020 г – сухой (ГТК – 0,26).

Продукционный потенциал перца сладкого раскрывается на варианте НРК+Растворин+Энергия-М.

Регулятор роста Энергия-М воздействовал на жизненные процессы растения перца сладкого, в итоге урожайность возросла на 7,1 (75 % НВ) и 7,1 (70-80-75 % НВ) т/га на сорте Подарок Молдовы, на 9,5 (75 % НВ) и 9,4 (70-80-75 % НВ) на гибриде Пафос F₁ и на 9,1 (75 % НВ) и 8,9 (70-80-75 % НВ) т/га на гибриде Помпео F₁ при сравнении с контролем (рисунок 4).

Фертигация водорастворимым удобрением Растворин давало возможность повысить продуктивность на 11,9 (75 % НВ) и 13,4 (70-80-75 % НВ) т/га на сорте Подарок Молдовы, на 34,0 (75 % НВ) и 35,0 (70-80-75 % НВ) на гибриде Пафос F₁ и на 15,5 (75 % НВ) и 17,1 т/га (70-80-75 % НВ) на гибриде Помпео F₁ относительно контроля.

На варианте Растворин+Энергия-М гибриды были более отзывчивыми относительно сорта-стандарта на 16,4 и 16,0 т/га (Пафос F₁) и 21,3 и 20,5 т/га (Помпео F₁), соответственно по режимам орошения.

Гибрид Помпео F₁ был отмечен как наиболее чувствительный в данной почвенно-климатической зоне к исследуемым водным и питательным режимам. На всех вариантах на этом гибриде была зафиксирована максимальная урожайность. При постоянном режиме орошения на контрольном варианте на этом гибриде была получена прибавка на 16,2 т/га выше, чем на контрольном варианте, на 5,2 т/га по сравнению с урожайностью, полученной на гибриде Пафос F₁.

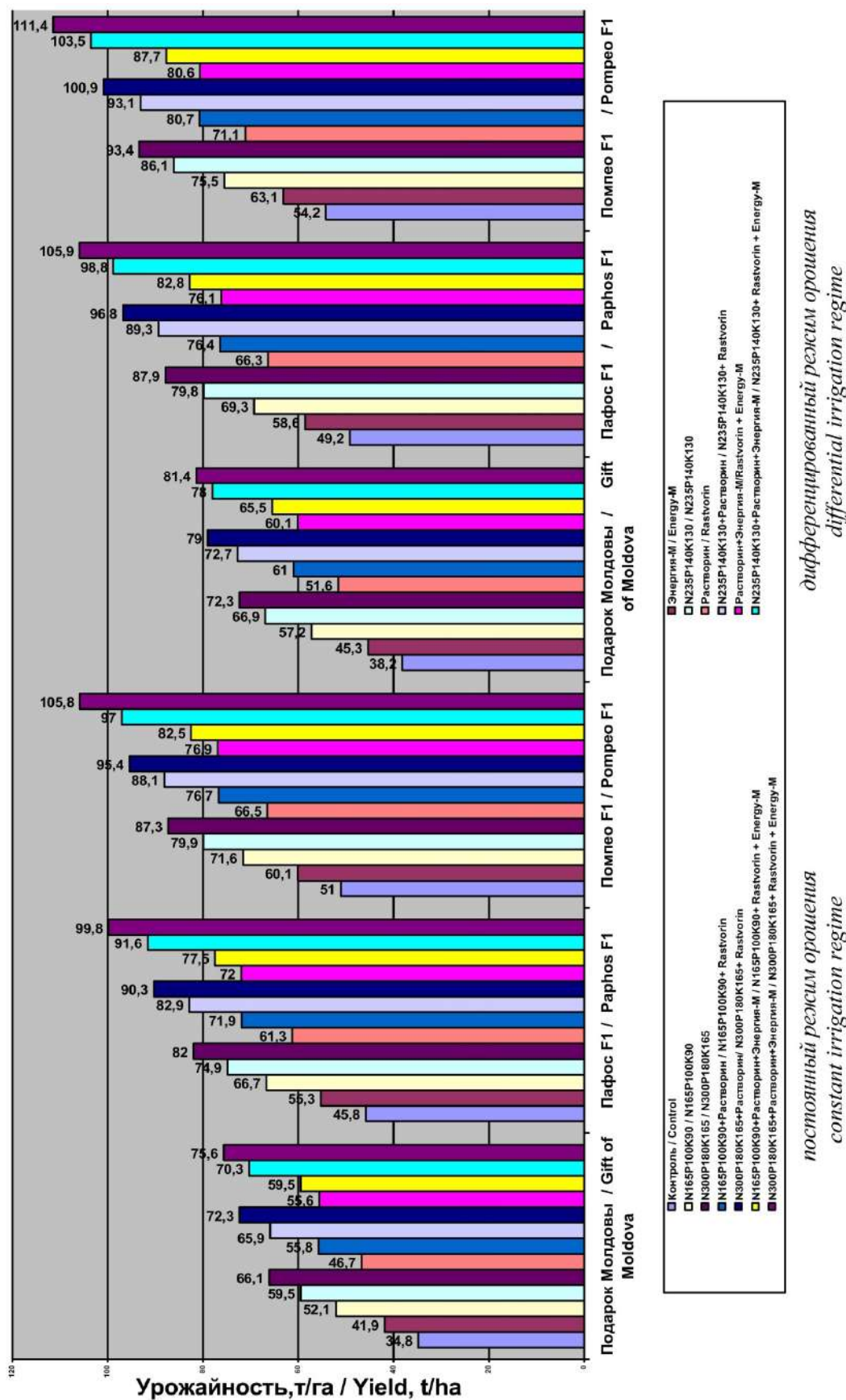


Рисунок 4 – Продуктивность перца сладкого в среднем по годам исследования
 Figure 4 – Performance of sweet pepper on average over the years of research

При дифференциации поливной воды по вегетации на этом варианте была получена урожайность 54,2 т/га, что на 16,0 и 5,0 т/га больше относительно сорта-стандарта и гибрида Пафос F₁. Наибольшая урожайность на этом гибриде получена была на варианте N₃₀₀P₁₈₀K₁₆₅+Растворин+Энергия-М по всем годам исследований, в среднем за 2011-2016 гг. составила при постоянном режиме орошения 105,8 т/га, при дифференцированном – 111,4 т/га.

Качество плодов зависит от сложившихся климатических условий, агрохимических и агрофизических свойств почвы, сорта и его характеристик, степени зрелости плода, сроков уборки урожая, послеуборочной доработки, хранения. Все эти факторы равнозначны, при отклонении одного из них изменяется качество и лежкость продукции.

Качественные характеристики плодов перца сладкого варьируют по периодам вегетации культуры [4, 7, 9].

В зависимости от условий выращивания изменялся и биохимический состав овощей, их питательная и лечебная ценность.

Перец сладкий, согласно классификации по срокам хранения при оптимальных условиях, относится к группе овощей со средним сроком хранения. Сохраняемость овощей по данной классификации зачастую зависит от хозяйственно-ценных признаков сортов, а также от скорости процессов созревания, условий выращивания, при которых происходит их формирование (температура и влажность воздуха, почва, удобрения, вносимые в почву, высота местности над уровнем моря агротехнические приемы), и других факторов [4, 6, 8].

Хранение плодов перца в свежем виде потенциально координируется потерями в пределах от 10 до 20 % и более.

Качество и убыль массы перца сладкого обусловлены в основном условиями хранения и степенью зрелости.

Выход стандартной продукции является одним из основных показателей сохраняемости и связан обратнопропорциональной зависимостью с потерями.

Для каждой степени зрелости установлены оптимальные условия температуры и относительной влажности. Естественные условия хранения в наших исследованиях отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Условия хранения перца сладкого, среднее за 2015-2019 гг.

Table 1 – Sweet pepper storage conditions, Average for 2015-2019

Показатель / Index	Август / August	Сентябрь / September	Октябрь / October
Температура, °C / Temperature, °C	+26,8...+28,6	+20,1...+23,9	+18,6...+21,7
Относительная влажность воздуха, % Relative humidity, %	52,3...65,7	71,2...73,8	76,3...79,6

Условия хранения в период август – октябрь характеризовались высокой температурой и низкой относительной влажностью воздуха. В этих естественных условиях хранения для южных регионов возделывания овощной продукции отмечалась быстрая потеря массы плодов перца сладкого.

Как правило, в период 1-5 сутки хранения качество плодов перца сладкого было на высоком уровне. Режим орошения и степень зрелости не оказывали влияния на процесс увядания, затем данный показатель набирал обороты.

При определении убыли массы после 5 суток хранения наблюдались различия в плодах технической и биологической зрелости. Так, при технической зрелости убыль была выше и составляла 5,20-5,43 % (сорт Подарок Молдовы), 5,11-5,31 % (гибрид Пафос F₁), 4,48-5,08 % (гибрид Помпео F₁), соответственно по режимам орошения.

На количество увядших плодов оказывали влияние режим орошения и степень зрелости. Лучшие условия влагообеспеченности растений в период вегетации (70-80-75 % НВ) уменьшали процент увядших плодов: по сорту Подарок Молдовы 17,34 %, что на 0,71 % ниже, относительного этого показателя при постоянном режиме орошения, по гибриду Пафос F₁ – 16,36 и 0,89 %, по гибриду Помпео F₁ – 15,74 и 1,06 %, соответственно. Количество увядших плодов в 1,5-1,9 раза было выше при закладке на хранение плодов в биологической зрелости (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели качества плодов перца сладкого в процессе хранения, %

Table 2 – Qualitative indicators of sweet pepper fruits during storage, %

Показатель качества / Quality indicators	Продолжительность хранения / Duration of storage	Степень зрелости / Maturity	Подарок Молдовы / Gift from Moldova		Пафос F ₁ / Paphos F ₁		Помпео F ₁ / Pompeo F ₁	
			75-75 %	70-80-75 %	75-75 %	70-80-75 %	75-75 %	70-80-75 %
Стандарт / Standard	1 сутки / 1 day	техническая / technical	92,30	93,10	93,20	94,20	93,70	94,90
		биологическая / biological	85,05	84,92	84,90	84,74	84,82	84,63
	5 суток / 5 days	техническая / technical	81,95	82,66	82,75	83,64	83,20	84,26
		биологическая / biological	72,11	72,00	71,99	71,85	71,92	71,75
	10 суток / 10 days	техническая / technical	63,32	63,22	63,21	63,09	63,15	63,00
		биологическая / biological	54,99	54,91	54,90	54,79	54,84	54,72
	20 суток / 20 days	техническая / technical	32,71	32,99	33,03	33,38	33,21	33,63
		биологическая / biological	29,29	29,25	29,24	29,18	29,21	29,15
	1 сутки / 1 day	техническая / technical	7,70	6,90	6,80	5,80	6,30	5,10
		биологическая / biological	14,95	15,08	15,10	15,26	15,18	15,37
Увядшие / Withered	5 суток / 5 days	техническая / technical	18,05	17,34	17,25	16,36	16,80	15,74
		биологическая / biological	27,89	28,00	28,01	28,15	28,08	28,25
	10 суток / 10 days	техническая / technical	36,68	36,78	36,79	36,91	36,85	37,00
		биологическая / biological	45,01	45,09	45,10	45,21	45,16	45,28
	20 суток / 20 days	техническая / technical	67,29	67,01	66,97	66,62	66,79	66,37
		биологическая / biological	70,71	70,75	70,76	70,82	70,79	70,85
Убыль массы / Weight loss	1 сутки / 1 day	техническая / technical	1,74	1,82	1,79	1,86	1,63	1,70
		биологическая / biological	2,03	2,12	1,93	2,00	1,87	1,94
	5 суток / 5 days	техническая / technical	5,20	5,43	5,11	5,31	4,88	5,08
		биологическая / biological	5,59	5,84	5,42	5,63	5,12	5,32
	10 суток / 10 days	техническая / technical	8,83	9,22	7,73	8,03	7,56	7,86
		биологическая / biological	9,57	9,99	7,87	8,17	8,45	8,79
	20 суток / 20 days	техническая / technical	18,50	19,32	16,80	17,44	15,63	16,26
		биологическая / biological	19,30	20,15	17,45	18,12	17,05	17,73

В заключительный период хранения процент увядших плодов был на уровне 66,37-67,29 % и 70,71-70,82 %, соответственно по режимам орошения и степени зрелости. В этот же период убыль массы была в 3,20 (75 % НВ) и 3,56 (70-80-75 % НВ) раза выше у плодов технической спелости, в 3,33 (75 % НВ) и 3,45 (70-80-75 % НВ) раза – у плодов биологической спелости.

Гибрид Помпео F₁ зарекомендовал себя как наиболее приспособленный к естественным условиям хранения: убыль массы в первый исследуемый период была на 6,32 и 6,71 % ниже при сравнении с сортом Подарок Молдовы по режимам орошения. В конце хранения – на 11,66 и 12,02 %.

В наших исследованиях было отмечено, что качественные показатели соответствовали заявленным оригинаторами характеристикам сорта и гибрида. Влияние оказывали также режим орошения, степени зрелости и продолжительности хранения (таблица 3). Плоды гибрида Помпео F₁ в начале хранения имели наибольшее количество сухих веществ, сахаров и аскорбиновой кислоты при закладке в исследуемых нами физиологической и уборочной степенях зрелости. Количество нитратов в плодах технической степени зрелости было выше в 1,18-1,25 раза по сравнению с плодами биологической зрелости независимо от сорта и гибрида и режима орошения. Плоды физиологической степени зрелости отличались более высоким содержанием сухих веществ, сахаров, аскорбиновой кислоты, при снижении содержания нитратов.

Таблица 3 – Влияние продолжительности хранения на динамику показателей качества в плодах перца сладкого

Table 3 – Influence of storage duration on the dynamics of quality indicators in sweet pepper fruits

Показатель качества / Quality indicator	Продолжительность хранения / Duration of storage	Степень зрелости / Maturity	Подарок Молдовы / Gift from Moldova		Пафос F ₁ / Paphos F ₁		Помпео F ₁ / Pompeo F ₁	
			75-75 %	70-80-75 %	75-75 %	70-80-75 %	75-75 %	70-80-75 %
Сухое вещество, % / Dry matter, %	1 сутки / 1 day	техническая / technical	4,99	5,08	5,76	5,84	7,01	7,08
		биологическая / biological	5,68	5,78	6,56	6,65	7,98	8,06
	5 суток / 5 days	техническая / technical	5,14	5,23	5,94	6,02	7,23	7,30
		биологическая / biological	5,79	5,89	6,68	6,78	8,13	8,21
	10 суток / 10 days	техническая / technical	5,17	5,26	5,97	6,05	7,27	7,34
		биологическая / biological	5,97	6,08	6,90	6,99	8,39	8,47
	20 суток / 20 days	техническая / technical	5,38	5,47	6,21	6,29	7,55	7,63
		биологическая / biological	6,34	6,46	7,29	7,43	8,91	9,00
Витамин С, мг% / Vitamin C, mg%	1 сутки / 1 day	техническая / technical	79,00	83,00	90,12	91,87	96,82	98,23
		биологическая / biological	155,60	163,40	177,44	180,74	190,75	193,41
	5 суток / 5 days	техническая / technical	90,72	95,27	103,44	105,36	111,19	112,76
		биологическая / biological	163,38	171,57	186,27	189,74	200,24	203,07
	10 суток / 10 days	техническая / technical	115,14	120,91	131,27	133,71	141,11	143,11
		биологическая / biological	179,85	188,86	205,05	208,86	220,42	223,54
	20 суток / 20 days	техническая / technical	127,42	133,81	145,28	147,98	156,17	158,38
		биологическая / biological	203,23	213,42	231,70	236,01	249,07	252,60
Сахар, % / Sugar, %	1 сутки / 1 day	техническая / technical	2,31	2,34	2,37	2,39	3,15	3,24
		биологическая / biological	2,86	2,89	2,93	2,96	3,90	4,00
	5 суток / 5 days	техническая / technical	2,85	2,88	2,92	2,95	3,88	3,98
		биологическая / biological	2,90	2,93	2,97	3,00	3,95	4,05
	10 суток / 10 days	техническая / technical	2,94	2,97	3,01	3,04	4,01	4,11
		биологическая / biological	3,02	3,05	3,09	3,12	4,11	4,22
	20 суток / 20 days	техническая / technical	2,95	2,98	3,02	3,05	4,02	4,13
		биологическая / biological	3,20	3,24	3,28	3,32	4,37	4,48
Нитраты, мг/кг / Nitrates, mg / kg	1 сутки / 1 day	техническая / technical	175,58	173,34	142,54	137,59	151,63	149,03
		биологическая / biological	148,84	146,92	120,87	116,63	128,50	126,32
	5 суток / 5 days	техническая / technical	161,20	159,14	130,86	126,31	139,20	136,82
		биологическая / biological	141,15	139,35	114,59	110,61	121,90	119,81
	10 суток / 10 days	техническая / technical	152,91	150,96	124,14	119,82	132,05	129,79
		биологическая / biological	133,90	132,19	108,70	104,92	115,63	113,65
	20 суток / 20 days	техническая / technical	95,60	94,38	77,61	74,91	82,56	81,14
		биологическая / biological	93,54	92,35	75,94	73,30	80,78	79,40

За изучаемый период хранения (двадцать суток) при закладке плодов в уборочной степени зрелости количество сухого вещества и сахаров было выше в 1,08-1,25 раза, аскорбиновой кислоты – в 1,31 раза за счет дозревания, нитраты снижались в 1,57-1,65 раза по сравнению с исходными данными. При закладке плодов в физиологической степени зрелости сухие вещества были выше на 11,62-11,76 % у сорта Подарок Молдовы, на 11,13-11,73 % у гибрида Пафос F₁, на 11,65-11,66 % у гибрида Помпео F₁, соответственно по режимам орошения. Сумма сахаров повышалась на 11,96 % при постоянном режиме орошения и на 12,09 % при дифференцированном режиме орошения в среднем по сорту и гибридам. Нитраты снижались в среднем по вариантам в 1,6 раза.

Выводы. В ходе исследований была обоснована целесообразность введения в агротехнологию дифференцированного режима орошения (70-80-75 % НВ) на фоне достаточного уровня питания для получения гарантированной потенциальной продуктивности. При этом наибольшая прибавка отмечалась на гибриде Помпео F₁: при соблюдении элементов агротехники на получение 50 т/га – 33,5 т/га, на получение 90 т/га – 21,4 т/га. Количество биохимических веществ в плодах перца сладкого находилось в тесной зависимости от сорта и гибрида, режима орошения, степени зрелости и продолжительности хранения. На пятые сутки хранения качество плодов биологической степени зрелости снижалось в среднем по сортам на 23,6-27,7 %, технической степени зрелости – в 1,1-1,2 раза выше. При хранении в течение двадцати суток наблюдалось ухудшение товарного вида из-за увядания плодов и снижение показателей качества. У гибрида Помпео F₁ независимо от степени зрелости плодов и применяемого режима орошения было отмечено более высокое содержание сухого вещества, суммы сахаров, аскорбиновой кислоты и более низкое – нитратов.

Библиографический список

1. Агротехнология возделывания перца сладкого в зоне светло-каштановых почв Прикаспия при орошении / Е. В. Калмыкова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2017. № 6. С. 15-19.
2. Борисов В. А., Меньших А. М., Соснов В. С. Урожайность и качество перца сладкого при комплексном применении удобрений и орошения на обыкновенных черноземах // Картофель и овощи. 2021. № 10. С. 21-23.
3. Калмыкова Е. В. Комплексное обоснование приемов возделывания перца сладкого в условиях меняющегося климата Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 130-145.
4. Мачулкина В. А., Санникова Т. А., Антипенко Н. Изменение химического состава плодов сладкого перца в процессе хранения // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2017. № 7. С. 7.
5. Овощи в системе обеспечения продовольственной безопасности России / А. В. Солдатенко [и др.] // Овощи России. 2019. № 2. С. 9-15.
6. Продуктивность и качество перца сладкого при высоком уровне питания и орошения / В. С. Соснов [и др.] // Орошаемое земледелие. 2018. № 3. С. 21-22.
7. Современные инновационные технологии хранения свежих фруктов и овощей и продуктов их переработки (Обзор) / С. В. Глазков [и др.] // Овощи России. 2018. № 5. С. 84-89.
8. Changes in content of vitamin C in refrigerated, frozen and lyophilized fruits of four varieties of pepper depending on storage period / B. Chilczuk [et al.] // Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc / Food. Science Technology. Quality. 2019. V. 26 (1). P. 56-66.
9. Stability of vitamin C in fruit and vegetable homogenates stored at different temperatures / K. M. Phillips [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2016. V. 45. P. 147-162.
10. The influence of far-red light on attributes of green bell pepper fruits (*Capsicum annuum* L.) during storage / M. A. Kozmuta [et al.] // Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI: Food Technology. 2016. V. 40. I. 2. P. 98-118.

Conclusions. In the course of research, the expediency of introducing a differentiated irrigation regime (70-80-75% NV) into agrotechnology against the background of a sufficient level of nutrition to obtain guaranteed potential productivity was substantiated. At the same time, the largest increase was noted on the Pompeo F1 hybrid: if the elements of agricultural technology are

observed, 33.5 t/ha for obtaining 50 t/ha, 21.4 t/ha for obtaining 90 t/ha. The amount of biochemical substances in the fruits of sweet pepper was closely dependent on the variety and hybrid, irrigation regime, degree of maturity and duration of storage. On the fifth day of storage, the quality of fruits of the biological degree of maturity decreased on average by 23.6-27.7% for varieties, and the technical degree of maturity was 1.1-1.2 times higher. When stored for twenty days, there was a deterioration in the presentation due to fruit wilting and a decrease in quality indicators. The Pompeo F1 hybrid, regardless of the degree of fruit maturity and the irrigation regime used, had a higher content of dry matter, the sum of sugars, ascorbic acid and a lower content of nitrates.

References

1. Agrotechnology of the cultivation of sweet pepper in the zone of light chestnut soils of the Caspian region under irrigation / E. V. Kalmykova [et al.] // Agrarian scientific journal. 2017. V. 6. P. 15-19.
2. Borisov V. A., Menshikh A. M., Sosnov V. S. Yield and quality of sweet pepper with the complex application of fertilizers and irrigation on ordinary chernozems // Potatoes and vegetables. 2021. V. 10. P. 21-23.
3. Kalmykova E.V. Comprehensive substantiation of the methods of cultivation of sweet pepper in the changing climate of the Lower Volga region // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2020. V. 2 (58). P. 130-145.
4. Machulkina V. A., Sannikova T. A., Antipenko N. Change in the chemical composition of sweet pepper fruits during storage // Vegetable growing and greenhouse economy. 2017. V. 7. P. 7.
5. Vegetables in the food security system of Russia / A. V. Soldatenko [et al.] // Vegetables of Russia. 2019. V. 2. P. 9-15.
6. Productivity and quality of sweet pepper with a high level of nutrition and irrigation / V. S. Sosnov [et al.] // Irrigated agriculture. 2018. V. 3. P. 21-22.
7. Modern innovative technologies for storing fresh fruits and vegetables and their processed products (Review) / S. V. Glazkov [et al.] // Vegetables of Russia. 2018. V. 5). P. 84-89.
8. Changes in content of vitamin C in refrigerated, frozen and lyophilized fruits of four varieties of pepper depending on storage period / B. Chilczuk [et al.] // Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc / Food. Science Technology. Quality. 2019. V. 26 (1). P. 56-66.
9. Stability of vitamin C in fruit and vegetable homogenates stored at different temperatures / K. M. Phillips [et al.] // Journal of Food Composition and Analysis. 2016. V. 45. P. 147-162.
10. The influence of far-red light on attributes of green bell pepper fruits (*Capsicum annum* L.) during storage / M. A. Kozmuta [et al.] // Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI: Food Technology. 2016. V. 40. I. 2. P. 98-118.

Authors Information

Kalmykova Elena Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Laboratory for Modeling Irrigation Technologies, Federal State Budget Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture", 400002, Russian Federation, Volgograd, ul. them. Timiryazev, 9; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8530-9995>, e-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Kalmykova Olga Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Chair "Technology for Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Catering", Federal State Budgetary Educational Institution Volgograd State Agrarian University, 400002, Russian Federation, Volgograd, Universitetskyy Prospekt, 26; e-mail: lelya.kalm.90@mail.ru

Информация об авторах

Калмыкова Елена Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, отдел оросительных мелиораций, лаборатория моделирования технологий орошения, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8530-9995>. e-mail: kalmykova.elena-1111@yandex.ru

Калмыкова Ольга Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Университетский, 26; e-mail: lelya.kalm.90@mail.ru

THE INFLUENCE OF PRE-SOWING TREATMENT WITH GUMAVIT ON CROP YIELDS IN THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION

N.Y.Petrov, M.P. Aksenov, S.A. Rodionova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 15.10.2021

Submitted 28.11.2021

Abstract

Introduction. A successful solution to the problem of constant growth of gross harvests of agricultural crops is associated with the constant improvement of technological methods of their cultivation, this, ultimately, allows more full use of the potential of promising varieties of grain and vegetable crops. At the present stage, biologically active preparations of a new generation are presented to production, which, at low cost, are able to provide a more increased resistance of cultivated plants to pests and diseases. Increase yields, improve technological performance, etc. At this stage, new types of biological products have appeared, which are based on humic substances and organic compounds. **Object.** The object of the study was a liquid humic fertilizer - Gumavit, which was based on peat. **Materials and methods.** As a result of the research, the effect of humic fertilization on the yielding properties of grain crops was revealed: wheat (varieties Favorit and Kamyshanka - 3), barley (Volgogradsky - 12) and tomato (varieties: Dar Zavolzhya and Volgogradsky 5/95). **Results and conclusion.** The obtained three-year experimental data showed a positive effect of the studied fertilizer on the yield data of the studied crops. A reliable 15-20% increase from the option without the use of this fertilizer indicates the indisputable advantage of this type of humic fertilizer.

Key words: Favorite, Kamyshanka - 3, Volgogradsky - 12, Gift of the Volga region, Volgogradsky 5/95, Gumavit, yield, tomato, barley, wheat.

Citation. Petrov N. Yu., Aksenov M. P., Rodionova S. A. The influence of pre-sowing treatment with Gumavit on crop yields in the conditions of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 37-44 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-03.

Author's contribution. The authors of the presented article were directly involved in laying and conducting field research. The obtained results were subjected to a comprehensive analysis.

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

УДК 631.86:633.1

ВЛИЯНИЕ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ГУМАВИТОМ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. Ю. Петров, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М. П. Аксенов, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель

С. А. Родионова, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 15.10.2021

Дата принятия к печати 28.11.2021

Актуальность. Успешное решение проблемы постоянного роста валовых сборов сельскохозяйственных культур связано с постоянным совершенствованием технологических приемов их выращивания, это в конечном итоге позволяет полнее использовать потенциальные возможности перспективных сортов зерновых и овощных культур. На современном этапе производству представляют биологически активные препараты нового поколения, которые при небольших затратах способны обеспечивать более повышенную устойчивость культурных растений к вредителям и болезням. Увеличивать урожайность, повышать технологические показатели и т.д. На данном этапе появились новые виды биопрепаратов, основу которых составляют гуминовые вещества и органические соединения. **Объект.** В качестве объекта исследования было выбрано жидкое гуминовое удобрение – Гумавит, основой которого являлся торф. **Материалы и методы.** В результате проведенных исследований выявлено влияние гуминового удобрения на урожайные свойства зерновых культур:

пшеницы (сорта Фаворит и Камышанка-3), ячменя (Волгоградский-12) и томата (сорта: Дар Заволжья и Волгоградский 5/95). **Результаты и выводы.** Полученные трехлетние экспериментальные данные показали положительное влияние изучаемого удобрения на урожайные данные изучаемых сельскохозяйственных культур. Достоверная прибавка в 15-20 % от варианта без применения данного удобрения говорит о бесспорном преимуществе данного вида гуминового удобрения.

Ключевые слова: *Фаворит, Камышанка-3, Волгоградский-12, Дар Заволжья, Волгоградский 5/95, предпосевная обработка семян, Гумавит, урожайность сельскохозяйственных культур.*

Цитирование. Петров Н. Ю., Аксенов М. П., Родионова С. А. Влияние предпосевной обработки Гумавитом на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2021. 4 (62). 37-44. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-03.

Авторский вклад. Авторы представленной статьи принимали непосредственное участие в закладке и проведении полевых исследований. Полученные результаты подвергались всестороннему анализу.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Органическое земледелие основывается на применении физиологически активных веществ [4, 7], основу которых составляют препараты и гуминовые удобрения, полученные из торфа [1, 8]. Их применение положительно сказывается на физиологическом развитии растений, их продуктивности, а также благоприятного воздействия на почвенные процессы. Эти биопрепараты природного происхождения применяются для предпосевной обработки семян, для целенаправленного изменения жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, приводя к усилению их активности в требуемом направлении [5, 13].

Применение гуминовых удобрений позволяет активно воздействовать на жизнедеятельность сельскохозяйственных растений (увеличивается энергия прорастания и их всхожесть, возрастает биохимический обмен веществ, сильнее поглощаются минеральные соединения [3, 12], образуется более мощная корневая система, наблюдается снижение содержания нитратов в конечном продукте, а также тяжелых металлов и пестицидов, отмечается прирост урожайности на 25-30 %). Их использование имеет огромное значение для сельскохозяйственного производства, особенно в аридных зонах.

Данный вид гуминового удобрения уже нашел применение в ряде зарубежных стран и зарекомендовал себя с положительной стороны. Современные предприятия по производству минеральных удобрений перестраивают свое производство и открывают новые направления получения регуляторов роста, основой которых являются органические соединения и гуминовые вещества.

Представителем такого вида гуминовых препаратов, полученных на основе торфа, являются жидкие гуминовые удобрения. Реализация их в виде предпосевной обработки позволяет получать дружные всходы, повышать число взошедших семян, увеличивать количественные и качественные значения урожая. Технологические аспекты получения гуминовых удобрений основываются на щелочной экстракции гуминовых кислот из природного торфа и последующей экстракцией, а затем очисткой [6].

Механизм переработки торфа для получения жидкого гуминового удобрения основывается на процессе активизации торфа. Этот процесс называется кавитация. Благодаря уникальному сочетанию действующих веществ возрастают физиологические и биохимические процессы, усиливается энергетический обмен, в результате быстрее восстанавливаются защитные свойства культурных растений [2]. Активизация природного торфа при кавитационной обработке осуществляется в водной среде в специализированных аппаратах. В период кавитационного диспергирования частицы торфа измельчаются, происходит диффузия, гуминовые соединения растворяются и вымываются в окружающий раствор [9]. Полученные наночастицы оказывают взаимное влияние друг на друга и составляют основу процесса экстракции.

Механизм кавитационной обработки торфа в водной среде осуществляется несколькими методами, наиболее известными из них являются электрогидравлический, ультразвуковой, гидродинамический и т.д. [10, 11].

Поэтому научно-исследовательский интерес нами был проявлен к методу активизации торфа импульсно-ударным способом. Суть его заключается в высокоэффективном сжигании природного газа (практически стехиометрическом) над водно-торфяной смесью. При этом методе получение кавитации осуществляется прямой передачей ударной энергии газо-воздушной среде к обрабатываемой водно-торфяной взвеси. При этом происходит механическая деформация с появлением интенсивной кавитации в смеси. В импульсно-ударном генераторе мощность влияния на водно-торфяной раствор составляет 70 Вт/см². В результате получается жидкое гуминовое удобрение – Гумавит, которое в дальнейшем использовалось для обработки семян перед посевом. Предлагаемое новое направление является актуальным и перспективным.

Цель исследований – дать оценку влиянию Гумавита на продуктивность зерновых и овощных культур путем предпосевной обработки семян.

Материалы и методы. Лабораторные испытания проводились в 2018-2020 гг. в ООО Радиотехника (г. Москва), а полевые опыты проводились в 2018-2021 гг. КФХ «Думбров С. И.» Светлоярского района Волгоградской области. В качестве объектов испытания были взяты семена районированных сортов озимой пшеницы Камышанка 3, яровой пшеницы сорта Фаворит, ярового ячменя Волгоградский 12, сорта томата: Дар Заволжья и Волгоградский 5/95.

Физиологически активное органическое удобрение Гумавит было приготовлено из торфа, взятого в п. Болонь Клепиковского района Рязанской области. Семена перед посевом обрабатывались жидким гуминовым удобрением следующего состава: азот общий – 2,0 г/л, гуминовая кислота – 20 г/л, калий – 12 г/л, фосфор – 15 г/л.

Исследования по изучению влияния Гумавита на показатели урожайности сельскохозяйственных культур проводились следующим образом:

1. Вариант – контроль – обработка семян водопроводной водой
2. Вариант – обработка семян Гумавитом 0,4 % (гуминовые кислоты)
3. Вариант – обработка семян Гумавитом 0,2 % (гуминовые кислоты)
4. Вариант – обработка семян Гумавитом 0,02 % (гуминовые кислоты)

Семена озимой пшеницы высевались в первой декаде сентября сеялкой СЗ-3,6, нормой высева 4 млн всхожих семян на гектар. Семена яровой пшеницы высевались в первой декаде апреля сеялкой СЗ-3,6 нормой высева 3,5 млн всхожих семян на гектар. Семена ярового ячменя высевались в первой декаде апреля сеялкой СЗ-3,6 нормой высева 3,5 млн всхожих семян на гектар. Семена томата высевались в первой декаде мая. Норма высева составляла 40 тыс. всхожих семян на гектар. Схема посева семян томата 0,50+0,90 м с укладкой увлажненной в центре ленты вдоль рядков, расположенных на расстоянии 0,50 м друг от друга. Полив осуществлялся капельным способом. За время вегетации томата было произведено в среднем за три года исследований 25 поливов с целью поддержания влажности почвы на уровне 75-80 %. Производительность капельниц было 1,55 л/ч. Повторность опыта 3-х кратная. Площадь учетной делянки для зерновых культур составляла 36 м², для овощных – 15 м².

Результаты и обсуждение. Почвы опытного участка были представлены светло-каштановым подтипом. По гранулометрическому составу – тяжелосуглинистая. Содержание гумуса в пахотном горизонте колебалось в пределах 1,45-1,54 %, общего азота – 0,18 %, валового фосфора – 0,19 %, обменного калия – 2,4 %. Емкость поглощения – 27 мг • экв/100 грамм почвы. Почвы опытного участка отмечались низким содержанием азота, наличие подвижного фосфора варьировало в пределах 14-27 мг/кг почвы, обменным калием высокая – 350 мг/кг почвы.

Годы проведения исследований по степени увлажнения характеризовались: 2018 год – 174,3 мм, 2019 год – 202,4 мм, 2020 год – 197,5 мм, 2021 год – 134,1 мм.

В полевых опытах изучалось влияние жидкого органического удобрения Гумавит в качестве предпосевной обработки семенного материала на продуктивность зерновых культур (озимая и яровая пшеницы, яровой ячмень) и овощной культуры – томат.

Для всесторонней оценки конечных результатов по существующим методикам на опытах проводились все сопутствующие исследования и наблюдения.

В жизнеобеспечении сельскохозяйственных культур большое место занимают условия летне-осенней вегетации.

Удельный вес производимого классного зерна пшеницы за последнее время резко снизился, хотя изучаемый регион входит в основную десятку зернопроизводящих поставщиков высококачественного зерна пшеницы, так как природные условия позволяют получать высококачественное зерно с отличными хлебопекарными показателями.

Низкая урожайность зерновых культур по хозяйствам области и районам есть результат нарушения существующих технологий и отсутствие сортовой агротехники. При разработке сортовой технологии следует учитывать специфические реакции различных сортов на действие агротехнических факторов. Величина и качество урожая таких культур сильнее изменяется не только за счет метеорологических условий, но и уровня агротехники.

На предпосевную обработку семян Гумавитом хорошо отзывались семена сельскохозяйственных культур (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние Гумавита на урожайность сельскохозяйственных культур, т/га (среднее за 2018-2021 гг.)

Table 1 – Effect of Humavite on crop yields, t/ha (average for 2018-2021)

№ п/п / n/a	Вариант опыта / Variant of the experiment	Культура и сорта / Winter wheat culture and varieties				
		озимая пшеница, Камышанка 3 / Kamyshanka 3 spring wheat	яровая пшеница, Фаворит / Favorite spring barley	яровой ячмень, Волгоградский 12 / Volgograd 12 tomato	томат, Дар Заволжья / Gift of the Volga region tomato	томат, Волгоградский 595 / Volgograd 5/95
1	Контроль / Control	2,84	1,69	1,75	68,32	79,45
2	Гумавит 0,4 % / Gamavit 0,4 %	3,14	1,84	1,97	75,81	90,61
3	Гумавит 0,2 % / Gamavit 0,2 %	3,21	1,96	2,06	80,36	96,32
4	Гумавит 0,02 % / Gamavit 0,02 %	3,03	1,72	1,82	70,78	84,45

Максимальная урожайность в среднем за четыре года исследований была получена на варианте обработки семян Гумавитом концентрацией 0,2 %. Прибавка по отношению к варианту без применения органического удобрения составила у озимой пшеницы 0,37 т/га, яровой – 0,27, у ячменя – 0,31 т/га. Более существенная прибавка от действия Гумавита проявлялась у сортов томата и составляла: по сорту Дар Заволжья – 12,04 т/га, по сорту Волгоградский 5/95 – 16,87 т/га. Дальнейшее увеличение концентрации Гумавита до 0,4 % не приводило к росту урожайности сельскохозяйственных культур: наоборот, отмечалось снижение урожайности.

Исключительные пищевые свойства зерна пшеницы делают ее важнейшей продовольственной культурой в стране. Очевидно, что вопросы повышения устойчивости роста зерна пшеницы и стабилизации его качественных показателей должны решаться комплексно.

Проведенные исследования показали, что применяемое жидкое органическое удобрение оказало существенное влияние на технологические показатели качества зерна озимой пшеницы (таблица 2).

Анализ данных по качеству зерна показал, что наименьшие качественные показатели формировались на варианте без применения Гумавита. Они составляли: масса 1000 зерен – 28,5 г, объемная масса – 746 г/л, стекловидность – 77 %, количество клейковины – 23,6: и ее качество – 91 ед. ИДК. Обработка семян Гумавитом концентрацией 0,2 % способствовала повышению качественных показателей до максимальных значений: масса 1000 зерен – 31,7 г, объемная масса – 760 г/л, стекловидность – 88 %, количество клейковины – 25,8 %, качество – 76 %. Исходя из полученных показателей можно констатировать, что зерно озимой пшеницы, полученное от обработки семян Гумавитом 0,2 % концентрации, отвечало 3 классу товарной классификации пшеницы. Обработка Гумавитом концентрацией 0,4 % и 0,02 % отвечало 4 классу товарной классификации.

Таблица 2 – Оценка влияния Гумавита на технологические качества озимой пшеницы, среднее за 2018-2021 гг.

Table 2 – Assessment of the impact of Humavit on the technological qualities of winter wheat, average for 2018-2021.

№п/п / n/a	Вариант опыта / Variant of the experiment	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	Объемная массы, г/л / Volume mass, g/l	Стекловидность, % / Vitreousness, %	Количество клейковины, % / Amount of gluten, %	Качества клейковины, ед. ИДК / Quality of gluten, unit IDK
1	Контроль / Control	28,5	746	77	23,6	91
2	Гумавит 0,4% / Gamavit 0,4%	29,3	754	83	24,0	87
3	Гумавит 0,2% / Gamavit 0,2%	31,7	760	88	25,8	76
4	Гумавит 0,02% / Gamavit 0,02%	28,9	750	79	23,8	89

Аналогичная закономерность просматривалась по влиянию Гумавита на качество зерна яровой пшеницы (таблица 3).

Таблица 3 – Оценка влияния Гумавита на технологические качества яровой пшеницы, среднее за 2018-2021 гг.

Table 3 – Assessment of the effect of Gamavit on the technological qualities of spring wheat, average for 2018-2021.

№п/п / n/a	Вариант опыта / Variant of the experiment	Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	Объемная массы, г/л / Volume mass, g/l	Стекловидность, % / Vitreousness, %	Количество клейковины, % / Amount of gluten, %	Качества клейковины, ед. ИДК / Quality of gluten, unit IDK
1	Контроль / Control	26,3	737	81	25,7	78
2	Гумавит 0,4 % / Gamavit 0,4 %	27,1	747	88	26,6	73
3	Гумавит 0,2 % / Gamavit 0,2 %	27,8	751	90	27,5	70
4	Гумавит 0,02 % / Gamavit 0,02 %	26,7	742	85	26,2	75

Но есть отличительная особенность: физические показатели (масса 1000 зерен и объемная масса) были ниже, чем соответствующие значения у озимой пшеницы, однако технологические показатели (стекловидность, количество и качество сырой клейковины были выше). В конечном итоге технологические показатели (хлебопекарные) были выше у яровой пшеницы.

Технологические показатели ярового ячменя тоже находились под влиянием обработки семенного материала Гумавитом. Наименьшие значения были отмечены на варианте без применения Гумавита, и они составляли: масса 1000 зерен – 22,7 г, объемная масса – 578 г/л, содержание белка – 11,8 %. Наибольшие технологические значения отмечались на варианте применения Гумавита концентрацией 0,2 %, и они равнялись: масса 1000 зерен – 23,9 г, объемная масса – 589 г/л, содержание белка – 12,5 %.

Таблица 4 – Оценка влияния Гумавита на технологические качества ярового ячменя, среднее за 2018-2021 гг.

Table 4 – Assessment of the impact of Humavite on the technological qualities of spring barley, average for 2018-2021.

№п/п n/a	Вариант опыта Variant of the experiment	Масса 1000 зерен, г Weight of 1000 grains, g	Объемная масса, г/л Volume mass, g/l	Содержание белка, % Protein content, %
1	Контроль / Control	22,7	578	11,8
2	Гумавит 0,4% / Gamavit 0,4%	23,6	582	12,1
3	Гумавит 0,2% / Gamavit 0,2%	23,9	589	12,5
4	Гумавит 0,02% / Gamavit 0,02%	22,9	580	12,0

Выводы. Подводя итог, можем констатировать, что предпосевная обработка семенного материала озимой и яровой пшеницы, ярового ячменя и томата жидким органическим удобрением Гумавит концентрацией 0,2 % приводит к повышению урожайности и качества сельскохозяйственных культур. Дальнейшее повышение концентрации Гумавита не способствует росту вышеперечисленных значений, то есть отмечается положительное влияние Гумавита, полученного на основе торфа методом кавитационной диспергации на урожайные и технологические показатели сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Безуглова О. С., Полиенко Е. А., Горюцов А. В. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор) // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (60). С. 11-14.
2. Белов А. А., Мусенко А. А. Обоснование устройства для электрогидравлической обработки водных растворов // Вестник аграрной науки Дона. 2019. № 2 (46). С. 23-29.
3. Гайбарян М. А., Ушаков О. В., Соколин В. М. Новые технические решения в технологической линии для производства гуминовых удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 6. С. 42-45.
4. Зеленев А. В., Игольникова Л. В., Смутнев П. В. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании озимой пшеницы в Нижнем Поволжье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 1-11.
5. Оценка эффективности биопрепаратов-деструкторов на микробиологическую активность светло-каштановой почвы под овощными культурами / Ю. А. Лапина, О. Г. Гиченкова, Н. А. Куликова, А. П. Ситкалиев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 32-41.

6. Промтов М. А., Степанов А. Ю., Алешин А. В. Кинетика экстрагирования гуминовых и фульвокислот в роторном импульсном аппарате // Вестник Тамбовского государственного технического университета. Т. 23. № 2. 2017. С. 265-273.

7. Туманян А. Ф. Оценка влияния регуляторов роста на структуру урожая томатов при капельном орошении /А. Ф. Туманян, Кигуи Гертруда, Н. А. Зайцева, С. В. Зайцев // Известия агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 1-11.

8. Федотов Г. Н., Федотова М. Ф. Биологическая активность гумусовых веществ и их влияние на свойства семян. Лесной вестник // Forestry Bulletin. 2017. Т. 21. № 2. С. 26-36.

9. Alhelfi A., Sunden B. The cavitation phenomenon: a literature survey // WIT Transactions on Engineering Sciences. 2014. V. 83. P. 351-362.

10. Dudkin D. V., Zmanovskaya A. S. Changes in the Chemical Composition of the Major Components of Peat under Cavitation Action // Chemistry for Sustainable Development. 2013. V. 21. P. 341-345.

11. Dudkin D. V., Zmanovskaya A. S. Formation of Humic Acids under Cavitation Impact on Peat in Aqueous Alkaline Media // Chemistry for Sustainable Development. 2014. Vol. 22. P. 119-121.

12. Giovanni Battista Conselvan Biostimulant activity of humic substances extracted from leonardites // Plant Soil. 2017. V. 420. P. 119-134

13. Matveeva N. I. Agrogetic and chemical properties of soils in Lower Volga region in conditions of vegetable rotations // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. V. 659. 012067.

Conclusions. Summing up, it can be stated that the pre-sowing treatment of seed material of winter and spring wheat, spring barley and tomato with a liquid organic fertilizer Humanit with a concentration of 0.2% leads to an increase in the yield and quality of agricultural crops. A further increase in the concentration of Humanite does not contribute to the growth of the above values. That is, there is a positive effect of Humanite obtained on the basis of peat by cavitation dispersion on the yield and technological indicators of agricultural crops.

References

1. Bezuglova O. S., Polienko E. A., Gorovcov A. V. Guminovye preparaty kak stimulyatory rosta rastenij i mikroorganizmov (obzor) // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 4 (60). P. 11-14.

2. Belov A. A., Musenko A. A. Obosnovanie ustrojstva dlya jelektrogidravlicheskoj obrabotki vodnyh rastvorov // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2019. № 2 (46). P. 23-29.

3. Gajbaryan M. A., Ushakov O. V., Sokolin V. M. Novye tehicheskie resheniya v tehnologicheskoy linii dlya proizvodstva guminovyh udobrenij // Sel'skohozyajstvennye mashiny i tehnologii. 2015. № 6. P. 42-45.

4. Zelenev A. V., Igol'nikova L. V., Smutnev P. V. Jefferktivnost' primeneniya biopreparatov pri vyraschivanii ozimoy pshenicy v Nizhnem Povolzh'e // Izvestiya agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 1 (57). P. 1-11.

5. Ocenka jefferktivnosti biopreparatov-destruktorov na mikrobiologicheskuyu aktivnost' svetlo-kashtanovoj pochvy pod ovoschnymi kul'turami / Yu. A. Lapina, O. G. Gi-chenkova, N. A. Kulikova, A. P. Sitkaliev // Izvestiya agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 3 (59). P. 32-41.

6. Promtov M. A., Stepanov A. Yu., Alechin A. V. Kinetika jkstragirovaniya guminovyh i ful'vokislot v rotnom impul'snom apparate // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta. V. 23. № 2. 2017. P. 265-273.

7. Tumanyan A. F. Ocenka Vliyaniya reguljatorov rosta na strukturu urozhaya tomatov pri kapel'nom oroshenii /A. F. Tumanyan, Kigoui Gertruda, N. A. Zajceva, S. V. Zajcev // Izvestiya agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 2 (58). P. 1-11.

8. Fedotov G. N., Fedotova M. F. Biologicheskaya aktivnost' gumusovyh veschestv i ih vliyanie na svoystva semyan. Lesnoj vestnik // Forestry Bulletin. 2017. V. 21. № 2. P. 26-36.

9. Alhelfi A., Sunden B. The cavitation phenomenon: a literature survey // WIT Transactions on Engineering Sciences. 2014. V. 83. P. 351-362.

10. Dudkin D. V., Zmanovskaya A. S. Changes in the Chemical Composition of the Major Components of Peat under Cavitation Action // Chemistry for Sustainable Development. 2013. V. 21. P. 341-345.

11. Dudkin D. V., Zmanovskaya A. S. Formation of Humic Acids under Cavitation Impact on Peat in Aqueous Alkaline Media // Chemistry for Sustainable Development. 2014. Vol. 22. P. 119-121.

12. Giovanni Battista Conselvan Biostimulant activity of humic substances extracted from leonardites // Plant Soil. 2017. V. 420. P. 119-134

13. Matveeva N. I. Agrogenetic and chemical properties of soils in Lower Volga region in conditions of vegetable rotations // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. V. 659. 012067.

Author information

Petrov Nikolay Yuryevich, Professor of the Department "Technology of storage and processing of agricultural raw materials and public catering", FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26), doctor of agricultural Sciences, Professor e-mail: technolog_16@mail.ru

Aksenov Mihail Petrovich, starshij преподаvatel' kafedry «Teoreticheskie osnovy elektrotehniki i elektrosnabzhenie» FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1619-655X>, tel. +79173365353, e-mail: aksenovmp@mail.ru

Rodionova Svetlana Anatolyevna, post-graduate student of the agrotechnological faculty FGBOU VO «Volgogradskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet» (RF 400002, g. Volgograd, pr. Universitetskij, d. 26), e-mail: rodionova-s@mail.ru

Информация об авторах

Петров Николай Юрьевич, профессор кафедры "Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор. e-mail: technolog_16@mail.ru

Аксенов Михаил Петрович, старший преподаватель кафедры «Электроснабжение и энергетические системы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1619-655X>, телефон: +79173365353, e-mail: aksenovmp@mail.ru

Родионова Светлана Анатольевна, аспирант агротехнологического факультета ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). e-mail: rodionova-s@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-04

GREEN CUTTINGS AS AN EFFECTIVE METHOD OF PROPAGATION OF CLONAL ROOTSTOCKS OF STONE FRUIT CROPS

N.V. Tyutyuma, S.V. Klimov

Federal State Budget Scientific Institution

*«Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»,
Astrakhan Region*

Received 15.09.2021

Submitted 30.11.2021

Summary

The article discusses two ways of propagation of clonal rootstocks of stone crops - green cuttings and propagation by lignified cuttings. Studies have shown that the method of rooting with green cuttings gives a higher percentage of the yield of clonal rootstocks compared to the propagation of rooting of annual lignified cuttings. The highest percentage of survival of rootstocks (53.8 - 66.4%) propagated by green cuttings was observed on semi-dwarf Druzhba rootstocks and dwarf BBA-1.

Abstract

Introduction. In the modern world, almost all horticultural farms use intensive type gardens, in which clonal rootstocks are used, contributing to accelerated fruiting and increasing yields. To obtain high-quality planting material of clonal rootstocks, several methods of reproduction have been developed, including

green cuttings. In order to obtain genetically homogeneous plants with their own root system as a result of vegetative reproduction, which also have anatomical and physiological integrity, such a method as green cuttings is optimal. Green cuttings allow first of all to mitigate the negative impact of environmental stress factors on rooting. In this regard, the purpose of our research was to study different ways of reproduction of clone rootstocks of stone crops, which would provide a high yield of high-quality annual seedlings. **Object.** The object of research was the clone rootstocks of stone crops of the Crimean experimental breeding station. **Materials and methods.** The research was carried out in accordance with the "Program and methodology of variety studies of fruit, berry and nut crops. Qualitative assessment of rootstocks and seedlings of stone crops was carried out in accordance with GOST R 53135-2008. **Results and conclusions.** As a result of the conducted research, it was revealed that the propagation of fruit crops by green cuttings is a promising method that ensures the cultivation of planting material. The method of rooting with green cuttings gives a higher percentage of the yield of clonal rootstocks compared to the propagation of rooting of annual lignified cuttings. The highest percentage of survival of rootstocks (53.8 - 66.4%) propagated by green cuttings was observed on semi-dwarf Druzhba rootstocks and dwarf BBA-1.

Key words: green cuttings, rooting, stone fruits, root formation, clonal rootstocks.

Citation. Tyutyuma N.V., Klimov S.V. Green cuttings as an effective method of propagation of clonal rootstocks of stone fruit crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 44-50 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-04.

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

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

УДК 634.1:631.541:631.811

ЗЕЛЕНОЕ ЧЕРЕНКОВАНИЕ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД РАЗМНОЖЕНИЯ КЛОНОВЫХ ПОДВОЕВ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР

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

С. В. Климов, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 15.09.2021

Дата принятия к печати 30.11.2021

Актуальность В современном мире практически все садовые хозяйства применяют сады интенсивного типа, в которых используют клоновые подвои, способствующие ускоренному плодоношению и повышению урожайности. Для получения высококачественного посадочного материала клоновых подвоев разработаны несколько способов размножения, в том числе и зеленое черенкование. Для того чтобы в результате вегетативного размножения получались генетически однородные растения с собственной корневой системой, обладающие к тому же анатомической и физиологической целостностью, оптимальным является такой метод, как зеленое черенкование. Зеленое черенкование позволяет прежде всего смягчить негативное влияние стрессовых факторов внешней среды на окоренение. В связи с этим целью наших исследований было изучение разных способов размножения клоновых подвоев косточковых культур, которые обеспечили бы высокий выход качественных однолетних саженцев. **Объект.** Объектом исследований служили клоновые подвои косточковых культур Крымской опытно-селекционной станции. **Материалы и методы.** Исследования проводили в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Качественная оценка подвоев и саженцев косточковых культур проводилась в соответствии с ГОСТ Р 53135-2008 г. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований было выявлено, что размножение плодовых культур зелеными черенками – перспективный способ, который обеспечивает выращивание посадочного материала. Метод укоренения зелеными черенками дает больший процент выхода клоновых подвоев по сравнению с размножением укоренения однолетних одревесневших черенков. Наибольший процент приживаемости подвоев (53,8 - 66,4 %), размноженных методом зеленого черенкования, наблюдался на полукарликовых подвоях Дружба и на карликовых ВВА-1.

Ключевые слова: зеленое черенкование, окоренение, размножение клоновых подвоев, корнеобразование, клоновые подвои.

Цитирование. Тютюма Н. В., Климов С. В. Зеленое черенкование как эффективный метод размножения клоновых подвоев косточковых культур. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 44-50. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-04.

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

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современном мире практически все садовые хозяйства применяют сады интенсивного типа, в которых используют клоновые подвои, способствующие ускоренному плодоношению и повышению урожайности. Также в садах интенсивного типа более удобно проводить уход за деревьями и кустарниками. Для получения высококачественного посадочного материала клоновых подвоев разработаны несколько способов размножения. Плодово-ягодные культуры размножают вегетативным способом уже много лет [7, 8].

Для того чтобы в результате вегетативного размножения получались генетически однородные растения с собственной корневой системой, обладающие к тому же анатомической и физиологической целостностью, оптимальным является такой метод, как зеленое черенкование [9-11].

Зелёное черенкование позволяет прежде всего смягчить негативное влияние стрессовых факторов внешней среды на окоренение. Этот способ стал пользоваться особой популярностью у садоводов в последние годы, так как у косточковых культур не окореняются новые клоновые подвои. Поэтому в основном их размножают методом зеленого черенкования. И с каждым годом его применяют все чаще [1-3].

В настоящее время во многих садоводческих фирмах, занимающихся промышленным питомниководством, широко используют современные технологические приемы, которые позволяют применять зеленое черенкование для целого ряда плодовых культур с учетом их биологических особенностей [4-6].

В промышленном интенсивном садоводстве для размножения современных сортов требуются в основном клоновые или слаборослые подвои. Но их повсеместное применение в больших объемах пока тормозится из-за недостаточного количества маточников и технологических приемов, которые позволяли бы получать большое количество зеленых черенков с достаточным окоренением, подходящих для закладки первого поля питомника без дополнительного доращивания. Пока нет разработанных эффективных способов вегетативного размножения косточковых плодовых и других культур [7].

Одним из главных достоинств именно клоновых подвоев для косточковых плодовых культур считается именно их способность к вегетативному размножению. Этот метод значительно снижает себестоимость посадочного материала, что в свою очередь увеличивает рентабельность садов.

В связи с этим целью наших исследований было изучение разных способов размножения клоновых подвоев косточковых культур, которые обеспечили бы высокий выход качественных однолетних саженцев.

Материалы и методы. Опыт был заложен в 2019 году на базе плодового сада ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», расположенном во втором агроклиматическом районе Астраханской области, близком по условиям к полупустыням.

Объектом исследований служили клоновые подвои косточковых культур Крымской опытно-селекционной станции:

- карликовый подвой – ВВА-1 – для абрикоса и сливы;
- полукарликовые подвои – Эврика, Дружба – для абрикоса, сливы и персика, ВСЛ-2, ЛЦ-52 – для черешни и вишни;
- среднерослый – ВЦ-13 – для черешни и вишни.

Исследования проводили в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур». Качественная оценка подвоев и саженцев косточковых культур проводилась в соответствии с ГОСТ Р 53135-2008 г.

Результаты и обсуждение. Укоренение черенков проводили двумя способами. Первый способ – укоренение зелеными черенками в условиях искусственного тумана.

Зеленые черенки высаживались в теплицу размером 1 × 10 м, схема посадки 0,6 × 0,7 см, повторность трехкратная. Длина черенков варьировала от 8 до 12 см с двумя или тремя междоузлиями.

Предварительно черенки были погружены на 18 часов в раствор гетероауксина, который стимулирует процесс корнеобразования (20 грамм на 10 л воды). Для предохранения черенков от заражения грибковыми заболеваниями непосредственно перед высадкой их замачивали на 2-3 часа в препарате «Максим» (20 мл на 10 л воды).

Оптимальная влажность в теплице поддерживалась при помощи туманообразующих установок. Режим полива обеспечивал постоянное наличие мелких капель воды на листьях. Для успешного укоренения черенков соблюдались относительная влажность воздуха 65...95 %, температуре воздуха – 22...30 °С и освещенность – 50...70 %, температура почвы была на 3-5 °С ниже температуры окружающей среды.

Общее количество высаженных подвоев составило 1500 шт.

Второй способ – укоренение однолетними одревесневшими черенками.

В I декаде октября в маточнике было заготовлено 1500 черенков косточковых подвоев длиной 20...25 см., толщиной – 6...8 мм. Затем черенки были поставлены в водный раствор радифарма (50 мл на 10 л воды) на 3 суток. После обработки черенков ростовыми веществами они были помещены в полиэтиленовые черные мешки и поставлены в помещение с температурой 20...25 °С на 15 дней для образования каллюса. В третьей декаде ноября черенки с каллюсом были высажены в грунт в первое поле питомника. При осенней посадке черенки были окулены полностью.

Приживаемость подвоев оценивалась во второй декаде июля (таблица 1).

Таблица 1 – Приживаемость подвоев косточковых культур,
ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2019-2020 гг.

Table 1– The survival rate of stone fruit rootstocks, FSBSI «PAFNC RAS», 2019-2020

Подвой / Rootstock	Метод черенкования / Cuttingmethod	Приживаемость / Survival, %		
		2019	2020	среднее / theaverage
Эврика 99 (контроль) / Eureka 99 (control)	Зеленые / Green	61,2	61,4	61,3
	Одревесневевшие / Lignified	44,5	46,7	45,6
ВСЛ-2 / VSL-2	Зеленые / Green	60,6	58,7	59,7
	Одревесневевшие / Lignified	13,3	17,8	15,6
ВВА-1 / VVA-1	Зеленые / Green	73,5	73,6	73,6
	Одревесневевшие / Lignified	0,0	0,0	0,0
Дружба / Friendship	Зеленые / Green	66,9	68,6	67,8
	Одревесневевшие / Lignified	3,0	4,2	3,6
ЛЦ-52 / LC-52	Зеленые / Green	76,3	77,1	76,7
	Одревесневевшие / Lignified	0,0	0,0	0,0
ВЦ-13 / VTs-13	Зеленые / Green	79,0	79,0	79,0
	Одревесневевшие / Lignified	0,0	0,0	0,0

По итогам укоренения методом зеленого черенкования было выявлено, что в среднем за два года исследований самая высокая приживаемость наблюдалась у подвоев ВВА-1 – 73,6 %, ЛЦ-52 – 76,7 % и ВЦ-13 – 79,0 %, наименьшее количество укорененных черенков было отмечено у подвоя ВСЛ-2 – 59,7 %, на контрольном варианте процент приживаемости составил 61,3 %.

По итогам укоренения одревесневшими черенками наибольший выход укорененных черенков был получен у подвоя Эврика – 99-45,6 %.

К окончанию вегетационного периода почти все подвои хорошо сформировались и, как следствие, их биометрические показатели были аналогичными и практически не различались (таблица 2).

Таблица 2 – Биометрические показатели подвоев косточковых культур,
ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2019-2020 гг.

Table 2 – Biometric indicators of stone fruit rootstocks, FSBSI «PAFNC RAS», 2019-2020

Подвой / Rootstock	Метод черенкования / Cuttingmethod	Высота подвоев, см / Rootstockheight, cm	Диаметр штамба, мм / Boomdiameter, mm	Кол-во боковых побегов, шт. / Number of side shoots, pcs.	Длина корневой системы, см / Rootsystemlength, cm
Эврика 99 (контроль) / Eureka 99 (control)	Зеленые / Green	26,8	6,1	1,5	13,4
	Одревесневевшие / Lignified	26,3	6,3	1,5	13,5
ВСЛ-2 / VSL-2	Зеленые / Green	25,5	7,2	1,3	12,4
	Одревесневевшие / Lignified	25,0	7,3	1,2	12,0
ВВА-1 / VVA-1	Зеленые / Green	29,9	6,9	2,1	14,6
	Одревесневевшие / Lignified	-	-	-	-
Дружба / Friendship	Зеленые / Green	27,2	6,3	1,2	18,3
	Одревесневевшие / Lignified	27,1	6,2	1,0	17,8
ЛЦ-52 / LC-52	Зеленые / Green	29,1	7,5	1,9	14,7
	Одревесневевшие / Lignified	-	-	-	-
ВЦ-13 / VTs-13	Зеленые / Green	25,3	7,1	1,7	13,5
	Одревесневевшие / Lignified	-	-	-	-

Высота подвоев, полученных методом зеленого черенкования, составляла в среднем 25,3...27,2 см, диаметр штамба – 6,1...7,5 мм, длина корневой системы – 12,4...18,3 см. Биометрические показатели подвоев косточковых культур, полученных методом укоренения однолетними одревесневшими черенками, отличались незначительно.

Выводы. В результате проведенных исследований было выявлено, что размножение плодовых культур зелеными черенками – перспективный способ, который обеспечивает выращивание посадочного материала. Метод укоренения зелеными черенками дает больший процент выхода клоновых подвоев по сравнению с размножением укоренения однолетних одревесневших черенков.

Наибольший процент приживаемости подвоев (53,8-66,4 %), размноженных методом зеленого черенкования, наблюдалось на полукарликовых подвоях Дружба и на карликовых ВВА-1.

Применение зеленого черенкования в плодовых питомниках может увеличить количество саженцев, привитых на клоновых подвоях. Полученные с помощью этого метода саженцы являются высококачественным посадочным материалом. При закладке садов интенсивного типа данным материалом повышается продуктивность косточковых плодовых культур.

Библиографический список

1. Безух Е. П., Атрощенко Г. П. Оценка размножения клоновых подвоев яблони зелеными черенками в укрывных маточниках // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 43. С. 25-31.
2. Журавлева А. В. Размножение клоновых подвоев яблони зеленым черенком // Достижения науки и техники в АПК. 2015. Т. 29. № 11. С. 47-48.
3. Журавлева А. В. Размножение клоновых подвоев груши зеленым и одревесневшим черенком // Достижения науки и техники в АПК. 2016. Т. 30. № 12. С. 72-74.
4. Клинг А. П., Кумпан В. Н. Регенерационная способность зеленых черенков и выход однолетних растений отборных форм хеномелеса японского в зависимости от способа посадки в условиях искусственного тумана // Вестник Алтайского государственного университета. 2015. № 9 (131). С. 31-35.
5. Кумпан В. Н., Кривоченко С. А., Клинг А. П. Влияние различных регуляторов роста на укоренение зеленых черенков крыжовника сорта Вишневый // Вестник Алтайского государственного университета. 2015. № 12 (134). С. 10-15.
6. Папихин Р. В. Дифференциация клоновых подвоев яблони по способности к размножению зелеными черенками // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 5. С. 24-30.
7. Пигорев И. Я., Долгополова Н. В. Решение проблемы интенсификации садоводства // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 52-56.
8. Стрельцов Ф. Ф., Тучин Р. А. Совершенствование технологии производства посадочного материала плодовых и ягодных культур // Достижения науки и техники в АПК. 2008. № 7. С. 24-26.
9. Debergh P. C., Maene Y. A scheme for commercial propagation of ornamental plants by tissue culture // Sci. Hort. 2015. V. 14. № 4. P. 335–345.
10. Greever P. T. Quality plants start with propagation and the medium — Comb. Proc. // Intern. Plant Propagators Soc. 2015. Vol. 34. P. 173–177.
11. Stoven J., Kooima H. Coconat-coir-based media and versus peat-based media for propagation of woody ornamentals // Comb. Proc. Intern. Plant Propagators Soc. S. I. 2013. Vol. 49. P. 373–374.

Conclusions. As a result of the conducted research, it was revealed that the propagation of fruit crops by green cuttings is a promising method that ensures the cultivation of planting material. The method of rooting with green cuttings gives a higher percentage of the yield of clonal rootstocks compared to the propagation of rooting of annual lignified cuttings.

The highest percentage of survival of rootstocks (53.8 - 66.4%) propagated by green cuttings was observed on semi-dwarf Druzhba rootstocks and dwarf BBA-1.

The use of green cuttings in fruit nurseries can increase the number of seedlings grafted on clonal rootstocks. The seedlings obtained using this method are high-quality planting material. When laying intensive type gardens with this material, the productivity of stone fruit crops increases.

References

1. Bezuh E. P., Atroschenko G. P. Ocenka razmnozheniya klonovykh podvoev yablони zelenymi cherenkami v ukryvnykh matochnikah // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 43. P. 25-31.
2. Zhuravleva A. V. Razmnozhenie klonovykh podvoev yablони zelenym cherenkom // Dostizheniya nauki i tehniki v APK. 2015. V. 29. № 11. P. 47-48.
3. Zhuravleva A. V. Razmnozhenie klonovykh podvoev grushi zelenym i odrevesnevshim cherenkom // Dostizheniya nauki i tehniki v APK. 2016. V. 30. № 12. P. 72-74.

4. Kling A. P., Kumpan V. N. Regeneracionnaya sposobnost' zelenyh cherenkov i vyhod odnoletnih rastenij otbornyh form henomelesa yaponskogo v zavisimosti ot sposoba posadki v usloviyah iskustvennogo tumana // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 9 (131). P. 31-35.

5. Kumpan V. N., Krivochenko S. A., Kling A. P. Vliyanie razlichnyh regulyatorov rosta na ukorenenie zelenyh cherenkov kryzhovnika sorta Vishnevyy // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 12 (134). P. 10-15.

6. Papihin R. V. Differenciatsiya klonovykh podvov yabloni po sposobnosti k razmnozheniyu zeljonymi cherenkami // Tehnologii pischevoj i pererabatyvayushej promyshlennosti APK - produkty zdorovogo pitaniya. 2016. № 5. P. 24-30.

7. Pigorev I. Ya., Dolgoplova N. V. Reshenie problemy intensifikatsii sadovodstva // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. 2018. № 5. P. 52-56.

8. Strel'cov F. F., Tuchin R. A. Sovershenstvovanie tehnologii proizvodstva posadochnogo materiala plodovykh i yagodnykh kul'tur // Dostizheniya nauki i tehniki v APK. 2008. № 7. P. 24-26.

9. Debergh P. C., Maene Y. A scheme for commercial propagation of ornamental plants by tissue culture // Sci. Hort. 2015. V. 14. № 4. P. 335-345.

10. Greever P. T. Quality plants start with propagation and the medium — Comb. Proc. // Intern. Plant Propagators Soc. 2015. Vol. 34. P. 173-177.

11. Stoven J., Kooima H. Coconat-coir-based media and versus peat-based media for propagation of woody ornamentals // Comb. Proc. Intern. Plant Propagators Soc. S. I. 2013. Vol. 49. P. 373-374.

Information about authors

Tyutyuma Natalia Vladimirovna, Director, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», 416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsky district, Saline Zaymishche village, Severny quarter, 8, pniaz@mail.ru, tel. 88514925720.

Klimov Sergey Valerievich, junior researcher of the department of fruit and berry crops, Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», 416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, p. Salt Zaymishche, Severny quarter, house 8, klimov2020@rambler.ru, tel. 89275594770.

Информация об авторах

Тютюма Наталья Владимировна, директор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», 416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8, pniaz@mail.ru, тел. 88514925720.

Климов Сергей Валерьевич, младший научный сотрудник отдела плодовых и ягодных культур, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), klimov2020@rambler.ru, тел. 89275594770.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-05

IMPROVEMENT OF ELEMENTS OF TECHNOLOGY FOR CULTIVATION OF PERMANENT HERBS IN THE CONDITIONS OF THE NORTH ASTRAKHAN REGION

S.D. Fomin¹, A.V. Kudryashov²

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Federal State Budget Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan Region

Received 07.10.2021

Submitted 03.12.2021

Summary

The article presents the results of studying the influence of different sowing methods on the yield of legume-bluegrass grass mixtures. Grass mixtures of different composition are also considered to identify the most productive ones. The research results showed that all the studied mixtures of grass are recommended for cultivation on light chestnut soils of the Astrakhan region using the spread sowing method.

Abstract

Introduction. Currently, the Astrakhan region is experiencing a shortage of high-quality feed for farm animals. Natural feed can not fully provide all the farms in the region. In this regard, there was a need to cultivate legume-bluegrass forage grass mixtures on irrigation. Obtaining high yields of legume-bluegrass grass mixtures is impossible without the correct selection of crops and the use of the most highly productive species and varieties. Therefore, to fully solve the problem, it is necessary to develop improved agricultural practices for the cultivation of this grass mixtures. In this regard, in 2016, the field experience was laid in the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences». The aim of the research was to select the optimal composition of legume-bluegrass mixtures and to study the influence of sowing methods on the yield of these mixtures. **Object.** The objects of research were legume-bluegrass grass mixtures. **Materials and methods.** In carrying out our research, we used the methods of I.N. Beideman (study of the phenology of plants and plant communities), All-Russian Research Institute of Forage (guidelines for conducting field experiments with forage crops) named after B.A. Dospekhov (statistical processing of experimental data). **Results and conclusions.** The conducted studies have shown that all the mixtures studied in the experiment have a significant level of potential yield and a long period of use. All the studied grass mixtures significantly exceed the natural vegetation in the amount of raw protein, ash, fat and feed units. The highest number of feed units (0.85) was observed in the forage grass mixture 5. Of the two studied methods of sowing, the most productive was the spread one. For four years of research on this variant of the experiment, the yield of green mass averaged 115.3 t / ha, and on the variant of the experiment with a separate-row method of sowing, this indicator averaged 90.1 t / ha. The most productive year of life for all the studied grass mixtures was the 3rd year of life-2018. On average, according to the variants of the experiment in 2018, the yield of the green mass of grass mixtures when using the separate-row method of sowing was 113,0 t/ha, and when using the scattered method, 147.9 t / ha. At the 5th year of life of grass mixtures (2020), the yield of green mass decreased sharply. Therefore, it can be concluded that the optimal duration of use of the studied herbal mixtures is 4 years.

Keywords: *forage, legume-bluegrass grass mixtures, meadow clover, pasture ryegrass, sowing method, meadow fescue, blue hybrid alfalfa.*

Citation. Fomin S.D., Kudryashov A.V. Improvement of elements of technology for cultivation of permanent herbs in the conditions of the north Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 50-58 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-05.

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

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

УДК 633.26/29

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

С. Д. Фомин¹, доктор технических наук, профессор
А. В. Кудряшов², младший научный сотрудник

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук

Дата поступления в редакцию 07.10.2021

Дата принятия к печати 03.12.2021

Актуальность. В настоящее время Астраханская область испытывает дефицит качественных кормов для сельскохозяйственных животных. Естественные корма не могут полностью обеспечить все хозяйства региона. В связи с этим возникла необходимость возделывания бобово-мятликовых кормовых травосмесей на орошении. Получение высоких урожаев бобово-мятликовых травосмесей невозможно без правильного подбора культур и использования наиболее высокопро-

дуктивных видов и сортов. Поэтому для полного решения проблемы необходима разработка улучшенных агроприемов возделывания данных травосмесей. В связи с этим в 2016 году в ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» был заложен полевой опыт. Целью исследований являлся подбор оптимального состава бобово-мятликовых травосмесей и изучению влияния способов посева на урожайность данных травосмесей. **Объект.** Объектами исследований были бобово-мятликовые травосмеси. **Материалы и методы.** При проведении наших исследований мы применяли методики И. Н. Бейдемана (изучение фенологии растений и растительных сообществ), ВНИИ кормов (методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами), Б. А. Доспехова (статистическая обработка экспериментальных данных). **Результаты и выводы.** Проведенные исследования показали, что все изученные в опыте травосмеси обладают значительным уровнем потенциальной урожайности и длительным сроком использования. Все изученные травосмеси значительно превосходят естественную растительность по количеству сырого протеина, золы, жира и кормовых единиц. Самое высокое количество кормовых единиц (0,85) отмечено у кормовой травосмеси 5. Из двух изучаемых способов посева самым урожайным оказался разбросной. За четыре года исследований на этом варианте опыта урожайность зеленой массы в среднем составила 115,3 т/га, а на варианте опыта с раздельно-рядовым способом посева этот показатель в среднем составил 90,1 т/га. Самым урожайным для всех изучаемых травосмесей оказался 3-й год жизни – 2018. В среднем по вариантам опыта в 2018 году урожайность зеленой массы травосмесей при применении раздельно-рядового способа посева составила 113,0 т/га, а при применении разбросного способа – 147,9 т/га. На 5-м году жизни травосмесей (2020 г.) урожайность зеленой массы резко снизилась. Поэтому можно сделать вывод, что оптимальная длительность использования изучаемых травосмесей – 4 года.

Ключевые слова: бобово-мятликовые травосмеси, клевер луговой, райграс пастбищный, способ посева травосмесей, овсяница луговая, люцерна синегибридная.

Цитирование. Фомин С. Д., Кудряшов А. В. Совершенствование элементов технологии возделывания многолетних травосмесей в условиях севера Астраханской области. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 50-58. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-05.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Возделывание кормовых трав всегда было одной из основных задач кормопроизводства. Многолетние травы – основной объект изучения кормопроизводства [4, 5, 6, 9]. Животноводству они дают корма, растениеводству – эффективные севообороты и повышение урожайности зерновых и других культур, земледелию – повышение плодородия почв, сельскохозяйственным землям – устойчивость и стабильное производство продукции. Благодаря многолетним травам кормопроизводство как никакая другая отрасль сельского хозяйства основано на использовании природных сил, воспроизводимых ресурсов (энергии солнца, агроландшафтов, земель, плодородия почв, фотосинтеза трав, создания клубеньковыми бактериями биологического азота из воздуха) [10-12].

На сегодняшний момент в Астраханской области на корм скоту в основном используют естественные сенокосы и пастбища. Но, в связи с резкой аридизацией климата, участвовавшими засухами, а также с ростом поголовья животных в хозяйствах, запасов естественных травостоев недостаточно. Поэтому в регионе стали увеличивать площади сеяных сенокосов на орошении.

В связи с этим на первый план вышла проблема увеличения видового ассортимента возделываемых кормовых трав и бобово-мятликовых травосмесей [1, 2, 13, 14]. Получение высоких урожаев бобово-мятликовых травосмесей невозможно без пра-

вильного подбора культур и использования наиболее высокопродуктивных видов и сортов. Также при посеве травосмесей необходимо учитывать и такой биотический фактор, как способ посева [3, 7, 8].

Поэтому для полного решения проблемы необходима разработка улучшенных агроприемов возделывания данных травосмесей. В связи с этим в 2016 году в ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» был заложен полевой опыт. Целью исследований являлся подбор оптимального состава бобово-мятликовых травосмесей и изучение влияния способов посева на урожайность данных травосмесей.

В задачи исследований входило:

- изучить влияние различных составов и способов посева бобово-мятликовых травосмесей на их урожайность;
- определить питательную ценность травосмесей;
- выявить наиболее перспективные для условий севера Астраханской области травосмеси, обладающие значительным уровнем потенциальной урожайности и длительным сроком использования.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись бобово-мятликовые травосмеси. При проведении наших исследований мы применяли методики И. Н. Бейдемана (изучение фенологии растений и растительных сообществ), ВНИИ кормов (методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами), Б. А. Доспехова (статистическая обработка экспериментальных данных).

Двухфакторный полевой опыт закладывался методом расщепленных делянок:

Фактор А – состав травосмеси;

Фактор В – способы посева;

I. Травосмеси (А) (таблица 1):

II. способы посева (В):

1. Раздельно-рядовой (ширина междурядий 30 см).
2. Разбросной.

Повторность опыта – трехкратная. Общая площадь под опытом – 0,9 га. Площадь делянки под травосмесь – 0,15 га, площадь делянки под способ посева – 0,075 га.

Объектами исследований являются кормовые травосмеси (таблица 1).

Таблица 1 – Состав травосмесей в опыте, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2016-2020 гг.

Table 1 – Composition of grass mixtures in the experiment, FSBSI «PAFNC RAS», 2016-2020

Травосмесь в опыте / Herbal mixture in experience	Состав травосмеси / The composition of the mixture
Травосмесь 1 / Herbal mixture 1	Люцерна синегибридная «Ростовская 90», Клевер луговой «Дымковский», Райграс пастбищный «Веймар», Фестулолиум «Регин»
Травосмесь 2 / Herbal mixture 2	Козлятник восточный «Магистр», Клевер луговой «Маруся», Овсяница луговая «Кубанская 2», Двукисточник «Донской-18»
Травосмесь 3 / Herbal mixture 3	Люцерна синегибридная «Маньчжурская», Клевер луговой «Трион», Двукисточник «Донской-18», Райграс пастбищный «Арсенал»
Травосмесь 4 / Herbal mixture 4	Люцерна синегибридная «Люция», Клевер луговой «Patavium», Фестулолиум «Регин», Двукисточник «Донской-18»
Травосмесь 5 / Herbal mixture 5	Козлятник восточный «Гале», Люцерна синегибридная «Люция», Овсяница луговая «Полтавская 29», Райграс пастбищный «ВИК 66»
Травосмесь 6 / Herbal mixture 6	Люцерна синегибридная «Маньчжурская», Клевер луговой «Дымковский», Райграс пастбищный «Веймар», Фестулолиум «Kenchu»

Результаты и обсуждение. Исследования проводились на полях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в 2016-2020 гг. Почвы участка светло-каштановые, среднесуглинистые с маломощным гумусовым горизонтом (0,2-0,25 м) и низким содержанием гумуса 0,92-1,05 в пахотном слое. Система обработки почвы под посевы трав состояла из осенней вспашки (глубина 22-24 см), весеннего боронования, культивации с боронованием, фрезерования для выравнивания участка. Посев был проведен 10 апреля 2016 года с последующим прикатыванием. Полные всходы всех образцов были отмечены через 4-5 дней после посева. Способ полива – дождевание. На опытном участке поддерживался режим орошения 75 % НВ.

За период с апреля по август 2016 года на опытном участке было внесено удобрение в норме $N_{140}P_{190}K_{290}$. В последующем удобрения на опытном участке вносились в фазу отрастания весной в норме $P_{190}K_{230}$ с поукосными подкормками азотом 55 кг/га.

Для оценки кормовой ценности возделываемых травосмесей был проведен биохимический анализ зеленой массы (таблица 2). В качестве стандарта был проведен срез растений на естественном пастбище. Срезы растений были проведены 29 мая 2016 года. Химический состав почвы на естественном пастбище был идентичен составу почвы на опытном участке.

Таблица 2 – Биохимический состав травосмесей, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2016 г.

Table 2 – Biochemical composition of grass mixtures, FSBSI «PAFNC RAS», 2016

Вариант опыта / Experience Option	Сырой протеин, % / Crude protein, %	Сырая клетчатка, % / Crude fiber, %	Сырая зола, % / Crude ash, %	Сырой жир, % / Crude fat, %	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Кол-во кормовых единиц / Number of feed units
Естественное пастбище / Natural pasture	7,3	33,9±2,6	5,6	2,51±0,49	86,67	0,56
Травосмесь 1 / Herbal mixture 1	21,3	23,8±2,1	11,4	3,42±0,54	84,97	0,79
Травосмесь 2 / Herbal mixture 2	18,6	25,4±2,2	11,0	3,26±0,53	85,94	0,75
Травосмесь 3 / Herbal mixture 3	21,5	24,2±2,0	11,3	2,92±0,49	84,93	0,76
Травосмесь 4 / Herbal mixture 4	22,0	22,3±2,0	11,7	2,99±0,52	84,59	0,83
Травосмесь 5 / Herbal mixture 5	22,8	21,6±2,0	12,3	2,85±0,51	84,79	0,85
Травосмесь 1 / Herbal mixture 1	22,9	22,1±2,0	12,7	2,27±0,48	85,28	0,84

Как видно из данных таблицы 2, все изученные травосмеси значительно превосходят естественную растительность по количеству сырого протеина, золы, жира и кормовых единиц. Но количество клетчатки в растениях с естественных пастбищ – на порядок выше. Это связано с тем, что растения, входящие в состав травосмесей, обладают более высокой поедаемостью и имеют более мягкую и сочную структуру и консистенцию. Самое высокое количество кормовых единиц (0,85) отмечено у кормовой травосмеси 5.

В 2016 году был проведен 1 санитарный укос для снижения засоренности посевов и создания благоприятных условий для развития травостоя. Для определения урожайности на опытных делянках в 2018-2020 гг. было проведено по 4 укоса. Укосы травосмесей проводились при достижении 75 % растений фазы «Бутионизация» у

бобовых, фазы «Колошение» у мятликовых и средней высоты растений 60-65 см. Последующее использование – осеннее пастбище при оптимальной животноводческой нагрузке (2 га на 1 условную голову овец). На вариантах с отдельно-рядовым способом посева и бобовые, и мятликовые достигали нужных фаз и указанной высоты. При использовании разбросного способа посева представители семейства бобовые подавляли мятликовые и последние в момент укоса достигали только фазы «Кущение» и высота их не превышала 30-35 см.

В таблице 3 представлены данные по урожайности травосмесей по годам жизни.

Анализируя данные, полученные в результате проведенного опыта (таблица 3), можно сделать вывод о том, что при разбросном способе посева урожайность всех травосмесей значительно выше, чем при отдельно-рядовом посеве. Так, в 2017 году урожайность зеленой массы бобово-мятликовых травосмесей на варианте опыта с разбросным способом посева превысила тот же показатель на варианте отдельно-рядовым способом посева в среднем на 27,8 т/га, в 2018 – на 34,9 т/га, в 2019 – на 25,9 т/га, в 2020 – на 12,9 т/га, соответственно. Самая большая разница между изучаемыми способами посева составила 46,7 т/га и была зафиксирована в 2019 году у травосмеси 2. Максимальная урожайность при применении разбросного способа посева составила 195,5 т/га в 2018 году у травосмеси 1.

Таблица 3 – Урожайность зеленой массы бобово-мятликовых травосмесей по годам жизни, ФГБНУ «ПАНЦ РАН», 2017-2020 гг.

Table 3 – Yield of green mass of legume-bluegrass mixtures by years of life
FSBSI «PAFNC RAS», 2017-2020

Травосмесь в опыте / Herbal mixture in experience	Способ посева / Sowing method	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Травосмесь 1 / Herbal mixture 1	Раздельно - рядовой / Separately - row	103,2	166,0	105,6	69,5
	Разбросной / Spread	122,4	195,5	115,7	77,4
Травосмесь 2 / Herbal mixture 2	Раздельно - рядовой / Separately - row	80,4	87,5	70,8	49,0
Травосмесь 3 / Herbal mixture 3	Разбросной / Spread	110,9	120,9	117,5	61,3
Травосмесь 4 / Herbal mixture 4	Раздельно - рядовой / Separately - row	92,3	91,7	111,3	36,0
Травосмесь 5 / Herbal mixture 5	Разбросной / Spread	118,4	128,7	122,4	45,0
Травосмесь 6 / Herbal mixture 6	Раздельно - рядовой / Separately - row	100,5	104,3	96,0	57,7
Травосмесь в опыте / Herbal mixture in experience	Разбросной / Spread	132,3	149,4	130,1	69,4
Травосмесь 1 / Herbal mixture 1	Раздельно - рядовой / Separately - row	100,1	107,7	92,1	61,4
	Разбросной / Spread	130,4	144,0	127,4	87,5
Травосмесь 2 / Herbal mixture 2	Раздельно - рядовой / Separately - row	111,4	120,9	102,3	40,6
	Разбросной / Spread	140,4	148,8	120,1	50,8
НСР _{(05)общая}	-	4,22	6,90	4,05	1,41
НСР _{(05)A}	-	2,98	4,88	2,87	2,44
НСР _{(05)B}	-	1,72	2,81	1,65	1,72
НСР _{(05)AB}	-	2,43	3,98	2,34	0,99

На вариантах опыта с отдельно-рядовым способом посева максимальное значение урожайности зеленой массы также было зафиксировано в 2018 году у травосмеси 1 – 166,0 т/га.

Самым урожайным для всех изучаемых травосмесей оказался третий год жизни – 2018. В среднем по вариантам опыта в 2018 году урожайность зеленой массы травосмесей при применении отдельно-рядового способа посева составила 113,0 т/га, а при применении разбросного способа – 147,9 т/га. В 2017 и 2019 гг. урожайность травосмесей различалась незначительно: на варианте с отдельно-рядовым способом посева в среднем 98,0 т/га и 125,8 т/га в 2017 году и 96,4 т/га при применении отдельно-рядового способа посева и 122,2 т/га при применении разбросного способа посева в 2019 году.

Полученные данные показывают, что в 2020 году урожайность зеленой массы у всех травосмесей на всех вариантах опыта значительно снизилась. Самые высокие значения этого показателя были отмечены у травосмесей 1 и 5 на варианте опыта с разбросным способом посева – 77,4 и 87,5 т/га, соответственно. На варианте с отдельно-рядовым способом посева в 2020 году самая высокая урожайность зеленой массы была отмечена у травосмеси 1 – 69,5 т/га.

Выводы. Все изученные в опыте травосмеси обладают значительным уровнем потенциальной урожайности и длительным сроком использования. Самая высокая урожайность в опыте была отмечена у травосмеси 1 на варианте опыта с применением разбросного способа посева – 195,5 т/га.

Все изученные травосмеси значительно превосходят естественную растительность по количеству сырого протеина, золы, жира и кормовых единиц. Самое высокое количество кормовых единиц (0,85) отмечено у кормовой травосмеси 5.

Из двух изучаемых способов посева самым урожайным оказался разбросной. За четыре года исследований на этом варианте опыта урожайность зеленой массы в среднем составила 115,3 т/га, а на варианте опыта с отдельно-рядовым способом посева этот показатель в среднем составил 90,1 т/га.

Самым урожайным для всех изучаемых травосмесей оказался 3-й год жизни – 2018. В среднем по вариантам опыта в 2018 году урожайность зеленой массы травосмесей при применении отдельно-рядового способа посева составила 113,0 т/га, а при применении разбросного способа – 147,9 т/га. На 5-м году жизни травосмесей (2020 г.) урожайность зеленой массы резко снизилась. Поэтому можно сделать вывод, что оптимальная длительность использования изучаемых травосмесей – 4 года.

Библиографический список

1. Байкалова Л. П., Кожухова Е. В. Возделывание злаково-бобовых травосмесей как оптимизация урожайности среднесрочных сенокосов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. № 5. С. 68-74.
2. Бобылев В. С. Факторы, влияющие на подбор компонентов травосмеси многолетних трав // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 9. С. 41-42.
3. Денисов Е. П. Многолетние травы как фитомелиоранты // Известия Оренбургского государственного университета. 2015. № 3(53). С. 48-50.
4. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. К вопросу о роли многолетних трав в сохранении плодородия почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2(42). С. 63-71.
5. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И. Научные результаты исследований по многолетним травам // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3(47). С. 46-55.
6. Зарьянова З. А., Осин А. А., Кирюхин С. В. Кормовая продуктивность и долголетие отдельных видов многолетних трав и травосмесей в условиях Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2014. № 1 (9). С. 72-78.

7. Крамаренко М. В. Эффективность способов совместного посева люцерно-мятликовых травосмесей // Известия ОГАУ. 2010. N 28-1. Т. 4. С. 50-52.
8. Лазарев Н. Н., Благовещенский Г. В. Многолетние травы в интенсивном молочном скотоводстве Западной Европы // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 6. С. 101-107.
9. Лошаков В. Г. Экологические и фитосанитарные функции зеленого удобрения // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 30-42.
10. Хисматуллин М. М. Бобовые и бобово-злаковые многолетние травы - составная часть органического земледелия республики Татарстан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т.14. №2(53). С. 64-67.
11. Шмелева Н. В. Параметры соотношения компонентов в бобово-злаковых травостоях с использованием нетрадиционных кормовых культур в Верхневолжье // Владимирский земледелец. 2020. №2(92). С. 43-46.
12. Эседуллаев С. Т. Научные основы создания долголетних высокоурожайных бобово-злаковых травостоев в Верхневолжье // Владимирский земледелец. 2015. № 1 (71). С. 20-23.
13. Kansanen P., Goals rue (Galegaorientalis) - new persistent forage légume // Efficient Grossland Farming. Berks. 2013. № 1. P. 294- 295.
14. Mitt J. Untersuchungen zum Futterwert von Almweiden bei Unterschiedlicher Bewirtschaftung // Bauer. Landw. 2012. № 58. P. 442-450.

Conclusions. All the grass mixtures studied in the experiment have a significant level of potential yield and a long period of use. The highest yield in the experiment was observed in the grass mixture 1 on the variant of the experiment using the spread sowing method - 195.5 t / ha.

All studied mixtures significantly exceed natural vegetation in terms of crude protein, ash, fat and feed units. The highest number of fodder units (0.85) was observed in fodder grass mixture 5.

Of the two sowing methods studied, the most productive was the scatter one. For four years of research on this variant of the experiment, the yield of green mass averaged 115.3 t / ha, and in the variant of the experiment with a separate-row sowing method, this indicator averaged 90.1 t / ha.

The most productive for all the studied mixtures was the 3rd year of life - 2018. On average, according to the variants of the experiment in 2018, the yield of green mass of grass mixtures when using the separate row sowing method was 113.0 t / ha, and when using the spread method 147.9 t / ha. In the 5th year of the life of the grass mixtures (2020), the yield of green mass sharply decreased. Therefore, we can conclude that the optimal duration of using the studied mixtures is 4 years.

References

1. Bajkalova L. P., Kozhuhova E. V. Vozdelyvanie zlakovo-bobovyh travosmesej kak optimizaciya urozhajnosti srednesrochnyh senokosov // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 5. P. 68-74.
2. Bobylev V. S. Faktory, vliyayuschie na podbor komponentov travosmesi mnogoletnih trav // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2012. № 9. P. 41-42.
3. Denisov E. P. Mnogoletnie travy kak fitomelioranty // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 3(53). P. 48-50.
4. Dronova T. N., Burceva N. I. K voprosu o roli mnogoletnih trav v sohranении plodorodiyа pochv // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 2(42). p. 63-71.
5. Dronova T. N., Burceva N. I., Molokanceva E. I. Nauchnye rezul'taty issledovaniy po mnogoletnim travam // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 3(47). P. 46-55.

6. Zar'yanova Z. A., Osin A. A., Kiryuhin S. V. Kormovaya produktivnost' i dolgoletie otdel'nykh vidov mnogoletnih trav i travosmesej v usloviyah Orlovskoj oblasti // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2014. № 1 (9). P. 72-78.
7. Kramarenko M. V. Jefferktivnost' sposobov sovmestnogo poseva lyucerno-myatlikovykh travosmesej // Izvestiya OGAU. 2010. N 28-1. T. 4. P. 50-52.
8. Lazarev N. N., Blagoveschenskij G. V. Mnogoletnie travy v intensivnom molochnom skotovodstve Zapadnoj Evropy // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2015. № 6. P. 101-107.
9. Loshakov V. G. Jekologicheskie i fitosanitarnye funkcii zelenogo udobreniya // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 5. P. 30-42.
10. Hismatullin M. M. Bobovye i bobovo-zlakovyie mnogoletnie travy - sostavnaya chast' organicheskogo zemledeliya respubliki Tatarstan // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. V.14. №2(53). P. 64-67.
11. Shmeleva N. V. Parametry sootnosheniya komponentov v bobovo-zlakovykh travostoyah s ispol'zovaniem netradicionnykh kormovykh kul'tur v Verhnevolzh'e // Vladimirskij zemledec. 2020. №2(92). P. 43-46.
12. Jesedullaev S. T. Nauchnye osnovy sozdaniya dolgoletnih vysokourozhajnykh bobovo-zlakovykh travostoev v Verhnevolzh'e // Vladimirskij zemledec. 2015. № 1 (71). P. 20-23.
13. Kansanen P., Goals rue (Galegaorientalis) - new persistent forage légume // Efficient Grossland Farming. Berks. 2013. № 1. P. 294- 295.
14. Mitt J. Untersuchungen zum Futterwert von Almweiden bei Unterschiedlicher Bewirtschaftung // Bauer. Landw. 2012. № 58. P. 442-450.

Author's information

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

Kudryashov Alexander Vladimirovich, Junior Researcher of the Department of Environmental Management, FSBSI "Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of SolenoyeZaimishche, Severny block, house 8), stone75@list.ru, tel. 89275652943, ORCID-0000-0002-0914-6239.SPIN code 6898-4860

Информация об авторах

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

Кудряшов Александр Владимирович, младший научный сотрудник отдела рационального природопользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, дом 8), stone75@list.ru, tel. 89275652943, ORCID-0000-0002-0914-6239.SPIN-код 6898-4860.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-06

THE INFLUENCE OF ELEMENTS OF CULTIVATION TECHNOLOGY ON THE YIELD AND FEATURES OF WATER CONSUMPTION OF A NEW VARIETY OF PEAS «SOTNIK» IN RAIN-FED CONDITIONS

N. N. Voshedsky, V. A. Kulygin, O. A. Tseluyko

*Federal State Budget Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center»,
Rostov region*

Received 15.10.2021

Submitted 28.11.2021

Abstract

Introduction. The purpose of the research is to establish the optimal method of basic tillage, the background of mineral nutrition on yield and the features of water consumption of a new variety of peas Sotnik in the rain-fed conditions of the Rostov region. **Materials and methods.** The place and

time of the research - the experimental hospital of the Federal State Budget Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center» 2019-2020. The soil of the experimental site is represented by ordinary chernozem, carbonate medium-thick light loam on loess-like loam. The content of humus in the arable layer is 4.0...4.2 %, total nitrogen-0.22...0.25 % of mobile phosphorus and potassium - 39 and 545 mg/kg, respectively. The reaction of the solution (pH) is 7.1...7.3. The density of the soil in the layer of 0 ... 30 cm is 1.26 g/cm³. In the experiments, the variety of peas «Sotnik» was used. We studied: factor A: methods of basic tillage-1) plowing by 25-27 cm (control); 2) combined (surface by 14-16 cm + crevice by 40-45 cm); 3) chisel by 25-27 cm; factor B: fertilizer backgrounds (high-N₃₀P₈₀K₈₀; medium-N₁₅P₄₀K₄₀; control without fertilizers). During the field experiment, generally accepted methods were used (B. A. Dospekhov, 1985, A. N. Kostyakov, 1961, A. F. Vadyunina, 1986).

Results. The yield of peas cultivated in rain-fed conditions is significantly affected by the provision of plants with heat and moisture during the critical period of water consumption. Grain yield in the years with optimal heat and moisture supply of the «flowering-fruit formation» period (hydrothermal coefficient=1.15) and stressful conditions (hydrothermal coefficient=0.29) was higher by 28.1-38.7%, with a corresponding decrease in water consumption coefficients by 29.2-32.2%. The use of an average fertilizer rate of N₁₅P₄₀K₄₀ allowed to increase the yield of peas, regardless of the method of basic tillage, by 17.8-20.0%, and a high rate of N₃₀P₈₀K₈₀ – by 32.4-33.6%, compared with the control. The highest return from the use of fertilizers was noted for the average background of nutrition – 2.84-3.05 kg/kg. Plowing gave a slightly higher yield, which turned out to be 1.5-5.4% higher than with combined and chisel treatments. At the same time, the lowest cost (10.49 thousand rubles/ton) and the highest profitability (138.2%) were provided by chisel processing. **Conclusions.** The best average yield of peas was obtained on the variant with plowing and the norm of fertilizers N₃₀P₈₀K₈₀-2.03 t / ha.

Keywords. Peas, basic processing, fertilizer, yield, heat and moisture availability, water consumption.

Citation. Voshedsky N. N., Kulygin V. A., Tseluyko O. A. The influence of elements of cultivation technology on the yield and features of water consumption of a new variety of peas Sotnik in rain-fed conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 58-68 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-06.

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

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

УДК 635.657:631.445.4

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НОВОГО СОРТА ГОРОХА «СОТНИК» В БОГАРНЫХ УСЛОВИЯХ

Н. Н. Вошедский, кандидат сельскохозяйственных наук

В. А. Кулыгин, кандидат сельскохозяйственных наук

О. А. Целуйко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Ростовская обл., п. Рассвет,
Российская Федерация

Дата поступления в редакцию 15.10.2021

Дата принятия к печати 18.11.2021

Аннотация. Цель исследований – установление способа основной обработки почвы, фона минерального питания, оптимальных для урожайность с учетом особенностей водопотребления нового сорта гороха «Сотник» в богарных условиях Ростовской области. **Материалы и методы.** Место и время проведения исследований – опытный стационар ФГБНУ ФРАНИЦ, 2019-2020 гг. Почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным, карбонатным среднемощным легкосуглинистым на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое 4,0...4,2 %, общего азота – 0,22...0,25 % подвижного фосфора и калия – соответственно 39

и 545 мг/кг. Реакция раствора (рН) – 7,1...7,3. Плотность почвы в слое 0...30 см – 1,26 г/см³. В опытах использовался сорт гороха «Сотник». Изучались: фактор А: способы основной обработки почвы – 1) вспашка на 25-27 см (контроль); 2) комбинированная (поверхностная на 14-16 см + щелевание на 40-45 см); 3) чизельная на 25-27 см; фактор В: фоны удобрений (высокий – N₃₀P₈₀K₈₀; средний – N₁₅P₄₀K₄₀; контроль без удобрений). При проведении полевого опыта использовали общепринятые методики (Б. А. Доспехов, 1985, А. Н. Костяков, 1961, А. Ф. Вадюнина, 1986). **Результаты.** На урожайность гороха, возделываемого в богарных условиях, существенное влияние оказывает обеспеченность растений теплом и влагой в критический период водопотребления. Урожайность зерна в годы с оптимальной тепло- и влагообеспеченностью периода «цветение – образование плодов» (ГТК=1,15) и стрессовыми условиями (ГТК=0,29) оказалась выше на 28,1-38,7 % при соответствующем снижении коэффициентов водопотребления на 29,2-32,2 %. Применение средней нормы удобрений N₁₅P₄₀K₄₀ позволяло увеличить урожайность гороха независимо от способа основной обработки почвы на 17,8-20,0 %, высокой нормы N₃₀P₈₀K₈₀ – на 32,4-33,6 % по сравнению с контролем. Самая высокая отдача от применения удобрений отмечена по среднему фону питания – 2,84-3,05 кг/кг. Вспашка давала несколько более высокую урожайность, которая оказалась на 1,5-5,4 % выше, чем при комбинированной и чизельной обработках. При этом самая низкая себестоимость (10,49 тыс. руб./т) и самая высокая рентабельность (138,2 %) обеспечивалась чизельной обработкой. **Выводы.** Лучший средний показатель урожайности гороха получен на варианте со вспашкой и нормой удобрений N₃₀P₈₀K₈₀ – 2,03 т/га.

Ключевые слова: возделывание гороха, условия возделывания гороха, сорта гороха, «Сотник».

Цитирование. Вошедский Н. Н., Целуйко О. А., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и особенности водопотребления нового сорта гороха «Сотник» в богарных условиях. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 58-68. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-06.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования непосредственно планировали, выполняли и анализировали результаты данного исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Горох – самая распространенная в РФ зернобобовая культура, главная ценность которой – высокое содержание белка в зерне – до 20-27 %. Эта культура отличается хорошей сбалансированностью аминокислотного состава, хорошими вкусовыми качествами, высокой усвояемостью организмом человека и животных. Горох менее требователен к почвенно-климатическим условиям, что способствует широкому ареалу распространения его возделывания [4, 10, 15]. Площадь выращивания данной культуры в РФ к 2020 г. достигла 1353,7 тыс. га. Основные направления использования гороха как полевой культуры – продовольственное, зернофуражное и укосное. Зерно является ценным сырьем для получения крупы, муки, производства зеленого горошка, лопатки и другой продукции. Неуклонно возрастает кормовое значение культуры: зерно гороха в расчете на 1 кормовую единицу содержит 150 г перевариваемого протеина. В качестве кормов горох находит широкое применение в комбикормовой промышленности, используется в виде фуража, зеленого корма, силоса, сена, сенажа. Обладая высокой азотфиксирующей способностью (оставляет в почве 40-50 кг/га биологического азота), горох играет большую агротехническую роль, улучшает экологическое состояние агроценозов, является одним из лучших предшественников для большинства сельскохозяйственных культур в севооборотах [4, 8, 10]. В частности, известно, что горох по сбережению влаги как предшественник под озимую пшеницу занимает промежуточное место между черным паром и пропашными. Другим достоинством гороха является его способность самостоятельно извлекать фосфор из труднодоступных для других культур соединений. В

условиях длительного теплого периода, характерного для южных регионов, горох выращивается и как промежуточная культура, что позволяет с одной и той же площади получать два-три урожая в год. Как показывает практика, опыт передовых хозяйств, выращивание гороха на юге России перспективно и выгодно, а зерно данной культуры в современных рыночных условиях имеет высокий и стабильный спрос [3, 8].

Однако фактическая продуктивность гороха на юге России в целом, и Ростовской области, в частности, значительно ниже реального потенциала культуры. Так, в Ставропольском крае, являющемся лидером РФ по валовому сбору гороха, средняя урожайность за 2018 г. не превысила 1,65 т/га. В Ростовской области этот показатель был еще ниже – 1,28 т/га. Самая высокая урожайность получена в Краснодарском крае – 2,11 т/га, хотя и этот показатель не соответствует реальному потенциалу культуры.

Недостаточно высокая продуктивность гороха на юге России обусловлена рядом объективных и субъективных факторов. Усиление аридности климата, неблагоприятные метеорологические факторы, создающие стрессовые условия вегетации культуры, негативно влияют на урожайность [3, 9]. Недостаточная разработанность элементов технологии возделывания с учетом их привязки к конкретным почвенно-климатическим условиям [1, 5-7, 12-14]. Слабая изученность особенностей водопотребления культуры при усилении засух [3, 11]. Дефицит урожайных, устойчивых к полеганию сортов гороха отечественной селекции. Переменчивая, часто неблагоприятная для сельхозпроизводителей конъюнктура цен на зерно культуры. Дефицит перерабатывающих мощностей, применение которых значительно повышает рентабельность производства гороха. В связи с этим объектом наших исследований являлся новый сорт гороха «Сотник», выведенный селекционерами ФГБНУ ФРАНЦ, совершенствование элементов технологии его возделывания.

Цель исследований – установление оптимального способа основной обработки почвы, фона минерального питания на урожайность и особенности водопотребления нового сорта гороха «Сотник» в богарных условиях Ростовской области.

Материалы и методы. Опыты проводились на опытном стационаре ФГБНУ ФРАНЦ 2019-2020 гг. Климат зоны проведения исследований – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным, карбонатным среднесуглинистым на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном (0-30 см) слое составляло 4,0-4,2 %, общего азота – 0,22-0,25 %, подвижного фосфора и калия – соответственно 39 и 545 мг/кг. Реакция почвенного раствора (рН) – 7,1...7,3 ед. Плотность почвы в слое 0-30 см – 1,26 г/см³ [2]. Площадь опытной деланки последнего порядка – 80 м². Размещение вариантов рендомизированное. Предшественником гороха в годы исследований являлась озимая пшеница. При проведении полевого опыта использовали общепринятые методики (Б. А. Доспехов, 1985, А. Н. Костяков, 1961, А. Ф. Вадюнина, 1986).

Полевые опыты проводились по типичной схеме, применяемой в ФГБНУ ФРАНЦ при изучении зернобобовых культур [2]. Пространственное расположение опыта – в трехкратной повторности. Изучались два фактора, которые были наложены друг на друга.

Фактор А – способ основной обработки почвы: 1) вспашка на 25-27 см (контроль); 2) комбинированная (поверхностная на 14-16 см + щелевание на 40-45 см); 3) чизельная на 25-27 см. Фактор В – фон удобрений: 1) без удобрений (контроль) (б/у); 2) средний – N₁₅P₄₀K₄₀ (0,5 NPK); 3) высокий – N₃₀P₈₀K₈₀ (NPK).

Подготовка почвы под посев гороха включала несколько этапов: лущение стерни сразу после уборки предшественника; внесение фосфорно-калийных удобрений; основная обработка (вспашка, комбинированная, чизельная); предпосевная культивация.

Минеральные удобрения применялись дробно: перед основной обработкой вносили суперфосфат и азотный калий дозами $P_{40}K_{40}$ и $P_{80}K_{80}$, под предпосевную культивацию – аммиачную селитру дозами N_{15} и N_{30} . Норма высева семян гороха составляла 1,2 млн шт./га. Важнейшим фактором получения качественного семенного и товарного зерна гороха является своевременная обработка поля против брuxуса, являющегося основным вредителем культуры в нашей зоне. Первая обработка проводилась в начале цветения гороха, вторая – при достижении фазы цветения 70-75 процентов растений опрыскиванием карате-зеон 120 г/га.

Результаты и обсуждение. Условия вегетации гороха по разным периодам роста и развития растений в годы исследований имели существенные отличия как по продолжительности характерных фаз, так и по показателям сумм активных температур, элементов водного баланса (осадки (X), расход воды из почвы (ΔW), суммарного водопотребления (E)), среднесуточного расхода воды, гидротермического коэффициента (ГТК). Разные способы основной обработки почвы и фоны минерального питания оказывали некоторое влияние на отличия сроков наступления и продолжительности фаз развития растений, но соответствующая разница не превышала 1-2 суток. При этом следует отметить, что в предпосевной период гороха отмечались некоторые отличия в показателях запасов продуктивной почвенной влаги метрового слоя при разных основных обработках: на участках комбинированной и чизельной обработок эти показатели были на 4-6 % выше, чем по вспашке. Однако уже к периоду начала цветения растений эта разница в почвенных влагозапасах нивелировалась. Характерны показатели тепло-влажнообеспеченности гороха на варианте со вспашкой и высоким фоном удобрений НРК (таблица 1).

Таблица 1 – Тепловлажнообеспеченность вегетационных периодов гороха сорта «Сотник», 2019-2020 гг.

Table 1 – Heat and moisture availability of vegetation periods of peas of the Sotnik variety, 2019-2020

Период вегетации/ Growing season	Год / Year	Дни / Days Amount	Сумма Т, °С / Amount T, °C	ΔW , м³/га / ΔW , m³/ha	X , м³/га / X , m³/ha	E , м³/га / E , m³/ha	ГТК / SCC	Ср. расход воды, м³/га / Sr. water consumption, m³/ha
Посев – всходы / Sowing – shoots	2019	11	119,2	315	346	661	2,90	60,9
	2020	19	126,4	256	8	264	0,06	13,9
Всходы – цветение / Shoots - flowering	2019	37	620,4	176	654	830	1,05	22,4
	2020	38	438,9	297	342	639	0,78	16,8
Цветение – образован. плодов / Blooming - educated. fruits	2019	20	482,1	204	142	346	0,29	17,3
	2020	17	268,8	362	310	672	1,15	39,5
Образован плодов- полн. спелость / For- mation of fruits is com- plete. ripeness	2019	24	556,1	565	68	633	0,12	26,4
	2020	25	567,3	380	178	558	0,31	22,3
Вегетационный период / Growing season	2019	81	1658,6	931	864	1795	0,52	22,1
	2020	80	1275,0	1039	720	1759	0,56	22,0
Посев – полная спе- лость / Sowing - full ripeness	2019	92	1777,8	1246	1210	2456	0,68	26,7
	2020	99	1401,4	1295	838	2133	0,60	21,6

Период «посев – всходы» в разные годы исследований имел значительные отличия по показателям обеспеченности растений теплом и влагой. В 2019 г. имели место значительное количество атмосферных осадков, благоприятные тепловые условия для быстрых всходов гороха, что отражено высокими показателями ГТК – 2,9 и среднесуточным расходом влаги – 60,0 м³/га. В 2020 г. этот период оказался значительно более продолжительным, растянувшись на 19 суток, что обусловлено низкими среднесуточными температурами воздуха (6,7 °С) и минимальным количеством осадков, которое наглядно отражено в соответствующих показателях. Период от всходов до цветения гороха по тепло-влагообеспеченности в годы исследований был благоприятным для растений, что видно из ГТК, составившего в 2019 г. – 1,05, в 2020 г. – 0,78.

Период «цветение – образование плодов» для гороха является критическим по потребности растений в воде и во многом оказывает существенное влияние на дальнейшее формирование урожайности. В 2019 году этот период характеризовался небольшим количеством атмосферных осадков (14,2 мм) и высокими среднесуточными температурами воздуха (24,1 °С), что отразилось на показателях ГТК и среднесуточного расхода влаги, которые не превысили 0,29 и 17,3 м³/га. Аналогичные условия 2020 г. оказались значительно благоприятнее для культуры: умеренные среднесуточные температуры и более высокая сумма осадков предопределили ГТК периода 1,15 при среднесуточном расходе влаги – 39,5 м³/га, появлению плодов на 3 суток раньше, чем в предыдущем году. Период от образования плодов до полной спелости гороха в годы исследований также имел существенные отличия по тепло-влагообеспеченности, что отражено в показателях ГТК: в 2019 г. = 0,12, в 2020 г. – 0,31.

В целом ГТК вегетационного периода гороха в 2019 г. оказался более высоким – 0,68, против 0,60 в 2020 г., что обусловлено значительным количеством атмосферных осадков, выпавших в тот год от посева до всходов, когда потребность культуры во влаге умеренная. При этом в период активной вегетации растений (всходы – полная спелость) несколько лучшие показатели ГТК отмечены в 2020 г. – 0,56, против 0,52. Сравнивая тепло-влагообеспеченность гороха в период наибольшей потребности растений во влаге (цветение – образование плодов), отмечаем значительно лучшие показатели 2020 г., когда гидротермический коэффициент периода достиг 1,15, а в предыдущем году он не превысил 0,29.

Отличия условий вегетации гороха, вызванные разными способами основной обработки почвы и фонами минерального питания, а также разными показателями тепло-влагообеспеченности по периодам вегетации в годы исследований, отразились на показателях урожайности (таблица 2).

Отмечается заметная разница в показателях урожайности на изучаемых вариантах по годам исследований. Так, при норме удобрений N₃₀P₈₀K₈₀ и разных способах основной обработки почвы урожайность гороха в 2020 году достигала 2,13-2,28 т/га, что на 0,42-0,50 т/га, или на 23,5-28,1 % больше, чем в 2019 г. Аналогичная разница на фоне N₁₅P₄₀K₄₀ и без удобрений составила 0,49-0,58 т/га (33,8-38,7 %) и 0,28-0,34 т/га (21,4-25,6 %). Данные отличия имели место за счет значительно лучшей тепло-влагообеспеченности культуры в критический по отношению к влаге период вегетации гороха – цветение – появление плодов. Лучший показатель урожайности зерна отмечен в 2020 г. на варианте со вспашкой и высокой нормой удобрений – 2,28 т/га. Наиболее высокая в абсолютном значении средняя урожайность гороха отмечена в условиях высокого фона питания (N₃₀P₈₀K₈₀) и вспашки – 2,03 т/га.

Приведенные данные характеризуют устойчивую тенденцию увеличения урожайности гороха по мере возрастания фона удобрений на вариантах опытов. При этом увеличение интенсификации основной обработки почвы по изучаемым вариантам повлияло на повышение урожайности зерна в меньшей степени.

Таблица 2 – Урожайность гороха сорта «Сотник» в зависимости от разных факторов, т/га, 2019–2020 гг., ФГБНУ ФРАНЦ

Table 2 – Yield of peas of the Sotnik variety depending on from various factors, t/ha, 2019-2020, FSBSI FRARC

Способ основной обработки / Basic processing method	Фон минерального питания, год / Background of mineral nutrition, year								
	Без удобрений (б/у) / Without fertilizers (used)			N ₁₅ P ₄₀ K ₄₀ (0,5NPK)			N ₃₀ P ₈₀ K ₈₀ (NPK)		
	2019	2020	сред.	2019	2020	сред. / average	2019	2020	сред. / average
Вспашка / Plowing	1,32	1,65	1,49	1,50	2,08	1,79	1,78	2,28	2,03
Комбинированная / Combined	1,31	1,59	1,45	1,49	1,98	1,74	1,71	2,13	1,92
Чизельная / Chisel	1,33	1,67	1,50	1,51	2,03	1,77	1,79	2,21	2,00
2019 г.: НСР ₀₅ = 0,09 т/га; фактор А: НСР ₀₅ – 0,07 т/га; фактор В: НСР ₀₅ – 0,10 т/га. 2020 г.: НСР ₀₅ = 0,1 т/га; фактор А: НСР ₀₅ – 0,07 т/га; фактор В: НСР ₀₅ – 0,11 т/га. 2019 : NSR ₀₅ = 0,09 t/ha; factor A: NSR ₀₅ – 0,07 t/ha; factor B: NSR ₀₅ – 0,10 t/ha. 2020 : NSR ₀₅ = 0,1 t/ha; factor A: NSR ₀₅ – 0,07 t/ha; factor B: NSR ₀₅ – 0,11 t/ha.									

Норма удобрений N₁₅P₄₀K₄₀ стимулировала увеличение средней урожайности гороха, которое при изучаемых способах основной обработки почвы было в пределах 0,27-0,29 т/га, или 17,8-20,0 % по сравнению с контролем. Высокий уровень питания (N₃₀P₈₀K₈₀) обеспечивал получение аналогичной прибавки 0,47-0,51 т/га, что составило 32,4-33,6 %. Лучшая отдача от применения удобрений отмечена в условиях среднего фона питания, изменяясь при разных способах основной обработки почвы в пределах 2,84-3,05 кг дополнительной продукции на единицу внесения. При высоком фоне питания такие же показатели не превысили 2,27-2,68 кг/кг.

Несколько иные закономерности получены при анализе влияния способов основной обработки почвы на урожайность гороха. Более высокие показатели получены в условиях вспашки (контроль). Однако, независимо от фона удобрений, снижение урожайности по другим обработкам составило: по комбинированной – 0,04-0,11 т/га, или 2,7-5,4 %, по чизельной не превысило 0,01-0,03 т/га, или 0,7-1,5 % по сравнению с контролем. При этом на вариантах с высоким фоном удобрений себестоимость и рентабельность продукции, соответственно, составила: по вспашке – 11,61 тыс. руб./т и 115,5 %; по комбинированной обработке – 10,54 тыс. руб./т и 137,1 %; по чизелеванию – 10,49 тыс. руб./т и 138,2 %.

Таким образом, из изучаемых способов основной обработки наиболее рациональным при возделывании гороха является чизелевание, которое при минимальном снижении урожайности, по сравнению со вспашкой, обеспечивает более рациональное использование материальных ресурсов.

Разное количество атмосферных осадков и суммы активных температур обусловило значительные отличия вегетационных периодов гороха в годы исследований и оказало определенное влияние на элементы водопотребления культуры (ΔW , X , E), а также коэффициент водопотребления (K_v) – соотношение суммарного водопотребления и урожайности. Характерны данные на вариантах с разными способами основной обработки почвы и высоким фоном удобрений (таблица 3).

Составляющие водного баланса гороха в годы исследований имели существенные отличия за счет значительной разницы в количестве выпавших атмосферных осадков за вегетационный период: в 2019 г. – 1210 м³/га, в 2020 г. – 838 м³/га. Соотношение

расхода воды из почвы и осадков в рассматриваемые годы составило: по вспашке – 50,7 и 49,3 %, 60,7 и 39,3 %; комбинированной обработке – 51,6 и 48,4 %, 61,6 и 38,4 %; чизелевании – 52,0 и 48,0 %, 62,0 и 38,0 %. При этом коэффициенты водопотребления гороха в 2020 г. были существенно ниже, составив по отношению к 2019 г.: по вспашке – 67,8 %; комбинированной обработке – 70,0 %; чизелевании – 70,8 %.

Таблица 3 – Водный баланс гороха «Сотник» при разных способах основной обработки почвы на фоне NPK, 2019–2020 гг.

Table 3 – Water balance of Centurion peas with different methods of basic tillage against the background of NPK, 2019-2020

Способ основной обработки/ Basic processing method	Год / Year	ΔW , м ³ /га ΔW , m ³ /ha	X , м ³ /га X , m ³ /ha	E , м ³ /га E , m ³ /ha	Y , т/га / Y , t/ha	K_v , м ³ /т / K_v , m ³ /t
Чизельная Chisel	2019	1310	1210	2520	1,79	1408
	2020	1365	838	2203	2,21	997
	средние average	1338	1024	2362	2,00	1181
Комбинированная Combined	2019	1288	1210	2498	1,71	1461
	2020	1342	838	2180	2,13	1023
	средние average	1315	1024	2339	1,92	1218
Вспашка Plowing	2019	1246	1210	2456	1,78	1380
	2020	1295	838	2133	2,28	936
	средние average	1271	1024	2295	2,03	1130

Из приведенных данных следует, что в менее обеспеченном осадками 2020 г. влага расходовалась растениями гороха значительно эффективнее, чем в более влажном 2019 г. В среднем наиболее рационально влага использовалась на вариантах со вспашкой, что подтверждает самый низкий коэффициент водопотребления гороха – 1130 м³/т. В условиях чизелевания аналогичный показатель был больше, но не превышал при этом 4,5 %.

Выводы. На урожайность гороха, возделываемого в богарных условиях, существенное влияние оказывает не только необходимое для нормального роста и развития растений количество атмосферных осадков, но и их рациональное распределение по критическим по отношению к влаге периодам вегетации. Сравнивая урожайность в годы с оптимальной тепло-влагообеспеченности периода «цветение – образование плодов» (ГТК=1,15) и стрессовыми условиями (ГТК=0,29), следует отметить разницу в показателях на 28,1-38,7 % при соответствующем снижении коэффициентов водопотребления на 29,2-32,2 %.

Применение средней нормы удобрений N₁₅P₄₀K₄₀ позволяло увеличить урожайность гороха, независимо от способа основной обработки почвы, на 17,8-20,0 %, высокой нормы N₃₀P₈₀K₈₀ – на 32,4-33,6 %, по сравнению с контролем. Самая высокая отдача от применения удобрений отмечена в условиях среднего фона питания, составив при разных способах основной обработки почвы 2,84-3,05 кг дополнительной продукции на единицу внесения.

Из способов основной обработки почвы несколько более высокая урожайность отмечена после традиционной вспашки. Однако снижение этого показателя после комбинированной и чизельной обработок при разных фонах удобрений не превысило 1,5-

5,4 %. При этом самая низкая себестоимость (10,49 тыс. руб./т) и самая высокая рентабельность (138,2 %) обеспечивалась чизельной обработкой. Лучший средний показатель урожайности гороха получен на варианте со вспашкой и нормой удобрений $N_{30}P_{80}K_{80} - 2,03$ т/га.

Библиографический список

1. Влияние способа основной обработки почвы и внесения удобрений на урожайность и экономическую эффективность возделывания гороха / В. Д. Соловиченко, В. В. Никитин, А. П. Карабутов [и др.] // Земледелие. 2018. № 5. С. 20-23.
2. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние приемов возделывания на урожайность чечевицы в богарных условиях в Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 11. С. 43-47.
3. Гаевая Э. А., Васильченко А. П. Урожайность гороха в зависимости от погодных условий Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2016. № 2. С. 32-34.
4. Гатаулина Г. Г., Бельшикина М. Е. Соя и другие зернобобовые культуры: импортировать или производить? // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31 № 8. С. 5-11.
5. Данилов А. Н., Летучий А. В., Пимонов К. И. Агрохимическая оценка применения удобрений при возделывании усатых форм гороха // Аграрный научный журнал. 2015. № 11. С. 6-9.
6. Киселёва Т. С., Рзаева В. В. Влияние основной обработки почвы на урожайность зернобобовых культур в северной лесостепи Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 1. С. 21-25.
7. Котлярова Е. Г., Лубенцов С. М. Пищевой режим почвы под горохом в зависимости от способа обработки и доз минеральных удобрений // Агрохимический вестник. 2016. № 3. С. 33-38.
8. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г. Влияние основной обработки почвы на урожайность и экономическую эффективность возделывания зерновых бобовых культур на южных черноземах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2016. № 2 (42). С. 90-96.
9. Постников П. А. Метеорологические условия и урожайность гороха в севооборотах // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 10. С. 57-60.
10. Савельев В. А. Горох: монография. Саратов: Вузовское образование, 2018. 231 с. <http://www.iprbookshop.ru/75041.html>
11. Тедеева А. А., Оказова З. П. Продолжительность межфазных периодов вегетации гороха // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 3-4. С. 632-635.
12. Урожайность и качество зерна одновидового и смешанных посевов гороха при внесении минеральных удобрений / И. Л. Безгодова, Н. Ю. Коновалова, Е. Н. Прядыльщикова, Г. Г. Благовещенская, А. А. Завалин // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 75-79.
13. Целуйко О. А., Парамонов А. В. Влияние длительного применения удобрений на урожайность гороха // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 2. С. 46-51.
14. Эффективность различных приемов основной обработки почвы под горох / В. И. Турусов, В. М. Гармашов, И. М. Корнилов, Н. А. Нужная, С. Е. Дудченко // Земледелие. 2016. № 8. С. 22-24.
15. Medvedev E. B. The impact of soil cultivation methods and fertilizers on the soil fertility performance and crop yields under the conditions on the northern part on the Donetsk Highland // Grain Crops/ 2018. Vol. 2. No. 2. P. 314-323.

Conclusions. The yield of peas cultivated in rain-fed conditions is significantly influenced not only by the amount of precipitation necessary for normal growth and development of plants, but also by their rational distribution over the vegetation periods critical to moisture. Comparing the yield in the years with the optimal heat and moisture supply of the "flowering – fruit formation" period ($SCC=1.15$) and stressful conditions ($SCC=0.29$), it should be noted the difference in indicators by 28.1-38.7% with a corresponding decrease in water consumption coefficients by 29.2-32.2%.

The use of an average fertilizer rate of $N_{15}P_{40}K_{40}$ allowed to increase the yield of peas, regardless of the method of basic tillage, by 17.8-20.0%, and a high rate of $N_{30}P_{80}K_{80}$ – by 32.4-33.6%, compared with the control. The highest return from the use of fertilizers was noted in the conditions of an average nutrition background, amounting to 2.84-3.05 kg of additional products per unit of application with different methods of basic tillage.

Of the methods of basic tillage, a slightly higher yield was noted after traditional plowing. However, the decrease in this indicator after combined and chisel treatments with different backgrounds of fertilizers did not exceed 1.5-5.4%. At the same time, the lowest cost (10.49 thousand rubles/ton) and the highest profitability (138.2%) were provided by chisel processing. The best average yield of peas was obtained on the variant with plowing and the norm of fertilizers $N_{30}P_{80}K_{80}$ - 2.03 t / ha.

References

1. Vliyanie sposoba osnovnoj obrabotki pochvy i vneseniya udobrenij na urozhajnost' i jekonomicheskuyu jeffektivnost' vozdel'nyaniya goroha / V. D. Solovichenko, V. V. Nikitin, A. P. Karabutov [i dr.] // Zemledelie. 2018. № 5. P. 20-23.
2. Voshedskij N. N., Kulygin V. A. Vliyanie priemov vozdel'nyaniya na urozhajnost' chechevicy v bogarnyh usloviyah v Rostovskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2020. № 11. P. 43-47.
3. Gaevaya Je. A., Vasil'chenko A. P. Urozhajnost' goroha v zavisimosti ot pogodnyh uslovij Rostovskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2016. № 2. P. 32-34.
4. Gataulina G. G., Belyshkina M. E. Soya i drugie zernobobovye kul'tury: importirovat' ili proizvodit'? // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2017. T. 31 № 8. P. 5-11.
5. Danilov A. N., Letuchij A. V., Pimonov K. I. Agrohimičeskaya ocenka primeneniya udobrenij pri vozdel'nyanii usatyh form goroha // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2015. № 11. P. 6-9.
6. Kisel'jova T. S., Rzaeva V. V. Vliyanie osnovnoj obrabotki pochvy na urozhajnost' zernobobovyh kul'tur v severnoj lesostepi Tyumenskoj oblasti // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2021. T. 35. № 1. P. 21-25.
7. Kotlyarova E. G., Lubencov S. M. Pischevoj rezhim pochvy pod gorohom v zavisimosti ot sposoba obrabotki i doz mineral'nyh udobrenij // Agrohimičeskij vestnik. 2016. № 3. P. 33-38.
8. Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G. Vliyanie osnovnoj obrabotki pochvy na urozhajnost' i jkonomicheskuyu jffektivnost' vozdel'nyaniya zernovyh bobovyh kul'tur na yuzhnyh chernozemah // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2016. № 2 (42). P. 90-96.
9. Postnikov P. A. Meteorologicheskie usloviya i urozhajnost' goroha v sevooborotah // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2018. T. 32. № 10. S. 57-60.
10. Savel'ev V. A. Goroh: monografiya. Saratov: Vuzovskoe obrazovanie, 2018. 231 c. <http://www.iprbookshop.ru/75041.html>
11. Tedeeva A. A., Okazova Z. P. Prodolzhitel'nost' mezhfaznyh periodov vegetacii goroha // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2016. № 3-4. P. 632-635.
12. Urozhajnost' i kachestvo zerna odnovidovogo i smeshannyh posevov goroha pri vnesenii mineral'nyh udobrenij / I. L. Bezgodova, N. Yu. Konovalova, E. N. Pryadil'schikova, G. G. Blagoveschenskaya, A. A. Zavalin // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2016. T. 30. № 7. P. 75-79.
13. Celujko O. A., Paramonov A. V. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenij na urozhajnost' goroha // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2020. № 2. P. 46-51.
14. Jeffektivnost' razlichnyh priemov osnovnoj obrabotki pochvy pod goroh / V. I. Turusov, V. M. Garmashov, I. M. Kornilov, N. A. Nuzhnaya, S. E. Dudchenko // Zemledelie. 2016. № 8. P. 22-24.
15. Medvedev E. B. The impact of soil cultivation methods and fertilizers on the soil fertility performance and crop yields under the conditions on the northern part on the Donetsk Highland // Grain Crops/ 2018. Vol. 2. No. 2. P. 314-323.

Information about the authors

Nikolay Nikolayevich Voshedsky, Head of the Laboratory of landscape agriculture, agrochemistry and varietal agrotechnics of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Rostov Agricultural Research Centre" (346735 s. Institutskaya 1, Aksaysky district, Rassvet village, Rostov region, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, Honored Worker of Agriculture of Russia, E-mail: dzni-szr@mail.ru.

Kulygin Vladimir Anatolyevich, leading researcher of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Rostov Agricultural Research Centre" (346735 s. Institutskaya 1, Aksaysky district, Rassvet village, Rostov region, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, E-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru.

Oksana Anatolyevna Tseluyko, Scientific Secretary of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Rostov Agricultural Research Centre" (346735 sl. Institutskaya 1, Aksaysky district, Rassvet village, Rostov region, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, E-mail: dzni@mail.ru.

Информация об авторах

Вошедский Николай Николаевич, заведующий лабораторией ландшафтного земледелия, агрохимии и сортовой агротехники Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (346735 ул. Институтская 1, Аксайский район, п. Рассвет, Ростовская обл., Россия), кандидат сельскохозяйственных наук, Заслуженный работник сельского хозяйства России, E-mail: dzni-szr@mail.ru.

Кулыгин Владимир Анатольевич, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (346735 ул. Институтская 1, Аксайский район, п. Рассвет, Ростовская обл., Россия), кандидат сельскохозяйственных наук, E-mail: kulygin-vladimir@rambler.ru.

Целуйко Оксана Анатольевна, Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (346735 ул. Институтская 1, Аксайский район, п. Рассвет, Ростовская обл., Россия), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, E-mail: dzni@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-07

FACTORS THAT DETERMINE THE FOREST CONDITIONS OF «ETEREVSKY SANDY MASSIF»

A.K. Kulik, M.V. Vlasenko, R. N. Bulkushkin

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

Received 12.07.2021

Submitted 26.10.2021

Abstract

Introduction. The most effective and rational form of economic use on sandy lands is afforestation. To draw up scientifically based projects for the development of sandy massifs for the purpose of afforestation, materials are needed on the phytoecological characteristics of sandy arenas: relief, state of soil and vegetation cover, climate, groundwater level. **Object.** The object of research is the «Eterevisky sandy massif». **Materials and methods.** Satellite images from Google, ESRI, Sentinel 2, Landsat 5 were used to determine the boundaries of the sandy massif and calculate the areas of forest plantations. Their processing was carried out in the QGIS program. At key sites, the state of the soil and vegetation cover was monitored using the reconnaissance survey method. The morphological description of the soil sections was carried out on the basis of the field guide of soils of Russia. The aim of the research was to study the factors influencing the forest growing conditions of the «Eterevisky sandy massif». **Results and conclusion.** The area of the massif is 18.5 thousand hectares. The main areas of the massif are used for unregulated grazing. The most typical plant representatives of the sandy massif are species growing on the soils of ancient aeolian sediments with a deep groundwater level and on loose sands with different depths of the groundwater level and hilly relief. Ground waters occur at a level of 2-20 m. The formation of various types and subtypes of soils in the sandy massif occurs under the influence of the relief, underlying rocks, vegetation, moisture regime, and anthropogenic impact. Hilly and ridge sands occupy about 15 thousand hectares. Of these, open sands account for 445 hectares, overgrown sands account for 10855 hectares, pine plantations - 3400 hectares, deciduous stands - 300 hectares. In the period 1990-2021. the share of open sands decreased by 2 times, the area of pine plantations decreased by 620 hectares. Fires are the main cause of plant destruction.

Key words: *sandy massif, forest conditions, soil moisture, water regime, pine plantations, vegetation, climate.*

Citation. A.K. Kulik, M.V. Vlasenko, R. N. Bulkushkin. Factors that determine the forest conditions of «Etereovsky sandy massif». *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 68-77 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-07.

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

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

УДК 630*915

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ ЕТЕРЕВСКОГО ПЕСЧАНОГО МАССИВА

А. К. Кулик, кандидат сельскохозяйственных наук
М. В. Власенко, кандидат сельскохозяйственных наук
Р. Н. Балкушкин, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 12.07.2021

Дата принятия к печати 26.10.2021

Актуальность. Наиболее эффективной и рациональной формой хозяйственного использования на песчаных землях является лесоразведение. Для составления научно обоснованных проектов освоения песчаных массивов с целью облесения необходимы материалы по фитоэкологическим характеристикам песчаных арен: рельефу, состоянию почвенно-растительного покрова, климату, уровню грунтовых вод. **Объект исследований** – Етеревский песчаный массив. **Материалы и методы.** Для определения границ песчаного массива и подсчета площадей лесных насаждений использовались спутниковые снимки Google, ESRI, Sentinel 2, Landsat 5. Их обработка осуществлялась в программе QGIS. На ключевых участках методом рекогносцировочного обследования был проведен мониторинг состояния почвенно-растительного покрова. Морфологическое описание почвенных разрезов проводилось на основе полевого определителя почв России. Целью исследований являлось изучение факторов, влияющих на лесорастительные условия Етеревского песчаного массива. **Результаты и выводы.** Площадь массива составляет 18,5 тыс. га. Основные площади массива используются под нерегулируемый выпас. Наиболее типичными растительными представителями песчаного массива являются виды, произрастающие на почвах древних эоловых наносов с глубоким залеганием уровня грунтовых вод и на сыпучих песках с различной глубиной уровня грунтовых вод и бугристым рельефом. Грунтовые воды залегают на уровне 2-20 м. Формирование различных типов и подтипов почв песчаного массива происходит под влиянием рельефа, подстилающих пород, растительности, режима увлажнения, антропогенного воздействия. Бугристые и грядовые пески занимают около 15 тыс. га. Из них на открытые пески приходится 445 га, заросшие пески составляют 10 855 га, сосновые насаждения – 3400 га, лиственный древостой – 300 га. В период 1990-2021 гг. доля открытых песков снизилась в 2 раза, площадь сосновых насаждений сократилась на 620 га. Основной причиной гибели насаждений являются пожары.

Ключевые слова: *песчаные массивы, лесорастительные условия, влажность почвы, насаждения сосны, лесоразведение.*

Цитирование. Кулик А. К., Власенко М. В., Балкушкин Р. Н. Факторы, определяющие лесорастительные условия Етеревского песчаного массива. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 68-77. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-07.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Мировыми исследованиями доказано, что крупномасштабное лесоразведение может существенно влиять на почвенный покров, физико-химические и гидрологические свойства почв, которые очень важны в засушливых экосистемах. Леса как экосистемные инженеры меняют микроклимат, влияют на круговорот минералов и предотвращают эрозию почв. Агролесомелиоративное обустройство территории потенциально может привести к циркуляции минеральных питательных веществ между надземными и подземными экосистемами [11-15]. Лесные насаждения регулируют водный баланс, влажность почвы и бюджет осадков через различные механизмы лесных компонентов в масштабе водосбора [4-6, 10]. На сегодняшний день детальных исследований требуют вопросы облесения песчаных массивов, в том числе на территории бассейна р. Дон, так как они имеют актуальность и практическую направленность в решении задач улучшения эколого-экономических условий проживания большого числа населения.

Целью исследований являлось изучение факторов, влияющих на лесорастительные условия Етеревского песчаного массива.

Материалы и методы. Етеревский песчаный массив (Волгоградская обл.) находится на I и II надпойменной террасе р. Медведица на правобережной части границы среднего и нижнего течения ($50^{\circ}05'-50^{\circ}13'$ с.ш. и $43^{\circ}20'-43^{\circ}34'$ в.д.) (рисунк 1). Массив вытянут на расстоянии 25-30 км широкой (8-14 км) лентой вдоль поймы с северо-востока на юго-запад и ограничен междуречьем р. Медведицы и р. Тишанкой.

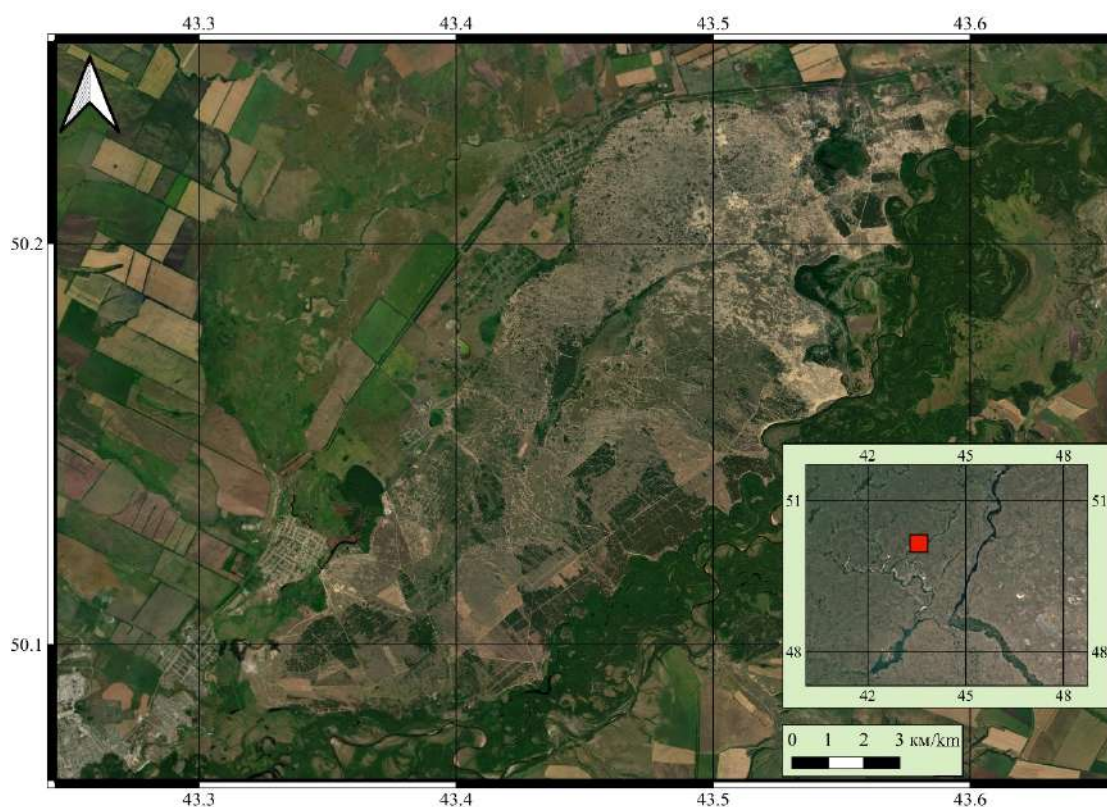


Рисунок 1 – Расположение Етеревского песчаного массива
(источник: ESRI ArcGIS imagery)

Figure 1 – Location of the Eterevsky sand massif (source: ESRI ArcGIS imagery)

К факторам, определяющим лесорастительные условия территории, относят: климат, рельеф, водный режим почв, уровень залегания грунтовых вод, степень зарастания песков. В связи с этим по общепринятым методикам были проведены почвенные, агроле-

сомелиоративные, геоботанические и гидрологические исследования. Климатические условия изучены по литературным и Интернет (<http://russia.pogoda360.ru>) источникам. На ключевых участках методом рекогносцировочного обследования было оценено состояние растительного покрова (флористический состав и особенности формирования сообществ). Морфологическое описание почвенных разрезов проводилось на основе полевого определителя почв России 2008 г. Наблюдение за изменением влажности почвы проводилось на стационарных площадках методом бурения в период весенней влагозарядки и наибольшего иссушения - осенью. Повторность взятия образцов трехкратная. Отбор образцов осуществлялся через каждые 20 см до 3 м или до уровня грунтовых вод. Для определения границ песчаного массива и подсчета площадей лесных насаждений использовались спутниковые снимки Google, ESRI, Sentinel 2, Landsat 5. Их обработка осуществлялась в программе QGIS.

Результаты. Климат территории континентальный, что накладывает отпечаток на формирование лесорастительных условий. По данным метеостанции в г. Михайловка, среднегодовая температура воздуха составляет 8,5 °С. Самый холодный месяц – февраль (-5,9 °С), самый теплый – июль (23,3 °С). Абсолютный минимум температуры воздуха обычно наблюдается в январе-феврале (до -36 °С), абсолютный максимум – в июне-августе (до 41 °С). Длительность периода с устойчивой средней суточной температурой ниже 0°С составляет 137 дней.

В I декаде апреля происходит переход средней суточной температуры воздуха через 5 °С, совпадающей с началом вегетационного периода. В III декаде апреля суточная температура воздуха устойчиво переходит через 10 °С и начинается безморозный период. Длительность весеннего периода со средними суточными температурами воздуха до 10 °С длится 20-30 дней.

Гидротермический коэффициент территории песчаного массива составляет 0,5, что характерно для районов сухой степи. Среднегодовое количество осадков составляет 400 мм. Отмечается широкое колебание осадков по месяцам, что объясняет варьирование урожайности сельскохозяйственных культур, естественных трав и эффективность агролесомелиоративных мероприятий. В среднем наибольшее количество осадков выпадает в мае (около 53 мм), часто в виде ливней. В отдельные периоды могут наблюдаться засушливые годы (до 250 мм) и влажные (до 600 мм).

Большое значение имеют осенние и зимние осадки. Средняя высота снежного покрова не превышает 18-22 см при сравнительно небольшой плотности, вследствие чего снег легко переносится ветром. Общее количество дней со снежным покровом составляет 100-110 дней. Распределение снега на открытой территории неравномерное вследствие активизации сильно развитых ветров Сибирского антициклона, которые приводят снег в сыпучее состояние и сносят его к затишкам, лесополосам, другим препятствиям. Таким образом, при планировании лесомелиоративных работ в агротехнике следует предусмотреть снегозадержание для регулирования равномерного увлажнения всей лесокультурной площади.

Преобладающее значение направления ветра южное (повторяемость 9 % по 16-ти румбовой шкале). Средняя скорость ветра – 3,3 м/с. Связано это с экранирующим влиянием возвышенностей, окаймляющих южную оконечность Окско-Донской низменности. Для песков ветровой режим имеет особенно большое значение и является основным фактором их передвижения. Особенно опасны сильные ветры со скоростью более 15 м/с, которых в году насчитывается 20-25 случаев.

В геоморфологическом отношении песчаный массив представляет собой слабо наклоненную к юго-востоку широковолнистую равнину. Долина р. Медведицы довольно ясно выражена поймой и надпойменными террасами:

1. Пойма р. Медведицы – послеледниковая луговая терраса, высота над уровнем реки 4-5 м.

2. I надпойменная терраса – надлуговая терраса высота 8-15 м.

3. II надпойменная терраса – высота 25 м. Сложена песками и представлена бугристо-холмистым рельефом. В пойму р. Медведица II терраса переходит, образуя уступы высотой 18-20 м. Реже переходит постепенно в I надпойменную террасу.

К северу и северо-западу от правого берега реки Медведица расположена зона южных черноземов, являющаяся границей черноземно-степной зоны. К югу и юго-западу от левого берега реки располагается зона каштановых степей – северная граница подзоны темно-каштановых степей. Основными подстилающими породами являются песчаные отложения третичного периода, местами перекрытые с поверхности глинами, тяжелыми суглинками и суглинками четвертичного периода, послужившими почвообразующими породами большинства почв. Типичными для песчаного массива являются светлогумусовые почвы. На относительно недавно закрепленной растительностью территории развиваются псаммоземы гумусовые со слабо развитым гумусовым горизонтом, залегающим на почвообразующей породе. На перевеянном песчаном материале, главным образом на положительных элементах микрорельефа, встречаются участки, не затронутые почвообразованием – открытые золотые пески. В поймах распространены темно-гумусовые и аллювиальные темногумусовые почвы, формирующиеся в условиях временного затопления в период весеннего половодья. Рельеф, подстилающие породы, растительность, режим увлажнения, антропогенное воздействие являются факторами, влияющими на формирование различных типов и подтипов почв песчаного массива (рисунок 2).

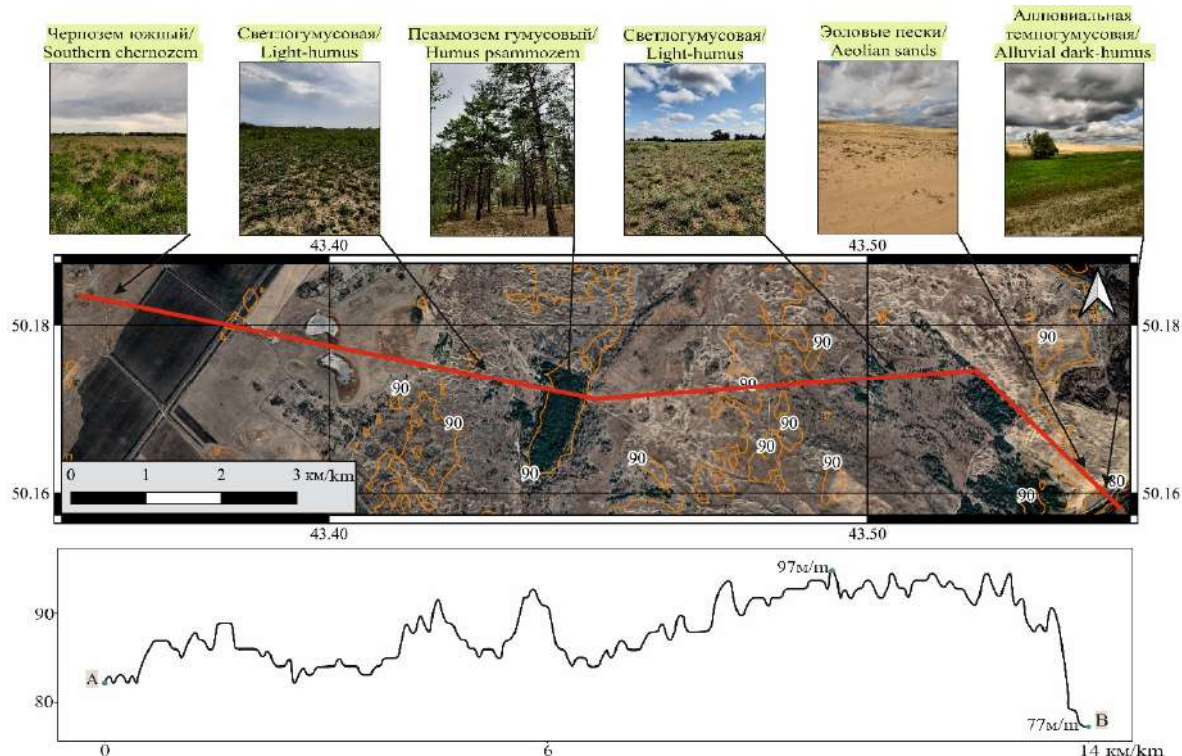


Рисунок 2 – Ландшафтный профиль Етеревского песчаного массива

Figure 2 – Landscape profile of the Etereysky sand massif

На территории нередко встречаются погребенные почвы, обнаруживаемые на различных глубинах, а также прослои суглинка. Такие горизонты, имеющие более тяжелый по сравнению с песком гранулометрический состав, являются местным водопором, что создаёт благоприятные условия для произрастания лесных культур.

Для водного режима изучаемых песчаных почв характерны 4 периода. Осенний инфильтрационно-накопительный период начинается обычно в октябре. Ему предшествует максимальное иссушение почвенных горизонтов. Термоконденсационный период связан с наступлением устойчивых морозов. Глубина промерзания почвы в отдельные зимы колеблется от нескольких сантиметров до 80 см. Весенний инфильтрационно-накопительный период начинается во время подъема среднесуточных температур выше 0 °С, в результате чего происходит оттаивание мерзлотного горизонта. Талые снеговые воды вместе с запасами воды сверх наименьшей влагоемкости (6-7 %) проникают в глубокие почвенные горизонты. Четвертый период физико-транспирационного расхода воды начинается после установления в почвах влажности соответствующей наименьшей влагоемкости, что по времени обычно совпадает с переходом среднесуточных температур через 5 °С.

На территории песчаного массива фиксируются различные отметки уровня грунтовых вод. Наиболее глубоко они залегают в наивысшей точке массива, на территории Рахинской лесной дачи (свыше 20 м) и участие в водном балансе сосновых насаждений не принимают. Иная картина наблюдается в районе бугристых песков, расположенных к востоку от поселка Моховский. Здесь грунтовые воды залегают на глубине от 2 м и являются дополнительным источником водопитания древостоя. В юго-западной части песчаного массива уровень грунтовых вод на второй террасе колеблется в пределах от 10 до 17 м.

Основная масса Етеревского массива, за небольшим исключением, предназначена под выгонные угодья. В результате нерегулируемого выпаса скота пески то зарастают, то превращаются в разбитые и лишенные растительности. Травянистый покров представлен специфическими видами, большая часть из которых является псаммофитами. Наиболее типичными растительными формациями Етеревского песчаного массива является степная растительность почв древних эоловых наносов с глубоким залеганием уровня грунтовых вод и растительность сыпучих песков с различной глубиной уровня грунтовых вод и бугристым рельефом [2, 8, 9].

По склонам и вершинам бугров распространены: ковыль волосатик (*Stipa capillata* L.), тонконог сизый (*Koeleria glauca* (Spreng.) DC.), типчак (*Festuca beckeri* (Hack.) Trautv., *F. rupicola* Neuff.), мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L.), молочай (*Euphorbia seguieriana* Neck.) и другие виды. В виде кустов, которые не образуют заросли, часто встречается ракитник русский (*Cytisus ruthenicus* Fisch.). Проективное покрытие варьирует на разных участках от 20 до 50 %. Высота травостоя в среднем составляет 50 см.

На слабозаросших песках доминирующим сообществом является чабрецово-типчаково-ковыльное. Здесь также часто встречается овес песчаный (*Leymus racemosus* (Lam.) Tzvel.) и полынь веничная (*Artemisia scoparia* Waldst.). Высота травостоя не превышает 25 см. Проективное покрытие около 50 %.

На слабоволнистых и равнинных участках травянистый покров представлен песчано-степной растительностью. Из злаков здесь доминируют типчак Беккера (*Festuca beckeri* (Hack.) Trautv.), ковыль Иоанна (*Stipa pennata* L.), тонконог сизый (*Koeleria glauca* (Spreng.) DC.). Широко распространены василек песчаный (*Centaurea arenaria* Bieb.), лапчатка песчаная (*Potentilla arenaria* Borkh.), полынок (*Artemisia austriaca* Jacq.). Проективное покрытие травостоя достигает 90 %.

К широким понижениям среди бугристых песков приурочены разнотравно-злаковые сообщества, где доминируют мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), зубровка душистая (*Hierochloa odorata* (L.) P. Beauv.), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), осока низкая (*Carex humilis* Leyss.),

осока песчаная (*Carex arenaria* L.) и лапчатка песчаная (*Potentilla arenaria* Borkh). В более глубоких замкнутых понижениях растительный покров представлен осоко-злаковым разнотравьем. Здесь наиболее часто встречаются осока стройная (*Carex acuta* L.), костер безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), клевер белый (*Trifolium repens* L.) и лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.).

На всех видах песков широко распространен молочай (*Euphorbia seguieriana* Neck.), который является биоиндикатором сильной сбитости песков. На 2-х и 3-х летних залежах преобладают рудеральные виды: солянка калийная (*Salsola kali* L.), икотник серо-зеленый (*Berteroa incana* (L.) DC.), щетинник зеленый (*Setaria viridis* (L.) Beauv.), птичья гречиха (*Polygonum aviculare* L.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), полевица белая (*Agrostis gigantea* Roth) и другие.

Естественная древесная растительность распространена в глубоких понижениях с близким залеганием грунтовых вод и состоит из ольхово-осиновых и березовых колок.

Площадь массива составляет 18,5 тыс. га. Бугристые и грядовые пески с различной степенью проективного покрытия древесной и травянистой растительностью занимают площадь около 15 тыс. га. Из них на открытые пески приходится 445 га, заросшие пески – 10 855 га, сосновые насаждения – 3400 га, лиственный древостой – 300 га. В последние годы отмечается уменьшение доли открытых песков по сравнению с 1990 г. (887 га) (рисунок 3).

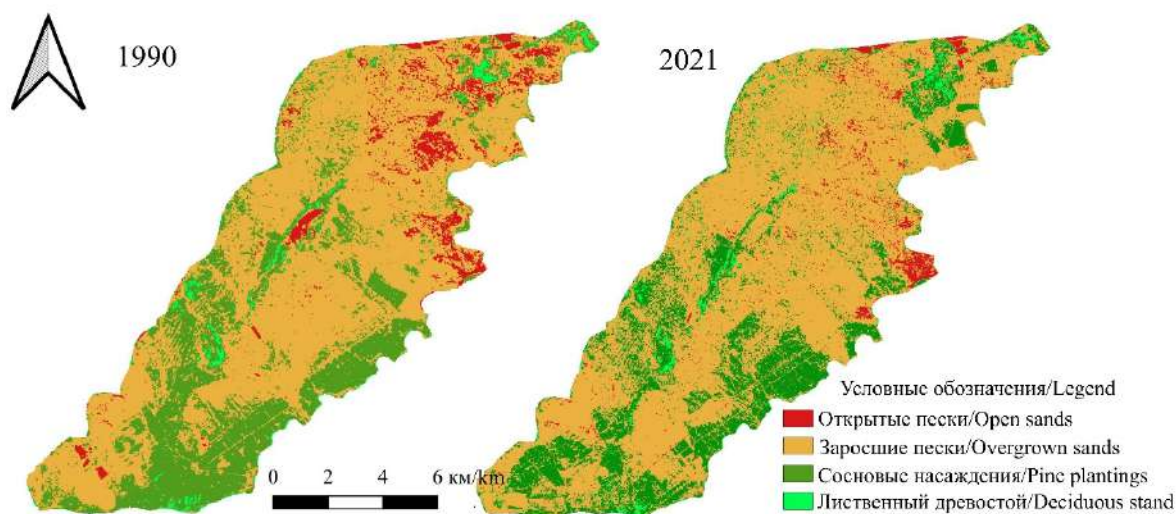


Рисунок 3 – Изменение площади основных категорий земель
Етеревского песчаного массива с 1990 г. по 2021 г.

Figure 3 – Change in the area of the main land categories of the
Eterevsky sand massif from 1990 to 2021

Наряду с этим сократилась площадь и сосновых насаждений. В 1990 году они занимали территорию 4020 га. Основная причина гибели лесных насаждений – пожары. Крупнейшее возгорание на Етеревском песчаном массиве произошло в 1992 г в Рахинском лесном массиве, в результате которого погибло свыше 300 га лесных насаждений. В 2018 году в восточной части песчаного массива вдоль излучины реки Медведицы сгорели сосновые насаждения площадью около 60 га. В целом район характеризуется высокой пожарной опасностью, поэтому создание и выращивание лесных культур сосны обязательно необходимо проводить с учетом элементов противопожарного обустройства территории [3].

Агролесомелиоративные насаждения сосны обыкновенной начали закладываться еще в конце 19 века (Рахинское лесничество). Насаждения были созданы для предотвращения засыпания поймы песком, разбиваемым вследствие интенсивного выпаса скота. На сегодняшний момент на Етеревских песках преобладающей породой при лесоразведении остается сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Встречаются также смешанные посадки вместе с сосной крымской, на юге массива произрастают робиния псевдоакация (*Robinia pseudoacacia* L.) и карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.), на северо-западной окраине встречаются остатки посадок шелюги красной (*Salix acutifolia* Willd.).

Из-за неблагоприятных почвенно-климатических условий на больших лесокультурных площадях песчаного массива при лесовосстановительных работах наблюдается «выпадение» молодых деревьев сосны обыкновенной, вплоть до исчезновения рядов. Как правило, это происходит в особо засушливые годы.

Опыт лесоразведения на песках и песчаных почвах Етеревского массива показывает, что сосновые культуры лучше растут в чистом составе. И производительность их находится в тесной зависимости от местоположения, уровня грунтовых вод, минерального и органического состава песков и песчаных почв и т.д. Культуры сосны, созданные десятилетия назад, в том числе и на крутых песчаных склонах, продолжают расти в сравнительно удовлетворительном состоянии.

Выводы. Етеревский песчаный массив является перспективным объектом для лесомелиорации с многолетним опытом лесоразведения. Однако разнообразные сочетания местных природных условий формируют территориальную неоднородность для произрастания лесонасаждений. Наилучшие условия соответствуют областям с дополнительным водопитанием. В остальном на песках эффективное лесоразведение возможно лишь при осуществлении комплекса мероприятий, направленных на повышение биологической устойчивости и продуктивности создаваемых насаждений. Улучшение качественного состояния лесов песчаного массива позволит сформировать стабильную систему, способную противостоять воздействию негативных факторов среды и имеющую высокую мелиоративную эффективность.

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. Власенко М. В., Трубакова К. Ю. Водный режим видов семейства Роасеае в условиях засухи // Аграрный вестник Урала. 2019. № 11 (190). С. 2–8.
3. Влияние ландшафтных пожаров на мелиоративную эффективность полезащитных насаждений степного Придонья / Н. Н. Дубенок [и др.] // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 3. С. 33–35.
4. Кулик А. К., Кулик К. Н., Балкушкин Р. Н. Террасовые пески и их роль в водопитании рек бассейна Дона // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 6. С. 742–754.
5. 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.
6. Кулик К. Н. К вопросу о состоянии защитного лесоразведения в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 23–33.
7. Кулик К. Н. Защитные лесные насаждения - основа экологического каркаса агротерриторий // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 18–21.
8. Кулик Н. Ф. Дистилляция почвенного раствора под действием температур и возможность его использования растениями // Почва и окружающая среда. 2018. № 1(4). С. 277–283.

9. Материалы к флоре Волгоградской области / С. А. Сенатор [и др.] // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018. Т. 12. № 4. С. 23–43.
10. Шульгин М. В., Власенко М. В. Гидрологическая роль лесных насаждений в формировании режима водных ресурсов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2021. № 1 (62). С. 144–152.
11. Influence of vegetation restoration on soil physical properties in the Loess Plateau, China / C. J. Gu [et al.] // Soil Sediment. 2018. № 19 (2). Pp. 716–728.
12. Plant-soil feedbacks: a meta-analytical review / A. Kulmatiski [et al.] // Ecol Lett. 2008. № 11. Pp. 980–992.
13. Qazi N. Hydrological functioning of forested catchments, Central Himalayan Region, India // For. Ecosyst. 2020. № 7. Pp. 63.
14. The global tree restoration potential / J.-F. Bastin [et al.] // Science. 2019. № 365 (6448). Pp. 76–79.
15. Xia J. B., Ren J. Y., Zhang S. 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.

Conclusions. The Etereysky sandy massif is a promising object for forest reclamation with many years of experience in afforestation. However, various combinations of local natural conditions form territorial heterogeneity for the growth of forest plantations. The best conditions correspond to areas with additional water supply. As for the rest, effective forest cultivation on the sands is possible only with the implementation of a set of measures aimed at increasing the biological stability and productivity of the created plantations. Improving the qualitative state of the forests of the sandy massif will make it possible to form a stable system capable of withstanding the impact of negative environmental factors and having a high reclamation efficiency.

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. Vlasenko M. V., Trubakova K. Yu. Water mode of species of the Poaceae family in drought conditions // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 11 (190). Pp. 2–8.
3. Influence of landscape fires on the reclamation efficiency of field-protective plantations of the steppe Don region / N. N. Dubenok [et al.] // Bulletin of the Russian agricultural science. 2017. No. 3. Pp. 33–35.
4. Kulik A. K., Kulik K. N., Balkushkin R. N. Terrace sands and their role in the water supply of the rivers of the Don basin // Water resources. 2020. Vol. 47. No. 6. Pp. 742–754.
5. Kulik A. K., Vlasenko M. V. Ecological and hydrological assessment of the impact of rural 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.
6. Kulik K. N. On the question of the state of protective afforestation in the Volgograd region // News of the Nizhne-Volga agro-university complex: Science and higher professional education. 2020. No. 1 (57). Pp. 23–33.
7. Kulik K. N. Protective forest plantations - the basis of the ecological framework of agricultural areas // Bulletin of the Russian agricultural science. 2018. No. 1. Pp. 18–21.
8. Kulik N. F. Dislike of soil solution under the action of temperatures and the possibility of its use by plants // Soil and the environment. 2018. No. 1(4). Pp. 277–283.
9. 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.
10. Shulgin M. V., Vlasenko M. V. Hydrological role of forest plantations in the formation of the regime of water resources // Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy V. R. Filippov. 2021. No. 1 (62). Pp. 144–152.
11. Influence of vegetation restoration on soil physical properties in the Loess Plateau, China / C. J. Gu [et al.] // Soil Sediment. 2018. № 19 (2). Pp. 716–728.

12. Plant-soil feedbacks: a meta-analytical review / A. Kulmatiski [et al.] // *Ecol Lett.* 2008. № 11. Pp. 980–992.
13. Qazi N. Hydrological functioning of forested catchments, Central Himalayan Region, India // *For. Ecosyst.* 2020. № 7. Pp. 63.
14. The global tree restoration potential / J.-F. Bastin [et al.] // *Science.* 2019. № 365 (6448). Pp. 76–79.
15. Xia J. B., Ren J. Y., Zhang S. 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.

Authors Information

Kulik Aleksey Konstantinovich, Leading Researcher, Head of the 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/0000-0001-5927-7336>, e-mail: kulikak79@yandex.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.

Bulkushkin Roman Nikolaevich, junior 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/0000-0003-0987-6263>, e-mail: balkushkin_r@vfanc.ru.

Информация об авторах

Кулик Алексей Константинович, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией гидрологии агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0001-5927-7336, e-mail: kulikak79@yandex.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.

Балкушкин Роман Николаевич, младший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0987-6263>, e-mail: balkushkin_r@vfanc.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-08

NEW METHOD FOR SYNTHESIS OF (5R)-5-(2,2-DIMETHOXYETHYL)-6-METHYLHPT-6-EN-2-ONE – KEY COMPOUND IN PRODUCTION OF PHEROMONES OF *AONIDIELLA AURANTII* (RED SCALE) AND *PSEUDALACASPIS PENTAGONA* (MULBERRY SCALE)

A.Yu. Lobur, N.G. Todorov, K.A. Kuznetsov

Federal State Institution «All-Russian Plant Quarantine Center», Moscow region

Received 12.10.2021

Submitted 15.11.2021

Summary

This paper presents the results of the research into the methods of synthesis of a key compound in the production of synthetic sex pheromones of dangerous quarantine pests of *Aonidiella aurantii* (red scale) and *Pseudalacaspis pentagona* (mulberry scale) (5R)-5-(2,2-dimethoxyethyl)-6-methylhepta-6-en-2-one. The study was carried out within the framework of the State Assignment (Research and Development Registration Number (NIOKTR): 121052600026-3). Improvement of the method of synthesis of this compound is necessary to eliminate the explosive stage and to provide the possibility of increasing the production of pheromones of these pests.

Abstract

Introduction. Pheromone traps are used in plantations to control the populations of *Aonidiella aurantii* and *Pseudalacaspis pentagona*. Synthesis of the sex pheromones of these pests is a rather complex multistep process. The synthesis schemes of these two pheromones coincide until (5R)-5-(2,2-dimethoxyethyl)-6-methylhept-6-en-2-one is obtained. The synthesis of this key compound is carried out via the explosive ozonide (+)-limonene, which does not allow an increase in synthesis load. **Object.** The subject of this study is a safe technological method for the preparation of (5R)-5-(2,2-dimethoxyethyl)-6-methylhept-6-en-2-one. **Materials and methods.** A new method for the synthesis of (5R)-5-(2,2-dimethoxyethyl)-6-methylhept-6-en-2-one was developed at the Laboratory of Pheromone Synthesis of the Federal State Institution «All-Russian Plant Quarantine Center». For this compound, the 1.2 monoxide (R)-(+)-limonene preparation reaction using monoperphthalate hexahydrate was applied for the first time. Dimethoxy ketoacetal was produced from ketoacetal in methanol using ammonium nitrate as a catalyst. **Results and conclusions.** In the course of this work, a safe technological methodology for the synthesis of (5R)-5-(2,2-dimethoxyethyl)-6-methylhept-6-en-2-one, a key compound in the *Aonidiella aurantii* and the *Pseudalacaspis pentagona* sex pheromone synthesis schemes, was developed, which allows to increase the production of these pheromones.

Key words: California red scale, *Aonidiella aurantii*, mulberry scale, *Pseudalacaspis pentagona*, organic pheromone synthesis, scale pheromone, pheromone traps

Citation. Lobur A.Yu., Todorov N.G., Kuznetsov K.A. New method for synthesis of (5R)-5-(2,2-dimethoxyethyl)-6-methylhept-6-en-2-one – key compound in production of pheromones of *Aonidiella aurantii* (red scale) and *Pseudalacaspis pentagona* (mulberry scale). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 77-84 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-08.

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

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

УДК 632.91:595.752.3

НОВЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА (5R)-5-(2,2-ДИМЕТОКСИЭТИЛ)-6-МЕТИЛГЕПТА-6-ЕН-2-ОНА – КЛЮЧЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ФЕРОМОНОВ КРАСНОЙ ПОМЕРАНЦЕВОЙ И ТУТОВОЙ ЩИТОВОК

А. Ю. Лобур, кандидат химических наук

Н.Г. Тодоров, старший научный сотрудник, К.А. Кузнецов, младший научный сотрудник

Всероссийский центр карантина растений – ВНИИКР, р.п. Быково, Московская область

Дата поступления в редакцию 12.10.2021

Дата принятия к печати 15.11.2021

Аннотация. Представлены результаты исследования методов синтеза ключевого соединения при получении синтетических половых феромонов опасных карантинных вредителей – красной померанцевой и тутовой щитовок (5R)-5-(2,2-диметоксиэтил)-6-метилгепта-6-ен-2-она. Настоящая работа выполнена в рамках Государственного задания (регистрационный номер НИОКТР: 121052600026-3). Совершенствование метода синтеза этого соединения необходимо для исключения взрывоопасной стадии и обеспечения возможности увеличения производства феромонов этих вредителей.

Актуальность. Для контроля численности красной померанцевой щитовки *Aonidiella aurantii* и тутовой щитовки *Pseudalacaspis pentagona* в посадках применяют феромонные ловушки. Синтез половых феромонов этих вредителей – довольно сложный многостадийный процесс. Схемы синтеза этих двух феромонов совпадают до получения (5R)-5-(2,2-диметоксиэтил)-6-метилгепта-6-ен-2-она. Синтез этого ключевого соединения проводят через взрывоопасный озонид (+)-лимонена, что не позволяет увеличивать загрузки синтеза. **Объект.** Объектом данного исследования являлся безопасный технологичный способ получения (5R)-5-(2,2-диметоксиэтил)-6-метилгепта-6-ен-2-она. **Материалы и методы.** Разработка новой методики синтеза (5R)-5-(2,2-диметоксиэтил)-6-метилгепта-6-ен-2-она проводилась в лаборатории синтеза феромонов Всероссийского центра карантина растений. Для синтеза данного соединения впервые была применена реакция получения

1,2 монооксида (R)-(+)-лимонена с использованием бис-моноперфталата магния гексагидрата. Диметоксикетоацеталь получали из кетоацетала в метаноле с применением нитрата аммония в качестве катализатора. **Результаты и выводы.** В процессе работы была разработана безопасная технологичная методика синтеза (5R)-5-(2,2-диметоксиэтил)-6-метилгепта-6-ен-2-она, ключевого соединения в схемах синтеза половых феромонов красной померанцевой и тутовой щитовок, что позволяет увеличить производство этих феромонов.

Ключевые слова: красная померанцевая щитовка, *Aonidiella aurantii*, тутовая щитовка, *Pseudalacaspis pentagona*, органический синтез феромонов, феромон щитовки, феромонные ловушки.

Цитирование. Лобур А. Ю., Тодоров Н. Г., Кузнецов К. А. Новый метод синтеза (5R)-5-(2,2-диметоксиэтил)-6-метилгепта-6-ен-2-она – ключевого соединения при получении феромонов красной померанцевой и тутовой щитовок. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 77-84. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-08.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Красная померанцевая щитовка *Aonidiella aurantii* и тутовая щитовка *Pseudalacaspis pentagona* являются опасными карантинными вредителями. Оба вредителя относятся к одному семейству щитовок *Diaspididae*-семейство полужесткокрылых насекомых из надсемейства червецов, но к разным родам.

Красная померанцевая щитовка наибольший вред представляет для цитрусовых культур и растений семейства розоцветные, а тутовая щитовка является опасным карантинным вредителем косточковых и семечковых плодовых насаждений. Несмотря на то что эти насекомые относятся к разным родам, половой феромон обоих вредителей имеет близкую химическую структуру. В настоящее время метод контроля численности щитовок с помощью феромонных ловушек применяется во многих странах мира и является одним из лучших и самым экологически чистым.

Половым феромоном померанцевой щитовки, используемым в феромонных ловушках, является ацетат (3Z, 6R)-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола (I) (рисунок 1) [7]. Для отлова тутовой щитовки используют синтетический половой феромон пропионат (R,Z)-3,9-диметил-6-изопропенил-3,9-декадиен-1-ола (соединение II на рисунке 1) [4].

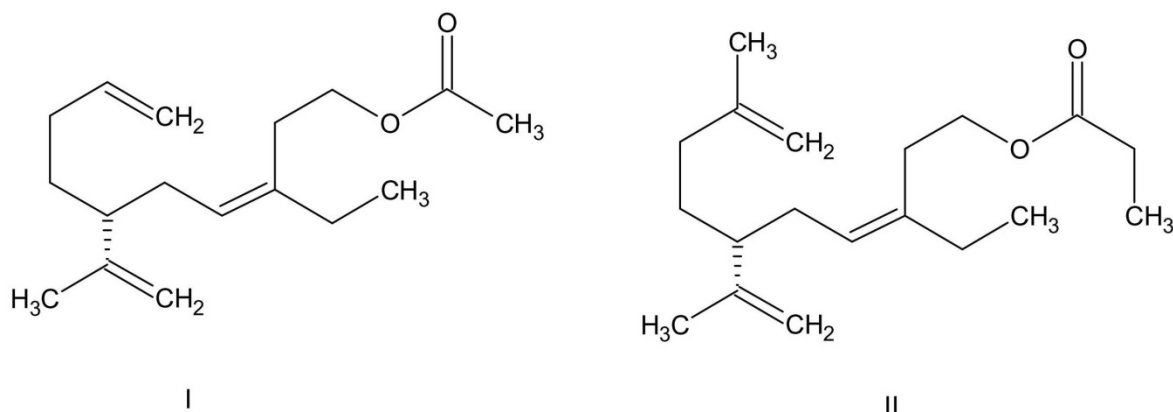


Рисунок 1 – Половые феромоны красной померанцевой щитовки: ацетат (3Z, 6R)-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола (I) и тутовой щитовки: пропионат (R,Z)-3,9-диметил-6-изопропенил-3,9-декадиен-1-ола (II)

Figure 1 – The red scale sex pheromones: acetate (3Z, 6R)-6-isopropenyl-3- methyldeca-3,9-diene-1-ol (I) and mulberry scale: propionate (R, Z)-3,9- dimethyl-6-isopropenyl-3,9-decadiene-1-ol (II)

Близость химических структур этих феромонов обусловила то, что и наиболее удачные схемы их синтеза на начальных стадиях одинаковые [1, 4]. Ключевым соединением этих схем является (6R)-6-(2,2-диметоксиэтил)-7-метиокта-7-ен-2-он (соединение VI на рисунке 2). Это соединение получают трёхстадийным синтезом в одной колбе без выделения промежуточных соединений. Озонирование (R)-(+)-лимонена (III) проводят в при -70°C в метаноле. Разложение озонида (IV) проводят диметилсульфидом при комнатной температуре. Это очень взрывоопасная стадия, так как концентрация озонида в реакционной массе достигает 15-20 %. Снизить взрывоопасность реакционной смеси можно было бы разбавлением или снижением температуры. Снижение концентрации озонида разбавлением метанолом приводит к получению нежелательного продукта кетала (VII), а при более низкой температуре реакция не идёт, так как растворимость исходного лимонена оказывается недостаточной. Этот неприятный аспект делает практически невозможным безопасное увеличение загрузки этой реакции. Поэтому необходим альтернативный технологичный метод получения кетоацетала (VI) из лимонена.

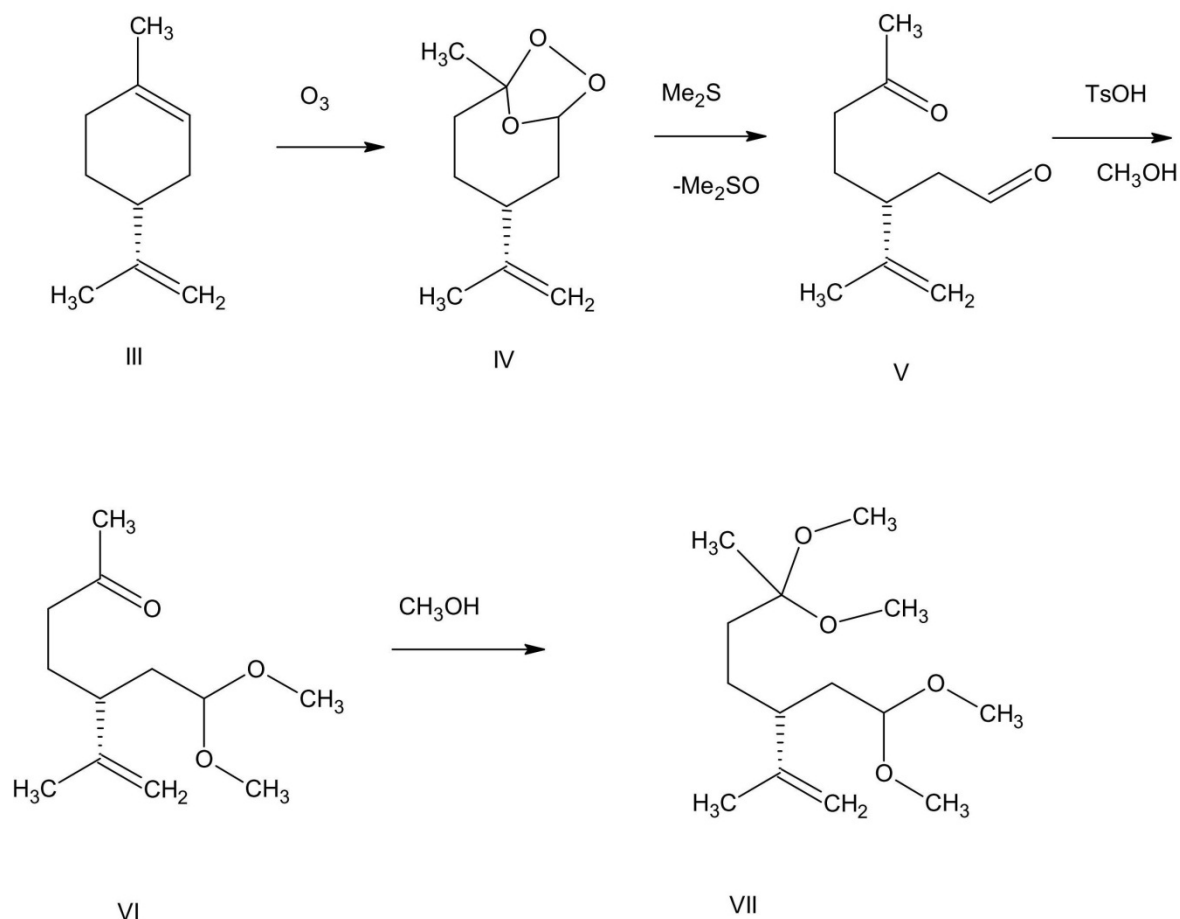


Рисунок 2 – Схема синтеза (5R)-5-(2,2-диметоксиэтил)-6-метилгепта-6-ен-2-она (VI)

Figure 2 – The synthesis scheme of (5R)-5-(2,2- dimethoxyethyl)-6-methylhepta-6-en-2-one (VI)

Материалы и методы. Синтез выполнялся в химической лаборатории отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений. Газохроматографический анализ проводился на хроматографе Agilent 7890A с пламенно-ионизационным детектором. Применялась колонка – HP-5. Масс-спектры записывались на хроматографе Agilent 7890A с масс-спектрометрической приставкой Agilent 5975C при

ионизирующем напряжении 70 eV. Применялась колонка – HP-5MSI, L = 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм, газ-носитель – гелий. Лимонен, тетрагидрофуран (далее - ТГФ), метанол, диметилсульфид, петролейный эфир, гексан, бензол и пиридин перед использованием были высушены и перегнаны. Сульфат натрия был прокален в муфельной печи.

Получение **(R)-(+)-4-изопропенил-1-метил-7-оксабицикло [4.1.0]гептана (VIII)**. Раствор 250 г магния моноперфталата гексагидрата (85 % чистоты, 0,43 молей) в 900 мл воды прибавляли по каплям в течение 2 часов к раствору 109,0 г (0,80 моль) (R)-(+)-лимонена в 1900 мл этанола. Перемешивали ночь при комнатной температуре. Упаривали этанол в вакууме при температуре не выше +30 °С. Остаток отфильтровали, осадок промывали пентаном, объединенную жидкую фазу переливали в делительную воронку и отделяли органическую фазу. Водную фазу экстрагировали пентаном (2 x 150 мл), и объединенный органический слой сушили сульфатом натрия. Раствор упаривали и перегоняли в вакууме дважды. Второй раз перегоняли с длинным дефлегматором. Получали 87,7 г (72 %) моноэпоксида (VIII). Температура кипения 55-59 °С (5 mbar). Чистота по газожидкостному хроматографу (далее – ГЖХ) – 92 % – в виде смеси цис и транс-изомеров. Масс-спектр (m/e): 152 (M⁺), 137 (M-15).

Получение **(R)-(+)-4-изопропенил-1-метилциклогексан-1,2-диола (IX)**. К охлажденному до 10 °С 1 % раствору серной кислоты (430 мл) при перемешивании добавили 87,7 г (0,58 моля) моноэпоксида (VIII). Реакционную массу перемешивали 1,5 часа при охлаждении в бане со льдом. Отфильтровали выпавшие кристаллы и растворили их в 60 мл диэтилового эфира. Фильтрат экстрагировали (3 x 60 мл) диэтиловым эфиром. Объединенные органические растворы промыли раствором бикарбоната натрия, насыщенным раствором хлорида натрия и сушили сульфатом натрия. Раствор упаривали. Получали 84,8 г (86 %) диола (IX) в виде смеси кристаллов и масла. Чистота по ГЖХ – 90 % содержание нужных изомеров. Масс-спектр (m/e): 170 (M⁺).

Получение **(3R)-4-метил-3-(3-оксобутил)пента-4-еналь (X)**. К раствору 84,8 г (0,50 моля) диола (IX) в 80 мл ТГФ добавляли раствор 111,6 г (0,52 моля) периодата натрия в 750 мл воды. Эту смесь перемешивали под аргоном при комнатной температуре 16 ч. Отгоняли на роторе ТГФ. Остаток экстрагировали диэтиловым эфиром (3 x 250 мл) и сушили сульфатом натрия. Упаривали на роторе растворитель и получали 70,6 г (84 %) сырого продукта кетоальдегида (X) с чистотой по ГЖХ – 89 %.

Получение **(5R)-5-(2,2-диметоксиэтил)-6-метилгепта-6-ен-2-она (VI)**. К раствору 70,6 г (0,42 моля) сырого кетоальдегида (X) в 600 мл абсолютного метанола в атмосфере аргона при перемешивании добавляли 0,3 г нитрата аммония и нагревали реакционную массу до 30 °С. Ход реакции контролировали с помощью ТСХ. Перемешивали от 30 до 60 минут. Как только реакция прошла – добавляли 2 г поташа, охлаждали до 15-20 °С и перемешивали 1 час. Упаривали на роторе растворитель, остаток растворяли в пентане (250 мл), промывали водой (2 x 50 мл) и насыщенным раствором хлорида натрия (30 мл). Сушили раствор сульфатом натрия, упаривали растворитель, остаток перегоняли в вакууме с дефлегматором. Получали 68,3 г (76 %) продукта (VI), т. кип. 65-70 °С (0,12 mbar). Масс-спектр (m/e): 182 (M⁺-32), 150 (M⁺-64). Чистота по ГЖХ – 95 %.

Результаты и обсуждение. Волынски и Баркер описали получение кетоальдегида (V) из монооксида лимонена путём его гидролиза до диола и последующим расщепление диола периодатом натрия [12]. Получение монооксида лимонена авторы не приводят. Обычно для эпоксидирования двойной связи используют метахлорпербензойную кислоту (mCPBA). В структуре молекулы лимонена две двойные связи, и при использовании этого окислителя в основном получается диэпоксид [8]. Описанные успешные случаи получения монооксида в положении 1,2 структурных аналогов лимонена с помощью mCPBA относят-

ся к его производным со стерическими заместителями в окружении терминальной двойной связи [3, 5, 9]. Недавно был разработан метод эпоксидирования лимонена без использования органических растворителей в каталитическом комплексе $[PTC]_3[PW_4O_{24}]$ (PTC- метил трикаприл аммония хлорид) с использованием H_2O_2 в качестве окислителя [10]. Однако один из авторов, Дэвидсон, в другой своей работе [8] отмечает, что отделение катализатора от продукта сопряжено с большими трудностями. Поэтому они проводили следующую стадию без выделения эпоксида и катализатор безвозвратно терялся.

Ещё одним эффективным реагентом эпоксидирования двойных связей является бис-монопериоксифталат магния гесагидрат (MMPP) [2]. Эпоксидирование лимонена этим реактивом не описано, поэтому было интересно проверить возможность получения монооксида лимонена в положении 1,2. Окислитель MMPP растворим в воде. Поэтому 10 % раствор (R)-(+)-лимонена в этаноле добавляли к 20-% водному раствору MMPP. Реакцию проводили при комнатной температуре. Контролировали ход реакции с помощью тонкослойной хроматографии (ТСХ). Реакция завершалась через 8-12 часов. Эпоксид получался в виде смеси *цис*, *транс* изомеров в соотношении близком к 1 : 1. В реакционной массе присутствовал в количестве до 5 % продукт эпоксидирования по другой двойной связи также в виде смеси *цис*- и *транс* изомеров. Схема получения кетоацетала (VI) из лимонена приведена на рисунке 3.

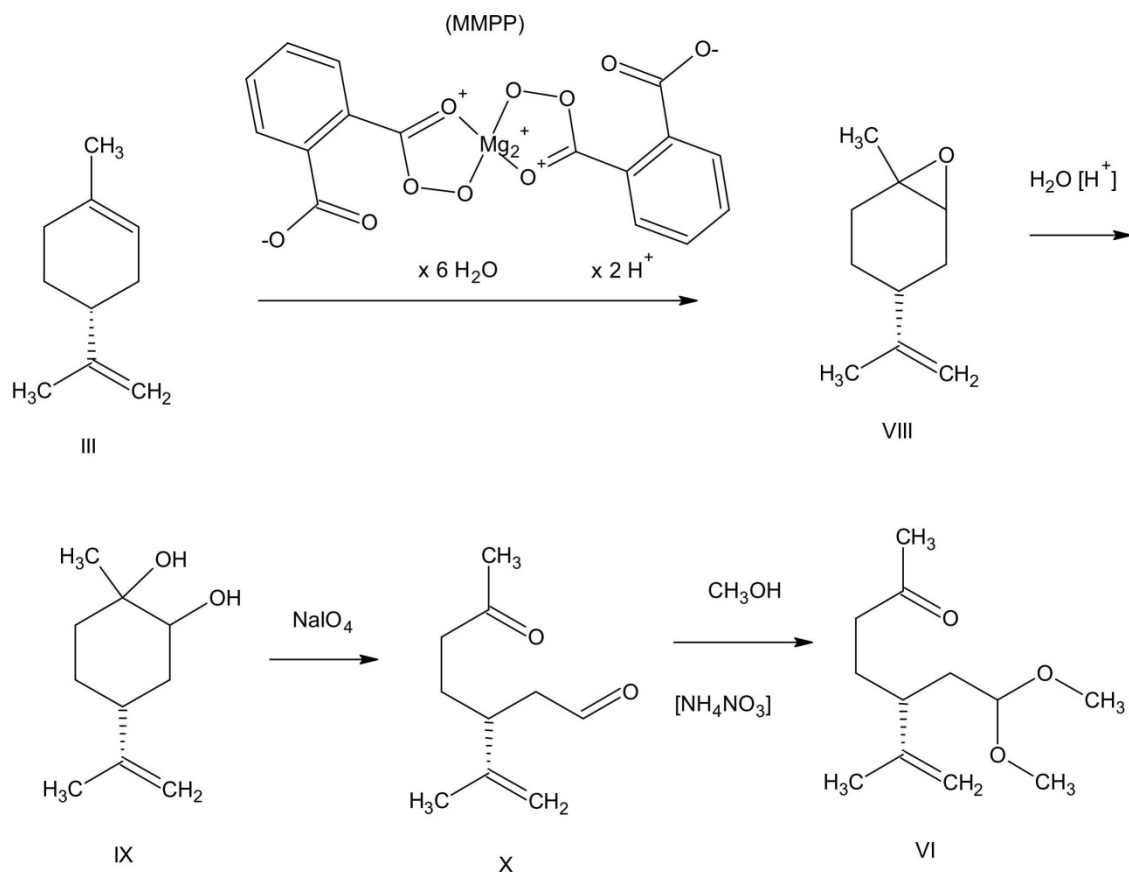


Рисунок 3 – Схема синтеза (5R)-5-(2,2-диметоксиэтил)-6-метилгепта-6-ен-2-она (VI)

Figure 3 – Scheme of synthesis of (5R)-5-(2,2-dimethoxyethyl)-6-methylhept-6-en-2-one

Описано расщепление эпоксидного цикла монооксида (L)-лимонена KOH в смеси ДМСО с водой в течение 18 ч при 110 °C [6]. Интересная схема расщепления монооксида (R)-лимонена в системе ТГФ / H_2O с помощью сильноокислой ионообменной смолы приве-

дена в работе Лосел и др. [11]. К сожалению, экспериментальная часть в работе отсутствует и нет возможности оценить этот метод. В кислых условиях расщепление проходит довольно быстро в более мягких условиях при комнатной температуре в течение 1-2 часов. В работе [12] описано получение диола IX гидролизом эпоксида лимонена в 1 % водном растворе серной кислоты с 25 % выходом. Низкий выход, возможно, обусловлен тем, что авторы отделяли выпавший в осадок продукт, но не экстрагировали его из раствора. После экстракции растворов нам удалось выделить диол IX с 86 % выходом. Расщепление диола проводили периодатом натрия, как в работе [12], но сократили время реакции с трёх суток до 16 часов. Получение диметилацетата VI из кетоацетата X проводили в метаноле при 30 °C с нитром аммония в качестве катализатора. Ход реакции контролировали с помощью ТСХ. Суммарный выход на 4 стадии составил 40 %.

Выводы. Авторы полагают, что разработанная новая методика синтеза (5R)-5-(2,2-диметоксиэтил)-6-метилгепта-6-ен-2-она – ключевого соединения синтеза синтетических половых феромонов красной померанцевой и тутовой щитовок, позволит безопасно производить большее количество этих феромонов для мониторинга сельскохозяйственных территорий и борьбы с этими вредителями.

Библиографический список / Reference

1. Красная померанцевая щитовка и новый усовершенствованный метод синтеза её феромона / А. Ю. Лобур [и др.] // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. 2020. Вып. 60. № 4. 1-11. / 1. Krasnaya pomerancevaya schitovka i novyj usovershenstvovannyj metod sinteza ejo feromona / A. Yu. Lobur [i dr.] // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2020. Vol. 60. № 4. P. 1-11.
2. Carvahio J. F. S., Silva M. M. C., Melo M. L. S. Highly efficient epoxidation of unsaturated steroids using magnesium bis(monoperoxyphthalate) hexahydrate // Teyrahedron. 2009. Vol. 65. Iss. 14. P. 2773-2781.
3. Gigure R. J., Hoffmann H. M. R. Oxydation limonene analogs. Preparation of tetramethylated carvone and carveols via regiocontrolled opening of tetramethyl limonene oxide // Tetr. Let. 1981. Vol. 22. № 50. H. 5039-5042.
4. Heath R. R., Doolittle R. E., Sonnet P. E. Sex pheromone of the white peach scale: Highly stereoselective synthesis of the stereoisomers of pentagonol propionate // The Journal of Organic Chemistry. 1980. V. 45. №. 14. P. 2910-2912.
5. Hoffman H. M. R., Vathke-Ernst H. Acid catalyzed dehydrative cyclodimerization of 2,4-dimethyl-3-penten-2-ol in now phases. Biomimetic one-pot preparation of 3,3,5,5-tetramethylimonen (4-isopropenyl-1,3,3,5,5-pentamethyl-1-cyclohexane) // Chem. Ber. 1981. V. 114. P. 1182-1186.
6. Kido F., Abiko T., Kato M. New entry to *cis*-fused bicyclic ring system by a [2,3]sigmatropic rearrangement *via* cyclic aallylsulfonium ylids. Synthesis of the *cis*-2-oxa-9-vynyldecalin skeleton // J. chem. Soc. Perkin Trans. 1995. Iss. 23. P. 2989-2994.
7. Roelofs W. L., Gieselmann M. J., Cardé A. M. Sex pheromone of the California red scale, *Aonidiella aurantii* // Nature. 1977. V. 267. №. 5613. P. 698-699.
8. Selective catalytic synthesis of 1,2-and 8,9-cyclic limonene carbonaes as versatile building blocks for novel hydroxyurethanes / K. A. Maltby [et al.] // Chem. Eur. J. 2020. V. 26. P. 7405-7415.
9. Suemune H., Kawahara T., Sakai K. Convesion of limonene to prostanoic acid and 8-isoprostanoic acid // Chem. Pharm. Bull. 1986. Vol. 34. № 2. P. 550-557.
10. Sustainable catalytic protocols for the solvent free epoxidation and *anti*-dihydroxylation of the alkene bonds of biorenewable terpene feedstocks using H₂O₂ as oxidant / W. B. Cunningham [et al.] // Green Chem. 2020. V. 22. P. 513-524.
11. The potential of semiochemicals for control of *Phorodon humuli* (Homoptera: Aphididae) / P. M. Losel [et al.] // Pestic. Sci. 1996. V. 48. P. 293-303.
12. Wolinsky J., Barker W. The Synthesis of 1-Acetyl-4-Isopropenyl-1-Cyclopentene // J. Am. Chem. Soc. 1960. V. 82. P. 636-638.

Conclusions. The authors believe that the developed new technique for the synthesis of (5R)-5-(2,2-Dimethoxyethyl)-6-methylhept-6-en-2-one, the key compound of synthetic sex pheromones of red scale and mulberry scale, will allow the safe production of more of these pheromones for monitoring agricultural areas and controlling these pests.

Authors Information

Lobur Aleksandr Yur'evich – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscow, Bykovo, ul. Pogranichnaya 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, PhD in Chemical Sciences, Senior Researcher, tel. +7 905 785-84-31; e-mail: alex-lobur@yandex.ru.

Todorov Nikolai Georgievich – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscow, Bykovo, ul. Pogranichnaya 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, Senior Researcher, Head of the Department, tel. +7 905 521-19-46; e-mail: todor-kol@mail.ru.

Kuznetsov Konstantin Alekseevich – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscow, Bykovo, ul. Pogranichnaya 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, Junior Researcher, tel. +7 915 493-28-24; e-mail: kyznetsov88@ro.ru.

Информация об авторах

Лобур Александр Юрьевич – к. х. н., старший научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИКР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 905 785-84-31; e-mail: alex-lobur@yandex.ru.

Тодоров Николай Георгиевич – начальник отдела синтеза и применения феромонов, старший научный сотрудник Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИКР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), , тел. +7 905 521-19-46; e-mail: todor-kol@mail.ru.

Кузнецов Константин Алексеевич – младший научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИКР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 915 493-28-24; e-mail: kyznetsov88@ro.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-09

THE IMPACT OF AGROMETEOROLOGICAL CONDITIONS, MINERAL FERTILIZERS, PREDECESSORS AND SOIL MOISTURE ON THE YIELD OF SPRING BARLEY GRAIN IN THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN 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 01.09.2021

Submitted 10.11.2021

The research work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 0761-2019-0003

Summary

The manuscript shows the results of studying the influence of agrometeorological conditions and productive moisture reserves on the formation of the yield of spring barley grain when cultivated in the steppe zone of the Southern Urals. Changes in weather factors (precipitation, temperature, dry days), soil moisture content, grain yield, coefficient indicators (GTC, correlation, regression, Student, determination) and the significance criterion of the equation were revealed.

Abstract

Introduction. Creation of a new mathematical model that shows the influence of spring humidity in a layer of 0-100 cm of soil on the yield of spring barley grain. With proper management of the model, it is possible to make a yield forecast based on long-term soil moisture data as a result of repeated arid conditions of the Orenburg Urals. The purpose of the study is to determine the influence of weather conditions, mineral fertilizers and soil moisture on the yield of spring barley grain in crop rotations and permanent sowing on the

territory of the Orenburg region. The objectives of the work are to identify these weather factors, reserves of productive soil moisture, yield of spring barley grain and establish the dependence. **Object.** The objects of research are the soil (southern medium-grained carbonate heavy loamy chernozem) and the sowing of spring barley in crop rotations and during its permanent cultivation. **Materials and methods.** The research is carried out from 2002 to 2020 using the following methods: field (B.A. Dospekhov), thermostatic-weight (S.A. Vorobyov) and statistical (processing of experimental data using the program «Statistica 12.0»). The research paper presents weather conditions according to the data of the Orenburg Hydrometeorological Center, a field rain gauge, determines the soil moisture and the yield of spring barley grain according to generally accepted methods. **Results and conclusion.** In wet years (Hydrothermal coefficient = 0.82-1.11), there is an increase in the yield of spring barley grain in permanent sowing (the sixth version of the experiment) and against the background of nutrition with fertilizers is 3.26 t and without their use – 2.41 t/ha. In dry years (Hydrothermal coefficient = 0.28-0.57), there is a decrease in grain yield in the double-field crop rotation (the fifth version of the experiment) and on food backgrounds is 0.27 t/ha. As a result of applying mineral fertilizers for sowing spring barley, grain weight increases and the best increase is in wet years from 0.03 to 0.85 t/ha and in dry (the worst) - 0.01-0.25 t/ha. The maximum content of soil moisture in the 0-100 cm layer is observed in the experimental variants (I, II, V) and is 143.8; 135.0; 139.8 mm in spring and 41.5; 44.0 and 39.6 mm in autumn. On average, over the years of the study, the dependence of the increase in the yield of spring barley grain to 1.43 and 1.42 t/ha after the predecessors (millet and peas) in six-field crop rotations on the spring reserves of productive moisture on a fertilized nutrition background was revealed, and the share of influence is 90.45 and 91.83 %. The greatest grain harvest of spring barley crops occurs due to its biological characteristics (early maturity, cold resistance, drought resistance) and optimal spring moisture reserves from 135.0 to 153.0 mm in the meter layer of soil. Statistical analysis of these results for the remaining crops shows that the prevailing weather conditions and soil moisture do not have a special effect on increasing the yield of spring barley grain.

Keywords: *cultivation of barley, abiotic factors, hydrothermal conditions, soil moisture, grain yield.*

Citation. Mitrofanov D.V., Tkacheva T.A. The impact of agrometeorological conditions, mineral fertilizers, predecessors and soil moisture on the yield of spring barley grain in the steppe zone of the Southern Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64) 84-97 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-09.

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

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

УДК 631.559: 633.16 (470.56)

ВОЗДЕЙСТВИЕ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ, МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ, ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ И ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

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 01.09.2021

Дата принятия к печати 10.11.2021

**Научно-исследовательская работа выполнена в рамках государственного задания
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 0761-2019-0003**

Аннотация. В рукописи показаны результаты изучения влияния агрометеорологических условий и запасов продуктивной влаги на формирование урожайности зерна ярового ячменя при возделывании на территории степной зоны Южного Урала. Выявлены изменения по-

годных факторов (осадки, температура, суховейные дни), содержания влаги в почве, выхода зерна, показателей коэффициентов (ГТК, корреляции, регрессии, Стьюдента, детерминации) и критерия значимости уравнения.

Актуальность. Создана новая математическая модель, которая показывает влияние весенней влажности в слое 0-100 см почвы на урожайность зерна ярового ячменя. При правильном управлении моделью можно составить прогноз урожайности исходя из многолетних данных влажности почвы в результате повторяющихся засушливых условий Оренбургского Предуралья. Цель исследования – определить влияние погодных условий, минеральных удобрений и влажности почвы на урожайность зерна ярового ячменя в севооборотах и бессменном посеве на территории Оренбургской области. Задачи работы: выявление данных погодных факторов, запасов продуктивной почвенной влаги, урожайности зерна ярового ячменя и установление зависимости. **Объект.** Объекты исследования – почва (чернозём южный среднесиловый карбонатный тяжелосуглинистый) и посевы ярового ячменя в севооборотах и при возделывании его бессменно. **Материалы и методы.** Исследования проводят с 2002 по 2020 гг. по следующим методам: полевой (Б. А. Доспехов), термостатно-весовой (С. А. Воробьёв) и статистический (обработка экспериментальных данных с помощью программы «Statistica 12.0»). В научно-исследовательской работе приводятся погодные условия по данным Оренбургского Гидрометцентра, полевого дождемера, определяется влажность почвы и урожайность зерна ярового ячменя по общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** Во влажные годы (ГТК = 0,82-1,11) наблюдается повышение урожайности зерна ярового ячменя в бессменном посеве (шестой вариант эксперимента) и на фоне питания с удобрениями составляет 3,26 т и без их применения – 2,41 т/га. В засушливые годы (ГТК = 0,28-0,57) отмечается снижение выхода зерна в двупольном севообороте (пятый вариант опыта) и на фонах питания составляет 0,27 т/га. В результате внесения минеральных удобрений под посев ярового ячменя происходит рост массы зерна и составляет наилучшая прибавка во влажные годы от 0,03 до 0,85 т/га и в засушливые (наихудшая) – 0,01-0,25 т/га. Максимальное содержание почвенной влажности в слое 0-100 см наблюдается в вариантах опыта (I, II, V) и составляет весной – 143,8; 135,0; 139,8 мм и осенью – 41,5; 44,0 и 39,6 мм. В среднем за годы исследования выявлена зависимость повышения урожайности зерна ярового ячменя до 1,43 и 1,42 т/га после предшественников (проса и гороха) в шестипольных севооборотах от весенних запасов продуктивной влаги на удобренном фоне питания и доля влияния составляет 90,45 и 91,83 %. Наибольший сбор зерна посевов ярового ячменя происходит за счёт его биологических особенностей (скороспелость, холодостойкость, засухоустойчивость) и оптимальных весенних запасов влаги от 135,0 до 153,0 мм в метровом слое почвы. Статистический анализ данных результатов по остальным посевам показывает, что сложившиеся погодные условия и влажность почвы не оказывают особого влияния на повышение урожайности зерна ярового ячменя.

Ключевые слова: возделывание ячменя, абиотические факторы, гидротермические условия возделывания ячменя, урожайность зерна ярового ячменя.

Цитирование. Митрофанов Д. В., Ткачёва Т. А. Воздействие агрометеорологических условий, минеральных удобрений, предшественников и влажности почвы на урожайность зерна ярового ячменя в степной зоне Южного Урала. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64) 84-97. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-09.

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. Агрометеорологические условия репродуктивного периода могут оказывать существенное влияние на урожайность ячменя. При этом если его биологические возможности (скороспелость, засухоустойчивость) способствуют преодолению неблагоприятных климатических условий, то этот момент может существенно сказаться на урожайности.

Изучением влияния погодных условий на урожайность ячменя, возделываемого в севооборотах на территории Южного Урала, занимаются такие исследователи, как П. А. Постников [6], А. Г. Крючков и В. Е. Тихонов. Во многих научно-исследовательских работах установлено, что урожайность ячменя зависит от ежемесячной нормы выпавших осадков и атмосферной температуры в течение вегетационного периода и является основным абиотическим фактором изучаемых территорий [3, 4, 7, 11]. В результате анализа урожайности ячменя в севооборотах следует учитывать агрометеорологические условия данной территории параллельно с почвенным плодородием (И. Н. Бесалиев, 2005 и др.).

В засушливых условиях Оренбургской области влага является решающим фактором для формирования урожайности ячменя. Поэтому чем быстрее реакция культуры, направленная на более полное использование скудных ресурсов влаги, тем больше у него шансов выжить и обеспечить более высокую урожайность. Влажность почвы является ещё одним основным фактором, влияющим на урожай.

По мнению некоторых зарубежных авторов [12, 13], из лимитирующих факторов на урожайность ячменя наибольшее влияние оказывает влажность почвы. В отличие от продуктивной влаги по убыванию воздействия на урожай культуры (ячмень) располагаются минеральные удобрения и предшественники севооборотов [1, 8, 10]. По мнению многих учёных [2, 5, 9], продуктивная почвенная влага оказывает значительное влияние на выход зерна полевых культур в севооборотах и бессменных посевах на территории степной зоны Южного Урала.

В связи с часто повторяющимися засухами в Оренбургской области возникает резкое изменение влияния абиотических факторов и почвенной влаги на повышение урожайности ячменя. Данное положение приводит к важнейшей проблеме увеличения выхода зерна ячменя в земледелии и сельскохозяйственном производстве. Для решения сложившейся ситуации проводятся исследования по изучению каждого в отдельности основных факторов, воздействующих на урожай и выбор правильного возделывания ячменя в степной зоне Южного Урала.

Целью исследования является выявление влияния погодных условий, минеральных удобрений и продуктивной влаги на урожайность зерна ячменя в севооборотах и бессменном посеве на территории степной зоны Южного Урала. В задачи работы входит определение данных погодных факторов, запасов продуктивной почвенной влаги, урожайности зерна ячменя от предшественников и минеральных удобрений, построение математической модели зависимости.

Объект исследования. Объектом исследования являются почва и посевы ячменя по различным предшественникам. Почва экспериментального участка является чернозёмом южным (террасовый) на жёлто-бурой (тяжелосуглинистый) карбонатной глине. Впервые характеристика почвы опытного поля дана в 1988 году почвоведом А. И. Климентьевым. Он установил, что в горизонтах почвы (0-100 и 0-150 см) содержится наименьшая полевая влагоёмкость (НПВ) в пределах от 28 до 25 % и происходит увеличение её величины в верхних слоях чернозёма.

Научно-исследовательская работа ведётся на территории долговременного севооборотного экспериментального участка, заложенного более 30 лет назад. Посевы ячменя (последнее поле) в зернопаровых севооборотах и при возделывании его бессменно изучаются по предшественникам и вариантам опыта. Схема эксперимента: I. Ячмень (яровой) в шестипольном севообороте (чёрный пар, твёрдая пшеница, мягкая пшеница, кукуруза, мягкая пшеница, ячмень); II. Ячмень (яровой) в шестипольном севообороте (чёрный пар, твёрдая пшеница, мягкая пшеница, просо, мягкая пшеница, ячмень); III.

Ячмень (яровой) в шестипольном севообороте (чёрный пар, твёрдая пшеница, мягкая пшеница, сорго, мягкая пшеница, ячмень); IV. Ячмень (яровой) в шестипольном севообороте (чёрный пар, твёрдая пшеница, мягкая пшеница, горох, мягкая пшеница, ячмень); V. Ячмень (яровой) в двухпольном севообороте с твёрдой пшеницей; VI. Возделывание ярового ячменя бессменно.

Материалы и методы. Исследования выполнены в отделе земледелия и ресурсосберегающих технологий Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук совместно с Оренбургским государственным университетом. В полевых и лабораторных условиях с 2002 по 2020 гг. проводится изучение влияния погодных факторов и запасов продуктивной влаги на урожайность зерна ячменя. Территория опытного поля находится в 15 км от центра г. Оренбурга и расположена на южных чернозёмах Предуралья (51°46'31.1"N, 55°18'42.6"E).

Исследования проводятся по следующим методам: полевой (Б. А. Доспехова), термостатно-весовой (С. А. Воробьёва) и статистический (Statistica 12.0). В научно-исследовательской работе приводятся погодные условия по данным Оренбургского Гидрометцентра, определяется влажность почвы по общепринятым методикам А. Ф. Вадюниной, З. А. Корчагиной и урожайность зерна – по учётным журналам.

Полевые опыты посевов ячменя закладываются в четырёхкратной повторности на территории участка на площади 25 920 м² или 2,6 га. Посевы ячменя в виде делянок имеет прямоугольную форму с размерами в шестипольных севооборотах 14,4 на 90 м, двухпольном и бессменном посеве – 7,2 на 90 м.

Возделывание ячменя изучается в пространстве и во времени опытного эксперимента на минеральных и обычных (неудобренных) фонах питания. Схема: 1. Неудобренный питательный фон (контроль) – без применения минеральных удобрений; 2. Удобренный фон питания – с внесением комплексных удобрений (аммофоска) под осеннюю вспашку в дозе N₄₀P₈₀K₄₀ кг/га действующего вещества. Длина удобренного фона питания на делянках ячменя составляет 30 м, неудобренного – 60 м. В начале мая производится посев ячменя с помощью сеялки СЗП-3,6. На делянках высевается на опытном поле районированные сорта по Оренбургской области: Донецкий 8, Анна и Натали. Норма высева ячменя соблюдается на основании рекомендаций для районированных сортов данной зоны. За годы исследования применяли на бессменном посеве в фазе кущения ячменя следующие гербициды против сорной растительности: 2,4-Д (690 г/л), Агритокс (510 г/л), Луварам (620 г/л) и Лонтрел -300 (300 г/л). В севооборотах не применяли гербициды. В первой половине августа проводится уборка ячменя с помощью прямого комбайнирования селекционным комбайном «TERRION-SAMPO SR2010». Технология возделывания ячменя и агротехника применяется по рекомендациям для почвенно-климатических условий центральной зоны Оренбургской области.

Выпавшие атмосферные осадки в течение периода роста и развития культуры измеряется по данным полевого дождемера, который уставлен на экспериментальном участке. Продуктивная влага определяется взятием почвенных образцов с помощью пробоотборника с трёх точек (скважин) делянок в слое 0-100 см после посева и уборки. Учёт выхода зерна ячменя ведётся на питательном удобренном фоне с площади делянок 60 м² и без применения удобрений – 120 м². Почвенная территория стационарного участка характеризуется резкой континентальностью климата.

Результаты и обсуждение. В результате исследования установлено, что, по данным Оренбургского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, отмечаются различные показатели абиотических факторов среды (атмосферные осадки, температура воздуха, суховеи) на территории опытного участка.

Проведённые наблюдения за абиотическими факторами показали, что к засушливым годам относятся четырнадцать лет исследований. При этом сильнейшая засуха отмечена в 2010 году (таблица 1). В острозасушливых условиях на Южном Урале недостаток атмосферных осадков за период роста и развития ячменя составляет 83 мм от нормы 155 мм при превышении средней многолетней температуры воздуха 19,2 °С на 2,7 °С. В центральной зоне Оренбургской области вегетационному периоду характерна сильная почвенная засуха, в результате которой иссушается почва при высокой среднесуточной температуры, доходящей до 40 °С. Это приводит к недостаточной обеспеченности влагой ячменя и гибели урожая. За весенне-летний период происходит снижение продуктивной почвенной влаги, что отрицательно влияет на фазы развития культуры (ячмень) и способствует замедлению налива зерна. В острозасушливых годах наблюдаются наибольшие температуры воздуха в мае 17,7, июне – 21,9, июле – 24,0, августе – 24,1 °С и суховейные дни (20,0; 23,0; 24,0) приводят к низким показателям высоты стебля и веса 1000 зерен ячменя. За годы исследований в основном на территории опытного поля отмечены средnezасушливые условия.

Таблица 1 – Показатели увлажнённости и абиотических факторов за период роста и развития ячменя (май-август), 2002-2020 гг.

Table 1 – Indicators of moisture content and abiotic factors for the period of growth and development of barley (May-August), 2002-2020

Степень увлажнения по ГТК / The degree of humidification according to the GTC*	Абиотические факторы / Abiotic factors	Времена года / Seasons			
		май / may	июнь / june	июль / july	август / august
1	2	3	4	5	6
Очень сильная засуха, ГТК / Very severe drought, GTC <0,4 = 0,28 (2010, 2012, 2014, 2016, 2020 гг.)	осадки, мм / precipitation, mm	21,4	23,6	13,8	13,2
	температура / temperature, °C	17,7	21,9	24,0	24,1
	суховеи, дни / dry winds, days	16,0	20,0	23,0	24,0
Сильная засуха, ГТК / Severe drought, GTC <0,5 = 0,42 (2002, 2018 гг.)	осадки, мм / precipitation, mm	26,0	32,0	10,0	14,5
	температура / temperature, °C	13,7	18,2	24,0	19,1
	суховеи, дни / dry winds, days	16,0	8,0	13,0	10,0
Средне засушливо, ГТК / Medium arid, GTC <0,7 = 0,57 (2005, 2006, 2009, 2011, 2015, 2017, 2019 гг.)	осадки, мм / precipitation, mm	34,1	27,0	47,3	25,3
	температура / temperature, °C	15,9	21,3	22,4	20,3
	суховеи, дни / dry winds, days	16,0	14,0	16,0	14,0
Недостаточно влажно, ГТК / Not wet enough, GTC <1,0 = 0,82 (2004, 2007, 2008, 2013 гг.)	осадки, мм / precipitation, mm	33,5	32,2	64,2	41,7
	температура / temperature, °C	16,3	20,0	22,2	22,3
	суховеи, дни / dry winds, days	18,0	13,0	7,5	18,0

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Достаточно влажно, ГТК / Wet enough, GTC <2,0 = 1,11 (2003 г.)	осадки, мм / precipitation, mm	68,0	74,0	72,0	15,0
	температура / temperature, °C	14,9	15,7	20,9	22,1
	суховеи, дни / dry winds, days	3,0	7,0	2,0	10,0
Среднегодовое данные, ГТК / Long-term average data, GTC = 0,68	осадки, мм / precipitation, mm	41,0	39,0	41,0	34,0
	температура / temperature, °C	15,0	19,7	21,9	20,0
	суховеи, дни / dry winds, days	10,0	15,0	18,0	13,0

Примечание. * гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова за период вегетации /
hydrothermal coefficient of G.T. Selyaninov for the growing season

В благоприятных гидротермических условиях с различными абиотическими факторами находятся пять лет исследований. В недостаточно влажных условиях (2004, 2007, 2008, 2013 гг.) после выпадения атмосферных осадков в мае, июне происходит снижение количества влаги по сравнению со среднегодовым нормой на 7,5 и 6,8 мм, превышает – в июле, августе на 23,2 и 7,7 мм.

В гидротермических условиях температура за весенне-летний период выше нормативного показателя на 4,2 °C. Хорошее увлажнение пахотного слоя почвы во второй половине лета приводит к средней урожайности ячменя. За период вегетации во влажный 2003 год выпавшие осадки превосходят норму на 74 мм при оптимальной температуре воздуха 18,4 °C. В данных гидротермических условиях наблюдается за период меньше засушливых дней, чем по норме (56) и составляет (май – 3, июнь – 7, июль – 2, август – 10) 22.

Влажный слой почвы в период вегетации ячменя способствует активному формированию продуктивных стеблей и колоса, что ведёт к наибольшей урожайности зерна, находящейся в пределах от 1,21 до 3,26 т/га на питательном фоне с минеральными удобрениями (таблица 2).

Во влажных погодных условиях вегетационного периода на удобренном фоне питания (контроль) максимальная урожайность зерна достигнута до 2,41 т/га при возделывании его бессменно за счёт применения гербицидов в фазе кущения ячменя и минимальная – 1,01 т/га – в двухпольном севообороте с твёрдой пшеницей из-за низких запасов почвенной влаги. При возделывании ячменя бессменно в благоприятные (влажные) периоды вегетации наблюдается урожайность с ростом массы зерна от минеральных удобрений и составляет прибавка 0,85 т/га. Слабая прибавка зерна отмечается в результате действия и последствие остальных предшественников севооборотов и находится на уровне от 0,10 до 0,65 т/га. На опытных участках просматривается варьирование урожайности зерна по всем предшественникам, кроме возделывания ячменя бессменно. Данное наблюдение объясняется активным ростом засорённости посевов. В результате применения гербицидов на бессменном посеве ячменя наблюдается снижение сорных растений, приводящее к увеличению урожайности зерна как на удобренном, так и удобренном фоне питания. В благоприятных почвенных и агрометеорологических условиях необходимо отметить действие, последствие предшественников и расставить их по порядку отдаления от формирования наибольшей урожайности зерна: ячмень, горох, просо, сорго, кукуруза, твёрдая пшеница.

Таблица 2 – Влияние агрометеорологических условий и последствие предшественников на урожайность ячменя в севооборотах и бессменном посеве (2002-2020 гг.), т/га

Table 2 – The influence of agrometeorological conditions and the aftereffect of precursors on the yield of barley in crop rotations and permanent sowing (2002-2020), t/ha

Погодные условия периода вегетации / Weather conditions of the growing season	Последствие предшественников / The aftereffect of predecessors					
	кукуруза / corn	просо / millet	сорго / sorghum	горох / peas	пшеница / wheat	ячмень / barley
Неудобренный фон питания / not fertilized food background (контроль / control)						
Очень засушливые / Very arid	0,80	0,82	0,75	0,77	0,54	0,53
Засушливые / Arid areas	1,13	1,20	1,18	1,18	0,27	1,04
Средне засушливые / Medium arid	1,18	1,26	0,66	1,27	0,84	1,03
Недостаточно влажные / Not wet enough	1,31	1,41	1,55	1,58	0,94	1,22
Влажные / Wet	1,83	2,10	2,00	2,32	1,01	2,41
Удобренный фон питания/ fertilized food background						
Очень засушливые / Very arid	0,81	0,86	0,76	0,72	0,66	0,58
Засушливые / Arid areas	1,33	1,34	1,29	1,36	0,27	0,98
Средне засушливые / Medium arid	1,22	1,51	0,73	1,43	1,03	1,20
Недостаточно влажные / Not wet enough	1,46	1,78	1,78	1,93	1,04	1,25
Влажные / Wet	2,25	2,55	2,52	2,97	1,21	3,26
НСР ₀₅ AB / NSR ₀₅ AB*	0,22					

Примечание. * наименьшая существенная разность взаимодействие факторов А (удобрения) и В (предшественник) / the smallest significant difference is the interaction of factors A (fertilizers) и B (predecessor)

Засушливые условия способствовали значительному снижению прибавки зерна от осеннего внесения аммофоски. В условиях засухи небольшой рост урожайности зерна ячменя на питательном фоне с удобрениями отмечен на уровне 0,01-0,20 т/га в отличие от контрольного варианта эксперимента. Сильнейшая засуха способствует отрицательному влиянию минеральных удобрений на урожай ячменя. Так, например, в результате действия гороха и ячменя происходит снижение выхода зерна на питательном фоне с аммофоской. Одинаковый самый низкий урожай ячменя по фонам питания отмечен после твердой пшеницы в двупольном севообороте и составляет 0,27 т/га. Максимальная урожайность ячменя получена по засушливым периодам вегетации 1,36 т после гороха и 1,34 т/га после проса и увеличение массы зерна от удобренного фона питания составляет 0,18 и 0,14 т/га в отличие от других изучаемых предшественников. В сильных засушливых условиях 2010 и 2012 гг. прибавка зерна ячменя связана с низкой урожайностью предшествующих культур (гороха и проса), и с наилучшей их минерализацией корневых и растительных остатков, приводящей к накоплению питательных веществ в почве.

В средnezасушливых условиях последствие проса и гороха приводит к наибольшему выходу зерна ячменя на питательном фоне с удобрениями и составляет 1,51 и 1,43 т/га. Рост урожайности зерна культуры по остальным предшественникам

(кукуруза, сорго, твёрдая пшеница, ячмень) в результате действия вносимой аммофос-ки, в отличие от контрольного варианта опыта (неудобренный фон питания), варьирует на уровне от 0,73 до 1,22 т/га. Наилучшая прибавка зерна отмечена 0,25 т/га при выращивании ячменя после предшествующего проса. Из девятнадцати лет исследований (2002-2020 гг.) выход зерна ячменя достигает до 3,25 и выше на удобренном фоне питания в 2003, 2017 гг.

В результате исследования установлено, что снижение и повышение урожайности зерна ячменя, возделываемого в многополье, двуполье и бессменно, зависит от запасов влаги в метровом слое почвы. По срокам определения (после посева и уборки) наименьшая почвенная влажность наблюдается в пятом варианте эксперимента и составляет 64,2 и 14,2 мм (таблица 3). В двупольном севообороте с ячменём снижение урожая зависит от весенней почвенной влаги на неудобренном фоне питания и максимальная доля влияния составляет 57,91 %. Наибольшая почвенная влага после посева отмечается в первом, во втором, пятом вариантах опыта и составляет 143,8; 135,0 и 139,8 мм. Остаточная влага также зафиксирована по этим вариантам и содержится в пределах 41,5; 44,0 и 39,6 мм.

Наблюдения показали, что наименьший расход влаги с учётом выпавших осадков отмечен на посевах ячменя после предшествующей твёрдой пшеницы в двупольном севообороте, который приводит к снижению урожайности до 1,01 т/га на питательном фоне без удобрений. Расход продуктивной влаги происходит за счёт усвоения части культурой, сорным растением и потерей в почве (испарением, впитыванием в нижние слои и перемещением по горизонту чернозёма).

Наибольшее количество расходуемой влаги наблюдается на посевах после кукурузы на силос. Большая часть её потеряна в почве, что сказывается на определённом уровне урожайности 1,23 т/га по сравнению с контролем. По убыванию израсходованная влага зафиксирована 100,2 мм после гороха и 91,0 мм по просу в шестипольных севооборотах. Повышение урожайности ячменя после внесения минеральных удобрений доходит до 1,42 и 1,43 т/га в отличие от контрольного варианта опыта. Такое наблюдение объясняется тем, что большая часть влаги расходуется за период вегетации и формируется урожай ячменя за счёт интенсивного передвижения почвенных питательных веществ, особенно нитратного азота. В бессменном посеве ячменя и севооборотах с кукурузой и сорго на силос, запасы и расходы продуктивной влаги в малой степени воздействуют на рост урожайности, которая находится на уровне от 1,01 до 1,25 т/га по фонам питания.

В результате статистической обработки многолетних данных выявлено, что наилучшее влияние оказывают весенние запасы почвенной влаги в слое почвы 0-100 см на подъём урожайности зерна ячменя по мягкой пшеницы после гороха и проса в шестипольных севооборотах и доля составляет 91,83 и 90,45 % на удобренном фоне питания. Наименьшая доля влияния после применения минеральных удобрений наблюдается в первом, третьем и шестом вариантах опыта и составляет 21,76; 20,30 и 20,48 % по сравнению с контролем. На неудобренном фоне питания отмечается низкая доля влияния в этих вариантах опыта и составляет 15,76; 18,61 и 10,99 %.

Минеральные удобрения положительно воздействуют на увеличения сбора зерна. В связи с этим на удобренном фоне питания определена зависимость повышения урожайности зерна ячменя в шестипольных севооборотах с просом и горохом от весенней почвенной влаги в слое 0-100 см (таблица 4).

Таблица 3 – Воздействие влажности в метровом слое почвы на урожайность ячменя
(2002-2020 гг.)

Table 3 – The effect of moisture in the meter layer of soil on the yield of barley
(2002-2020)

Вариант опыта / Experience option	Предшественник / Predecessor	Запасы влаги, мм / Moisture reserves*, mm		Расход влаги, мм / Consumption moisture, mm	Выход зерна, т/га / Grain yield, t/ha	Влияние весенней влаги, / Influence spring moisture, %
		II декада мая / decade may	III декада августа / decade august			
I	Пшеница (мягкая) в севообороте с кукурузой / Wheat (soft) in the crop rotation with corn	143,8	41,5	102,3	$\frac{1,23^{**}}{1,13}$	$\frac{21,76}{15,76}$
II	Пшеница (мягкая) в севообороте с просом / Wheat (soft) in the crop rotation with millet	135,0	44,0	91,0	$\frac{1,43}{1,21}$	$\frac{90,45}{82,53}$
III	Пшеница (мягкая) в севообороте с сорго / Wheat (soft) in the crop rotation with sorghum	112,8	38,5	74,3	$\frac{1,25}{1,11}$	$\frac{20,30}{18,61}$
IV	Пшеница (мягкая) в севообороте с горохом / Wheat (soft) in the crop rotation with peas	139,8	39,6	100,2	$\frac{1,42}{1,25}$	$\frac{91,83}{85,93}$
V	Пшеница (твёрдая) в севообороте с ячменём / Wheat (hard) in the crop rotation with barley	64,2	14,2	50,0	$\frac{1,21}{1,01}$	$\frac{61,51}{57,91}$
VI	Ячмень (яровой) бессменно / Barley (spring) permanently	132,5	37,8	94,7	$\frac{1,13}{1,02}$	$\frac{20,48}{10,99}$

Примечание. * влагозапасы после выпадения осадков в мае 31,2, июне 34,0, июле 34,5, августе 24,0 мм (данные полевого дождемера) / moisture reserves after precipitation in may 31.2, june 34.0, july 34.5, august 24.0 mm (data from the field rain gauge); ** над чертой с удобрениями питательный фон, под чертой – без удобрений / above the line with fertilizers is a nutritious background, below the line – without fertilizers

Таким образом, следует считать, что влияние продуктивной влаги на увеличение выхода зерна ячменя играет положительную роль на удобренном фоне питания в результате последействия проса и гороха в шестипольных севооборотах. Из данной таблицы видно, что получены по независимой переменной (почвенная влага) положительные показатели регрессионного множественного анализа при уровне значимости 0,0004 и 0,0001 ($p \leq 0,05$). Наибольшая множественная детерминация (R^2) отмечается на четвёртом варианте опыта и составляет 0,918 при ошибке оценки 0,970 т/га по сравнению с другими наблюдениями. Отрицательные показатели свободного члена (Y – пересечение) просматриваются на коэффициентах регрессии и Стьюдента. Такое положение по статистическим расчётам говорит о повышении урожайности зерна на 90,45 и 91,83 % зависит от весенних запасов продуктивной влаги на удобренном фоне питания.

Таблица 4 – Воздействие весенней влажности метрового слоя почвы на рост урожайности ячменя в зернопаровых севооборотах с просом и горохом после внесения минеральных удобрений (2002-2020 гг.)

Table 4 – The effect of spring humidity of the meter-high soil layer on the growth of barley yield in grain-pair crop rotations with millet and peas after the application of mineral fertilizers (2002-2020)

Независимые переменные / Independent variables	Коэффициент / Coefficient		Ошибка / Error	Критерий Стьюдента / Criterion Studenta (17)	Р- уровень значимости / P- level significance
	корреляции / correlations	регрессии / regressions			
У – пересечение / crossing (свободный член / absolute term)	–	$\frac{-1,705^*}{-2,810^{**}}$	$\frac{0,256}{0,312}$	$\frac{-6,663}{-8,996}$	$\frac{0,000}{0,000}$
Запасы влаги в слое 0-100 см / Moisture reserves in the layer 0-100 cm	$\frac{0,951}{0,958}$	$\frac{0,023}{0,030}$	$\frac{0,002}{0,002}$	$\frac{12,686}{13,820}$	$\frac{0,000}{0,000}$
Множественная регрессия / Multiple regression: $R^2 = 0,904$ и $0,918$, ошибка оценки / error of estimation = $0,284$ и $0,970$ т/га					

Примечание. * Влияние влажности на урожай в последствии проса / The influence of moisture on the yield in the aftereffect of millet; ** Влияние влаги на выход зерна после гороха / The influence of moisture on grain yield after peas

Для получения наибольшей урожайности зерна ячменя в засушливых условиях Оренбургской области рекомендуем фермерам и руководителям сельскохозяйственных предприятий внедрять посевы по мягкой пшенице после проса и гороха в зернопаровые севообороты на питательном фоне с удобрениями.

Выводы. В благоприятных гидротермических условиях наибольший выход зерна ячменя на питательном фоне с удобрениями получен при возделывании его бесменно за счёт применения гербицидов в фазе кущения, приводящее к снижению засорённости посева и составляет 3,26 т/га. По другим предшественникам уровень урожайности находится в пределах от 1,21 до 2,97 т/га.

Применение минеральных удобрений под основную обработку почвы (осенняя вспашка) приводит к дополнительной прибавке зерна ячменя на уровне от 0,10 до 0,85 т/га в отличие от неудобренного питательного фона.

В засушливые вегетационные периоды наблюдается наименьшая урожайность зерна ячменя после твёрдой пшеницы в двупольном севообороте и на фонах питания составляет 0,27 т/га за счёт низких запасов продуктивной влаги. В условиях сильнейшей засухи в 2010, 2012 гг. отмечается наилучший урожай ячменя в результате последствия предшественников гороха и проса в шестипольных севооборотах за счёт накопления питательных веществ (минерализации корневых, растительных остатков и низкой продуктивности зернобобовых и крупяных культур) в течение вегетационного периода.

В результате исследования построена математическая модель зависимости повышения урожайности зерна ячменя в зернопаровых севооборотах с просом и горохом от весенних запасов метрового слоя почвенной влаги. Проведённая статистическая обработка полученных данных по другим вариантам опыта показывает, что влажность почвы не оказывает значительного влияния на повышение урожайности зерна ячменя.

Библиографический список

1. Аналитический мониторинг влияния минеральных удобрений на формирование урожайности модельного сорта ярового ячменя / А. А. Беляков [и др.] // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 5. С. 9-15.
2. Влагосбережение в ресурсосберегающих технологиях выращивания полевых культур на Южном Урале / Ф. Г. Бакиров [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 3 (53). С. 168-171.
3. Елисеев И. П., Елисеева Л. В., Степанов А. В. Динамика продуктивности ячменя и стоимости зерна в зависимости от погодных условий в Чувашской республике // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 13-20.
4. Ламажап Р. Р., Липшин А. Г. Влияние климатических условий на урожайность ярового ячменя в республике Тыва // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2016. № 12. С. 13-19.
5. Максютон Н. А., Зоров А. А. Влияние основных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях засухи // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 5 (61). С. 8-10.
6. Постников П. А. Воздействие предшественников и метеорологических условий на урожайность ярового ячменя // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 4. С. 48-53.
7. Серебренников Ю. И., Байкалова Л. П. Влияние абиотических факторов на урожайность сортов ячменя в лесостепи Приенисейской Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 11. С. 190-197.
8. Скороходов В. Ю. Урожайность ячменя в шестипольных севооборотах на чернозёмах южных степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 93-97.
9. Эффективность использования атмосферных ресурсов увлажнения в различных севооборотах с чистым паром в зависимости от набора культур / А. В. Кислов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 2 (40). С. 38-41.
10. Яковлев В. К., Першаков А. Ю., Белкина Р. И. Продуктивность и качество зерна пивоваренных сортов ячменя в Северном Зауралье // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 12. С. 10-15.
11. Barley yield formation under abiotic stress depends on the interplay between flowering time genes and environmental cues / M. Wiegmann [et al.] // Sci. Rep. 2019. Vol. 9. P. 6397.
12. Global implications of regional grain production through virtual water trade / M. B. Masud [et al.] // Science of The Total Environment. 2019. Vol. 659. P. 807-820.
13. Thameur A., Lachiheb B., Ferchichi A. Drought effect on growth, gas exchange and yield, in two strains of local barley Ardhaoui, under water deficit conditions in southern Tunisia // Journal of Environmental Management. 2012. Vol. 113. P. 495-500.

Conclusions. In favorable hydrothermal conditions, the highest yield of barley grain on a nutrient background with fertilizers was obtained when it was cultivated permanently due to the use of herbicides in the tillering phase, which leads to a decrease in the contamination of sowing and is 3.26 t/ha. According to other predecessors, the yield level ranges from 1.21 to 2.97 t/ha.

The use of mineral fertilizers for the main tillage (autumn plowing) leads to an additional increase in barley grain at the level of 0.10 to 0.85 t/ha, in contrast to the unfavorable nutrient background.

In dry growing seasons, the lowest yield of barley grain after durum wheat is observed in the double-field crop rotation and on food backgrounds is 0.27 t/ha due to low reserves of productive moisture. In the conditions of severe drought in 2010, 2012, the best barley harvest

was observed as a result of the aftereffect of the precursors of peas and millet in six-field crop rotations due to the accumulation of nutrients (mineralization of root, plant residues and low productivity of legumes and cereals) during the growing season.

As a result of the study, a mathematical model of the dependence of the increase in the yield of barley grain in grain-pair crop rotations with millet and peas on the spring reserves of a meter layer of soil moisture was constructed. The statistical processing of the obtained data on other variants of the experiment shows that soil moisture does not have a significant effect on increasing the yield of barley grain.

Reference

1. Analytical monitoring of the effect of mineral fertilizers on the formation of the yield of a model variety of spring barley / A. A. Belyakov [et al.] // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2018. № 5. P. 9-15.
2. Moisture conservation in resource-saving technologies of growing field crops in the Southern Urals / F. G. Bakirov [et al.] // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2015. № 3 (53). P. 168-171.
3. Eliseev I. P., Eliseeva L. V., Stepanov A. V. Dynamics of barley productivity and grain cost depending on weather conditions in the Chuvash Republic // Bulletin of the Chuvash State Agricultural Academy. 2020. № 2. P. 13-20.
4. Lamazhap R. R., Lipshin A. G. Influence of climatic conditions on the yield of spring barley in the Republic of Tyva // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2016. № 12. P. 13-19.
5. Maksyutov N. A., Zorov A. A. The influence of the main factors on the yield of agricultural crops in the conditions of drought // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2016. № 5 (61). P. 8-10.
6. Postnikov P. A. The impact of precursors and meteorological conditions on the yield of spring barley // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2018. № 4. P. 48-53.
7. Serebrennikov Yu. I., Baykalova L. P. The influence of abiotic factors on the yield of barley varieties in the forest-steppe of Yenisei Siberia // Bulletin of the Krasno-Yarsky State Agrarian University. 2015. № 11. P. 190-197.
8. Skorokhodov V. Yu. Barley yield in six-field crop rotations on southern chernozems of the steppe zone of the Southern Urals // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2019. № 5 (79). P. 93-97.
9. Efficiency of using atmospheric moisture resources in various crop rotations with pure steam depending on the set of crops / A. V. Kislov [et al.] // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2013. № 2 (40). P. 38-41.
10. Yakovlev V. K., Pershakov A. Yu., Belkina R. I. Productivity and quality of grain of malt-ing barley varieties in the Northern Trans-Urals // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2017. № 12. P. 10-15.
11. Barley yield formation under abiotic stress depends on the interplay between flowering time genes and environmental cues / M. Wiegmann [et al.] // Sci. Rep. 2019. Vol. 9. P. 6397.
12. Global implications of regional grain production through virtual water trade / M. B. Masud [et al.] // Science of The Total Environment. 2019. Vol. 659. P. 807-820.
13. Thameur A., Lachiheb B., Ferchichi A. Drought effect on growth, gas exchange and yield, in two strains of local barley Ardhaoui, under water deficit conditions in southern Tunisia // Journal of Environmental Management. 2012. Vol. 113. P. 495-500.

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: ttkacheva@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» (Россия, 460051, 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» (Россия, 460018, г. Оренбург, пр. Победы 13), тел. 8-922-872-04-24, e-mail: ttkacheva@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-10

THE EFFECT OF GROWTH PREPARATIONS ON THE NORMS OF RICE REACTION DURING SPRINKLING

K. A. Rodin, A.B. Nevezhina, E.S. Vorontsova

Federal State Budget Science Center

«All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture»

Received 02.09.2021

Submitted 15.11.2021

Abstract

Introduction. The development and implementation of environmentally oriented agricultural systems, the production of environmentally friendly food is one of the main directions of the development of modern agriculture. Therefore, it is necessary to conduct research aimed at environmentally friendly agriculture with ensuring its introduction into agricultural production, which will contribute to the stable growth of environmentally friendly agricultural products, without negative impact on the environment. In recent years, growth regulators have played a major role in increasing crop yields. It is known that they can significantly influence the growth and development of plants, adapting their protective reaction to environmental conditions and ensuring not only an increase in yield, but also the quality of products.

Object. The results of studies on the effect of growth preparations on the characteristics of aerobic rice of the Stalingrad 1 variety are presented. **Materials and methods.** The studies were conducted in a two-factor field experiment. According to the first factor, fertilizer application doses calculated to produce 6 ($N_{114}P_{74}K_{90}$) and 7 ($N_{137}P_{74}K_{90}$) tons of grain per 1 ha. In the second factor, the following growth-stimulating drugs were studied: Extrasol, Zircon and Nanosilicon. **Results and conclusions.** It was revealed that in the $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 t/ha) application variant without seed and vegetative plant treatments, rice crops took 105 days from sowing to full grain ripeness, with the sum of the average daily temperatures of 2398.2 °C. The maximum number of days during this treatment was noted in the variant of applying the same dose of fertilizers but when treated with the microbiological preparation Extrasol, which was 112 days with the sum of the average daily air temperatures of 2593.2 °C. The combined use of doses of macro fertilizers and growth-stimulating drugs increases the yield of raw rice with periodic watering to 6.36-7.51 t / ha. Extrasol should be used as a growth-stimulating drug, because its use increased grain yield by 6.7-10.4%, and Zircon and Nanosilicon by 2.6-4.1 and 3.6-6.2%, respectively. The experimental data obtained indicate that the mass of 1000 grains in the studied variants was different. So, the mass of 1000 grains in the control variant $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 t/ha) without processing was a minimum of $29,78 \times 10^{-3}$ kg. Its maximum value, $30,26 \times 10^{-3}$ kg, was noted in the application variant $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 t/ha) + Extrasol, when seeds and vegetative plants were processed.

Key words: rice, mineral fertilizers, growth preparations, yield, structural indicators.

Citation. Rodin K.A., Nevezhina A.B., Vorontsova E.S. The effect of growth preparations on the norms of rice reaction during sprinkling. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 97-105 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-10.

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 631.674.6:633.18

**ВЛИЯНИЕ РОСТОВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА НОРМЫ РЕАКЦИИ РИСА
ПРИ ДОЖДЕВАНИИ**

К. А. Родин, кандидат сельскохозяйственных наук
А. Б. Невежина, кандидат сельскохозяйственных наук
Е. С. Воронцова, кандидат биологических наук

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

Дата поступления в редакцию 02.09.2021

Дата принятия к печати 15.11.2021

Актуальность. Развитие и внедрение экологически ориентированных систем сельского хозяйства, получение экологически чистых продуктов питания является одним из главных направлений развития современного сельского хозяйства. Поэтому необходимо проводить исследования, направленные на экологически чистое земледелие с обеспечением его внедрения в сельскохозяйственное производство, которые будут способствовать стабильному росту экологически чистой сельскохозяйственной продукции без негативного влияния на окружающую среду. В последние годы большая роль в повышении урожайности культур отводится регуляторам роста. Известно, что они могут существенно влиять на рост и развитие растений, адаптируя их защитную реакцию к условиям окружающей среды и обеспечивая не только рост урожайности, но и повышение качества продукции. **Объект.** Излагаются результаты исследований по влиянию ростовых препаратов на показатели характеристик аэробного риса сорта Сталинград 1. **Материалы и методы.** Исследования проводились в двухфакторном полевом опыте. По первому фактору дозы внесения удобрений были рассчитаны на получение 6 ($N_{114}P_{74}K_{90}$) и 7 ($N_{137}P_{74}K_{90}$) т зерна с 1 га. Во втором факторе изучались ростостимулирующие препараты: Экстрасол, Циркон и Нанокремний. **Результаты и выводы.** Было выявлено, что в варианте внесения $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) без обработок семенного материала и вегетирующих растений от посева до полной спелости зерна посевам риса потребовалось 105 суток при сумме среднесуточных температур 2398,2 °С. Максимальное количество суток при этой обработке отмечалось в варианте внесения той же дозы удобрений, но при обработке микробиологическим препаратом Экстрасол, которое составило 112 суток при сумме среднесуточных температур воздуха 2593,2 °С. Совместное применение доз макроудобрений и ростостимулирующих препаратов повышает урожайность риса-сырца при периодических поливах до 6,36-7,51 т/га. В качестве ростостимулирующего препарата следует использовать Экстрасол, т.к. его применение увеличило урожайность зерна на 6,7-10,4 %, а Циркона и Нанокремния – на 2,6-4,1 и 3,6-6,2 % соответственно. Полученные опытные данные свидетельствуют о том, что масса 1000 зерен в изучаемых вариантах была разной. Так, масса 1000 зерен в варианте контроль $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) без обработок была минимальной $29,78 \times 10^{-3}$ кг. Максимальное её значение – $30,26 \times 10^{-3}$ кг – отмечалось в варианте внесения $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + Экстрасол, когда обрабатывались семена и вегетирующие растения.

Ключевые слова: возделывание риса, ростовые препараты, урожайность риса, орошение риса.

Цитирование. Родин К. А., Невежина А. Б., Воронцова Е. С. Влияние ростовых препаратов на нормы реакции риса при дождевании. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 97-105. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-10.

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. В России, как и за рубежом, рис возделывают на избыточно увлажненной почве при затоплении. Затраты воды на орошение при этом составляют от 15 до 20 тыс. м³/га [1-4, 6-8, 11, 12]. С учетом потерь при транспортировании ее от источника

орошения до рисового поля по каналам объем подаваемой воды возрастает до 17-36 тыс. м³ на 1 га. И это при том что потребность рисового агроценоза в воде на эвапотранспирацию, т.е. испарение с водной и почвенной поверхности, транспирацию, изменяется в пределах 8-9 тыс. м³/га [3, 4, 6-8, 11].

В последние годы большая роль в повышении урожайности культур отводится регуляторам роста. Известно, что они могут существенно влиять на рост и развитие растений, адаптируя их защитную реакцию к условиям окружающей среды и обеспечивая не только рост урожайности, но и повышение качества продукции [5]. Внедрение регуляторов роста в технологии выращивания ценных с.-х. культур позволяет снизить негативные последствия применения пестицидов, увеличить коэффициент использования питательных элементов и улучшить экологическую ситуацию.

По данным А. Х. Шеуджена, Т. Н. Бондаревой, прибавка урожая зерна за счет только одной обработки семян Цирконом и Эпином-Экстра в разные годы составляет соответственно 0,65 т/га (10,5 %) и 0,35-0,45 т/га (5,6-7,0 %) (Шеуджен А. Х. и др., 2017). Двукратные (предпосевная обработка семян + опрыскивание в фазу кущения) и трехкратные обработки (предпосевная обработка семян + опрыскивание в фазу кущения и в фазу выметывания) за сезон позволяют увеличить не только густоту стояния, озерненность главной метелки, массу 1000 зерен, но и повысить количество выживаемых растений к уборке и качество зерна. Применение Циркона (10 - 20* мл/га) и Эпина-Экстра (50 мл/га) в фазу кущения способствует накоплению большего количества сухого вещества [10].

Фахад Шах, Хусейн Саддам и др. провели в два летних опыта по определению влияния экзогенно применяемых регуляторов роста растений на рост и урожайность риса в условиях высокой дневной (HDT) и высокой ночной температуры (HNT) (Фахад Шах и др., 2016). Испытывали сорта риса IR-64 и Huanghuazhan, которые подвергали температурной обработке в контролируемых камерах роста при обработке четырьмя комбинациями аскорбиновой кислоты (Vc), альфа-токоферола (ve), брассиностероидов (Br), метилжасмонатов (MeJA) и триазолов (Tr). В результате было выявлено, что HDT оказывал более негативное воздействие на физиологические свойства риса, в то время как HNT был менее пагубным для формирования зерна и урожайности. Huanghuazhan показал лучшие результаты, чем IR-64 в условиях высокотемпературного стресса с лучшим ростом и более высоким урожаем зерна. Экзогенное применение PGRs снизило неблагоприятные последствия высокой температуры. Среди комбинаций PGR наиболее эффективной обработкой для обоих сортов при высоком температурном стрессе была обработка Vc+Ve+MeJA+Br. Самая высокая урожайность зерна растений, обработанных Vc+Ve+MeJA+Br, была обусловлена усиленным фотосинтезом, количеством колосков и зерен начинкой, что компенсировало неблагоприятные условия высокотемпературного стресса [9].

Цель исследований сводится к оценке влияния доз вносимых макроудобрений и ростостимулирующих препаратов на показатели характеристики растений риса, обеспечивающие получение планируемой урожайности при периодических поливах на оросительных системах общего назначения.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились на опытном участке ФГБНУ ВНИИОЗ. Почва исследовательского участка – слабощелочная, светло-каштановая тяжелосуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое и в среднем за годы проведенных исследований составило 1,31 %, азота – низкое, а подвижным фосфором и обменным калием – среднее. Плотность в расчётных слоях 0,0-0,4 и 0,4-0,6 м составляет соответственно 1,27 и 1,29 т/м³, наименьшая влагоёмкость – 24,9 и 23,8 % сухой массы почвы.

Исследования проводились на посевах аэробного риса сорта Сталинград 1 в двухфакторном полевом опыте и включали следующие варианты.

По первому фактору дозы внесения удобрений, рассчитанные на получение 6 ($N_{114}P_{74}K_{90}$) и 7 ($N_{137}P_{74}K_{90}$) т зерна с 1 га. Дозы макроудобрений по вариантам рассчитывались по методике В. И. Филина (1994).

Во втором факторе изучались следующие варианты по обработке ростостимулирующими препаратами.

1. Микробиологический препарат Экстрасол.

Обработка семян – доза препарата 0,1 л, растворённого в 10 л воды на 1 тонну семян. Первая обработка препаратом по вегетации (расход препарата 1 л/га, растворённого в 300 л/га воды) проводилась в фазу 2-3 листьев риса, вторая – через 14 суток после первой в баковых смесях с контактными гербицидами.

2. Регулятор роста Циркон.

Обработка семян – доза препарата 0,01 л, растворённого в 10 л воды на 1 тонну семян. Первая обработка препаратом по вегетации (расход препарата 0,02 л/га, растворённого в 300 л/га воды) проводилась в фазу 2-3 листьев риса, вторая – через 14 суток после первой в баковых смесях с контактными гербицидами.

3. Микроудобрение Нанокремний.

Обработка семян – доза препарата 0,05 л, растворённого в 10 л воды на 1 тонну семян. Первая обработка препаратом по вегетации (расход препарата 0,11 л/га, растворённого в 300 л/га воды) проводилась в фазу 2-3 листьев риса, вторая – через 14 суток после первой в баковых смесях с контактными гербицидами.

4. Микробиологический препарат Экстрасол.

Первая обработка препаратом по вегетации (расход препарата 1 л/га, растворённого в 300 л/га воды) будет в фазу 2-3 листьев риса, вторая – через 14 суток после первой в баковых смесях с контактными гербицидами.

5. Регулятор роста Циркон.

Первая обработка препаратом по вегетации (расход препарата 0,02 л/га, растворённого в 300 л/га воды) будет в фазу 2-3 листьев риса, вторая – через 14 суток после первой в баковых смесях с контактными гербицидами.

6. Микроудобрение Нанокремний.

Первая обработка препаратом по вегетации (расход препарата 0,11 л/га, растворённого в 300 л/га воды) будет в фазу 2-3 листьев риса, вторая – через 14 суток после первой в баковых смесях с контактными гербицидами.

Контроль варианты без обработки.

Посев сеялкой СН-16 проводили при прогревании почвы до 14 °С. Способ полива – дождевальная машина шланго-барабанного типа «Rainstar» австрийской фирмы Bauer. Водный режим почвы принимался 80% НВ в слое почвы 0,6 м. Опыт закладывали при систематическом расположении вариантов по дозам удобрений и ростовым препаратам. Повторность опыта трехкратная, учетная площадь делянки по дозам удобрений – 198,8 м² и ростовым препаратам – 28,4 м². Зяблевую вспашку делали на глубину 0,25-0,27 м. Весной поле бороновали зубowymi боронами в два следа. Прежде чем сеять, делали культивацию на глубину семян 0,06-0,08 м.

Полевые опыты сопровождалось наблюдениями, учетами и измерениями, выполненными при соблюдении требований общепринятых методик опытного дела.

Результаты и обсуждение. В результате проведённых исследований по рису с периодическими поливами было установлено, что при поддержании почвенной влажности не ниже 80 % НВ в слое 0,6 м в варианте внесения $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) без обработок семенного материала и вегетирующих растений от посева до полной спелости зерна

посевам риса потребовалось 105 суток при сумме среднесуточных температур 2398,2 °С (таблица 1). В варианте N₁₁₄P₇₄K₉₀ (6 т/га) + циркон жизненный цикл риса при обработке семенного материала + по вегетации увеличился до 109 суток, а сумма среднесуточных температур воздуха – до 2511,6 °С. Максимальное количество суток при этой обработке отмечалось в варианте внесения той же дозы удобрений, но при обработке микробиологическим препаратом Экстрасол, которое составило 112 суток при сумме среднесуточных температур воздуха 2593,2 °С.

Таблица 1 – Показатели характеристики растений риса, обеспечивающие получение планируемой урожайности по изучаемым вариантам

Table 1 - Indicators of the characteristics of rice plants, providing the planned yield for the studied options

Изучаемый вариант / Option under study	Дата посева / Date sowing	Дата полной спелости зерна, дни / Date of full ripeness of grain, days	Продолжительность жизненного цикла растений, дни / Plantlifecycleduration, days	Сумма среднесуточных температур воздуха, °С / The sum of the average daily air temperatures, °C
Контроль (N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га) б/о) / Control (N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 t/ha) without processing)	06.05	18.09	105	2398,2
Контроль (N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га) б/о) / Control (N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 t/ha) without processing)	06.05	25.09	112	2593,2
Обработка семенного материала + по вегетации / Processing of seed material + vegetation				
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)+Экстрасол / N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 t/ha) + Extrasol	06.05	25.08	112	2593,2
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)+ Циркон / N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 t/ha) + Zircon	06.05	22.08	109	2511,6
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)+ Нанокремний / N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 t/ha) + Nanosilicon	06.05	23.08	110	2540,0
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га)+ Экстрасол / N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 t/ha) + Extrasol	06.05	03.08	121	2768,4
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га)+ Циркон / N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 t/ha) + Zircon	06.05	30.08	117	2689,5
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га)+ Нанокремний / N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 t/ha) + Nanosilicon	06.05	01.09	119	2728,8
Обработка по вегетации / Vegetation processing				
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)+ Экстрасол / N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 t/ha) + Extrasol	06.05	23.08	110	2540,0
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)+ Циркон / N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 t/ha)+ Zircon	06.05	20.08	107	2455,7
N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 т/га)+ Нанокремний / N ₁₁₄ P ₇₄ K ₉₀ (6 t/ha) + Nanosilicon	06.05	21.08	108	2483,6
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га)+ Экстрасол / N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 t/ha) + Extrasol	06.05	31.08	118	2708,7
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га)+ Циркон / N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 t/ha) + Zircon	06.05	27.08	114	2637,4
N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 т/га)+ Нанокремний / N ₁₃₇ P ₇₄ K ₉₀ (7 t/ha) + Nanosilicon	06.05	28.08	115	2656,1

В контрольном варианте внесения $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) посевам риса для прохождения жизненного цикла потребовалось 112 суток при сумме среднесуточных температур воздуха 2593,2 °С. При внесении той же дозы, но при обработке семенного материала и вегетирующих растений период вегетации увеличился на 5 суток, а сумма среднесуточных температур воздуха – 96,3 °С, но были ниже варианта обработки препаратом Экстрасол на 4 дня и 78,9 °С. Такая же тенденция прослеживается и в вариантах, где посевы риса обрабатывались по вегетирующим растениям.

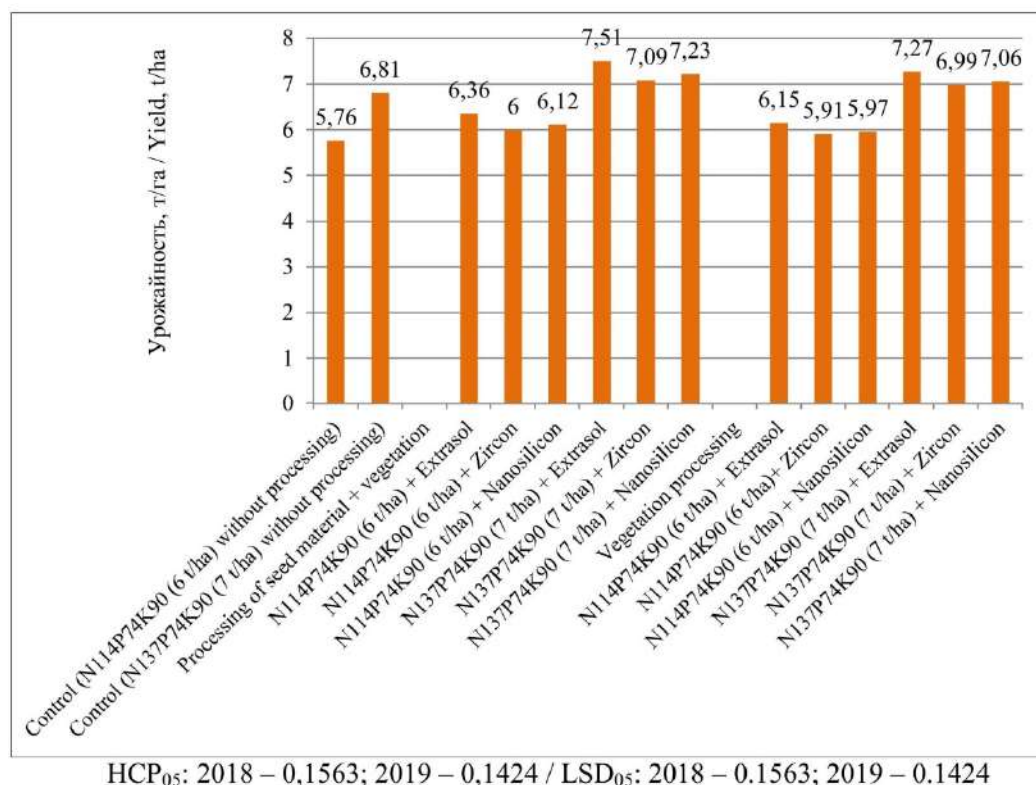


Рисунок 1 – Урожайность аэробного риса по изучаемым вариантам, т/га

Figure 1 - Yield of aerobic rice according to the studied variants, t/ha

Полученные нами в результате опытов данные показывают (рисунок 6), что максимальный сбор зерна риса был в варианте внесения дозы макроудобрений $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + Экстрасол при обработке семенного материала + по вегетации, который составил 7,51 т/га. При внесении той же дозы макроудобрений и обработкой тем же ростостимулирующим препаратом, но при обработке только по вегетации сбор зерна снизился на 0,24 т/га. Внесение $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + микробиологический препарат Экстрасол при обработке семенного материала + по вегетации способствовало получению урожайности 6,36 т/га зерна. При внесении той же дозы макроудобрений и препарата, но при обработке только по вегетирующим растениям сбор зерна снизился на 0,21 т/га. Такая же тенденция прослеживается в вариантах внесения $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) + Циркон и + Нанокремний при обработках семенного материала + по вегетации и только по вегетирующим растениям. В контрольном варианте $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) без обработок отмечался минимальный сбор зерна, который составил 5,76 т/га.

На динамических площадках в посевах аэробного риса эффективность внесения макроудобрений проявилась при внесении максимальной дозы макроудобрений $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) и микробиологическим препаратом Экстрасол при обработке ими семенного мате-

риала + по вегетации. В этом варианте были отмечены самые высокие структурные показатели формирования урожая. Так, продуктивная кустистость составила 2,1, высота растений – 0,844 м, длина метелки – 0,191 м, числу зерен в метелке – 66 штук, масса зерна в одной метелке – $1,39 \times 10^{-3}$ кг. В контрольном варианте $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) без обработок структурные элементы характеристики урожая были наименьшими и составили по продуктивной кустистости 2,0, высоте растений – 0,810 м, длине метелки – 0,179 м, числу зерен в метелке – 56 штук, массе зерна в одной метелки – $1,29 \times 10^{-3}$ кг.

Полученные опытные данные свидетельствуют о том, что масса 1000 зерен в изучаемых вариантах была разной. Так, масса 1000 зерен в варианте контроль $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) без обработок была минимальной $29,78 \times 10^{-3}$ кг. Максимальное её значение – $30,26 \times 10^{-3}$ кг – отмечалось в варианте внесения $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + Экстрасол, когда обрабатывались семена и вегетирующие растения.

Выводы. В варианте внесения $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) без обработок семенного материала и вегетирующих растений от посева до полной спелости зерна посевам риса потребовалось 105 суток при сумме среднесуточных температур 2398,2 °С. Максимальное количество суток при этой обработке отмечалось в варианте внесения той же дозы удобрений, но при обработке микробиологическим препаратом Экстрасол, которое составило 112 суток при сумме среднесуточных температур воздуха 2593,2 °С.

Совместное применение доз макроудобрений и ростостимулирующих препаратов повышает урожайность риса-сырца при периодических поливах до 6,36-7,51 т/га. В качестве ростостимулирующего препарата следует использовать Экстрасол, т.к. его применение увеличило урожайность зерна на 6,7-10,4 %, а Циркона и Нанокремния – на 2,6-4,1 и 3,6-6,2 % соответственно.

Полученные опытные данные свидетельствуют о том, что масса 1000 зерен в изучаемых вариантах была разной. Так, масса 1000 зерен в варианте контроль $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 т/га) без обработок была минимальной $29,78 \times 10^{-3}$ кг. Максимальное её значение – $30,26 \times 10^{-3}$ кг – отмечалось в варианте внесения $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 т/га) + Экстрасол, когда обрабатывались семена и вегетирующие растения.

Библиографический список

1. Балакай Г. Т., Докучаева Л. М. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водопотребления с рисовых оросительных систем // Научный журнал: Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 3 (31). С. 1-22.
2. Бородычев В. В., Дедова Э. Б., Шабанов Р. М. Технология возделывания риса на мелиоративных системах общего назначения при орошении дождеванием // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 20-29.
3. Водный режим почвы и дозы макроудобрений при возделывании риса на системах капельного орошения / И. П. Кружилин [и др.] // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 2. С. 12-15.
4. ИONOBA Л. П., АРЬКБАЕВ Р. К. Агробиологические и экономические аспекты выращивания Российских и Иранских сортов риса рассадным способом при прерывистом орошении в условиях дельты Волги // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 3. С. 43-56.
5. Ламскова М. И., Новиков А. Е. Возможности и перспективы очистки сточных, оборотных и хозяйственно-бытовых вод природными алюмосиликатами // Известия ВолгГТУ. Серия «Реология, процессы и аппараты химической технологии». 2014. № 1. С. 77-80.
6. Менее водозатратная и экологически предпочтительная технология орошения риса периодическими поливами / И. П. Кружилин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 49-55.

7. Родин К. А., Невежина А. Б., Нарушев В. Б. Влияние водного и пищевого режимов почвы на изменение корневой массы и урожайности риса при капельном орошении // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С. 38-41.

8. Сочетание природных и антропогенно регулируемых условий для получения различной урожайности риса с использованием систем капельного орошения / И. П. Кружилин [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 41-44.

9. Шах С. С., Хусейн Ш. Х. Экзогенно применяемые регуляторы роста растений повышают Морфофизиологический рост и урожайность риса при высокой температуре // Границы в науке о растениях. 2016. Т. 7. С. 1250.

10. Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н. Эффективность применения Циркона и Эпина-Экстра на посевах риса // Полифункциональность действия брассиностероидов: сб. науч. тр. М.: «НЭСТ М», 2017. С. 45-53.

11. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). 2017. Vol. 12 (24). P. 7118-7123.

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

Conclusion. In the variant of application of $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 t/ha) without treatment of seed material and vegetative plants from sowing to full ripeness of grain, rice crops took 105 days, with the sum of the average daily temperatures of 2398.2 °C. The maximum number of days during this treatment was noted in the variant of applying the same dose of fertilizers but when treated with the microbiological preparation Extrasol, which was 112 days with the sum of the average daily air temperatures of 2593.2 °C.

The combined use of doses of macro fertilizers and growth-stimulating drugs increases the yield of raw rice with periodic watering to 6.36-7.51 t/ha. Extrasol should be used as a growth-stimulating drug, because its use increased grain yield by 6.7-10.4%, and Zircon and Nanosilicon by 2.6-4.1 and 3.6-6.2%, respectively.

The experimental data obtained indicate that the mass of 1000 grains in the studied variants was different. So, the mass of 1000 grains in the control variant $N_{114}P_{74}K_{90}$ (6 t/ha) without processing was a minimum of $29,78 \times 10^{-3}$ kg. Its maximum value, 30.26×10^{-3} kg, was noted in the application variant $N_{137}P_{74}K_{90}$ (7 t/ha)+Extrasol, when seeds and vegetative plants were processed.

Reference

1. Balakai G. T., Dokuchaeva L. M. On the issue of developing norms of rice water demand and water consumption from rice irrigation systems // Scientific journal: Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2018. № 3 (31). P. 1-22.

2. Borodychev V. V., Dedova E. B., Shabanov R. M. Technology of cultivation of rice in reclamation systems General purpose when irrigation // Proceedings of the XVIII agrouniversity complex: Science and higher professional education. 2017. № 1 (45). P. 20-29.

3. Water regime of soil and doses of macro fertilizers in rice cultivation on drip irrigation systems / I. P. Kruzhilin [et al.] // Bulletin of the Russian Agricultural Science. 2017. № 2. P. 12-15.

4. Ionova L. P., Arykbayev R. K. Agrobiological and economic aspects of growing Russian and Iranian rice varieties by seedling method with intermittent irrigation in the conditions of the Volga Delta // Bulletin of the Michurin State Agrarian University. 2017. № 3. P. 43-56.

5. Lamskova M. I., Novikov A. E. Possibilities and prospects of wastewater, circulating and household water treatment with natural aluminosilicates // Izvestiya VolgSTU. The series "Rheology, processes and devices of chemical technology". 2014. № 1. P. 77-80.

6. Less water-intensive and environmentally preferable technology of rice irrigation with periodic irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // Izvestiya Nizh-nevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and higher professional education. 2019. № 2 (54). P. 49-55.

7. Rodin K. A., Nevezhin A. B., Narushev V. B. Influence of water and food regimes of the soil to change the root mass and yield of rice under drip irrigation // Agrarian scientific journal. 2020. № 8. P. 38-41.

8. Combination of natural and anthropogenic-regulated conditions for obtaining different rice yields using drip irrigation systems / I. P. Kruzhilin [et al.] // Russian agricultural science. 2016. № 5. P. 41-44.

9. Shah S. S., Hussein Sh. H. Exogenously applied plant growth regulators increase Morphophysiological growth and rice yield at high temperature // Frontiers in Plant Science. 2016. Vol. 7. P. 1250.

10. Sheudzhen A. H., Bondareva T. N. The effectiveness of the use of Zircon and Epin-Extra on rice crops // Polyfunctionality of the action of brassinosteroids: Collection of scientific tr. M.: "NEST M", 2017. P. 45-53.

11. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). 2017. Vol. 12 (24). P. 7118-7123.

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

Authors Information

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

Nevezhina Ainagul Berkbaevna, research associate of the Federal state budgetary scientific institution all-Russian research Institute of irrigated agriculture (400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), A candidate of agricultural Sciences, tel. 8(8442) 60-23-22, e-mail: aina.kanaeva@mail.ru.

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

Родин Константин Анатольевич, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Невежина Айнагуль Беркбаевна, научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: aina.kanaeva@mail.ru.

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), e-mail: esvoronts@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-11

THE EFFECTIVENESS OF THE CULTIVATION OF WINTER RYE AND WHEAT WITH THE LONG-TERM USE OF MINERAL FERTILIZERS IN THE CONDITIONS OF UNSTABLE MOISTENING OF THE STEPPE ZONE OF THE SOUTHERN URALS

V. Yu. Skorokhodov, *Candidate of Agricultural Sciences*

Federal State Budget Scientific Institution «Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences»

Received 02.09.2021

Submitted 15.11.2021

*The research is carried out in accordance with the research plan for 2020-2021.
FGB-NU FNC BST RAS (No. 0761-2019-0003)*

Abstract

The cultivation of winter rye and wheat in the steppe zone of the Southern Urals stabilizes the grain economy of the region, especially in dry years with a decrease in the bio-productivity of spring crops. In the system of fertilizing winter crops, in order to increase grain yield and its quality, nitrogen fertilization in

early spring is of great importance, and the effectiveness of which largely depends on whether factors and the emerging nitrogen regime of the soil. The aim of the study is to identify the influence of systematic application of mineral fertilizers in the form of basic and top dressing of winter crops (rye and wheat) on their productivity in the conditions of unstable moistening of the steppe zone of the Southern Urals during a long-term study. The object of the study is winter rye and winter wheat, cultivated in six-field crop rotations with black steam on two backgrounds (fertilized and non-fertilized) nutrition with and without top dressing. The studies were conducted from 1990 to 2020. The use of mineral fertilizers as the main one made it possible to obtain a rye yield of more than 2 tons per 1 ha in 19 years, more than 3 tons in 13 years, more than 4 tons in 4 years out of 31. The use of top dressing on a background fertilized since autumn is ineffective and has led to a decrease in the yield of winter rye by 0.22 tons per 1 ha.

Keywords: *winter rye, winter wheat top dressing, productivity, nitrate nitrogen, crop rotation, soil fertility.*

Citation. V.Yu. Skorokhodov The effectiveness of the cultivation of winter rye and wheat with the long-term use of mineral fertilizers in conditions of unstable moistening of the steppe zone of the Southern Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 105-117 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-11.

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

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

УДК 633.14:633.11:631.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМЫХ РЖИ И ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО УРАЛА

В. Ю. Скороходов, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 13.09.2021

Дата принятия к печати 18.11.2021

*Исследования выполняются в соответствии с планом НИР на 2020-2021 гг.
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0003).*

Аннотация. Возделывание озимых ржи и пшеницы в степной зоне Южного Урала стабилизирует зерновое хозяйство региона, особенно в засушливые годы при снижении биопроductивности яровых культур. В системе удобрения озимых культур для увеличения урожайности зерна и его качества, большое значение отводится азотной подкормке ранней весной, эффективность которой в значительной степени зависит от погодных факторов и складывающегося азотного режима почвы. Целью исследования является выявление влияния систематического внесения минеральных удобрений в виде основного и подкормки озимых культур (ржи и пшеницы) на их продуктивность в условиях неустойчивого увлажнения степной зоны Южного Урала при долголетнем исследовании. Объектом исследования выступают озимая рожь и озимая пшеница, возделываемые в шестипольных севооборотах с чёрным паром на двух фонах (удобренном и неудобренном) питания с подкормкой и без неё. Исследования проводились с 1990 по 2020 годы. Применение минеральных удобрений в качестве основного дало возможность получить урожайность ржи более 2 т с 1 га в 19 лет, более 3 т 13 лет, более 4 т 4 года из 31. Применение подкормки на удобренном с осени фоне малоэффективно и привело к снижению урожайности озимой ржи на 0,22 т с 1 га.

Ключевые слова: *возделывание озимых культур, подкормка озимых культур, продуктивность озимых культур, нитратный азот, севообороты, плодородие почвы.*

Цитирование. Скороходов В.Ю. Эффективность возделывания озимых ржи и пшеницы при длительном использовании минеральных удобрений в условиях неустойчивого увлажнения степной зоны южного Урала. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 105-117. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-11.

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. Возделывание озимых ржи и пшеницы в степной зоне Южного Урала стабилизирует зерновое хозяйство региона, особенно в засушливые годы при снижении биопродуктивности яровых культур [1].

Озимые культуры (рожь и пшеница) обеспечивают стабильное производство зерна на счёт эффективного использования выпавших осенних, зимних и ранневесенних осадков являются устойчивыми к проявлению засухи в начальный период вегетации, эффективно используют питательные вещества минеральных удобрений [4, 5].

Большое влияние на уровень урожайности и качества зерна озимой ржи оказывают условия в зимнее время года, а также осадки, температурный режим в период налива – созревания зерна [11, 12].

Озимая рожь в силу своей неприхотливости в сравнении с озимой пшеницей менее требовательна к природным ресурсам и может произрастать на бедных почвах с повышенной кислотностью без большого ущерба для ее продуктивности [3], считается самой морозостойкой (выносит снижение температуры в зоне узла кущения до -22 °C) [20].

В зоне недостаточного увлажнения большое значение имеет получение дружных всходов и хорошо окрепших растений перед уходом в зиму [8].

Благодаря хорошо развитой с осени корневой системе озимые используют влагу более глубоких слоёв почвы, что позволяет избегать отрицательного воздействия различных видов засух [6].

В севооборотах интенсифицируются вещественно-энергетические потоки агроценозов, активнее протекают процессы синтеза и разложения органического вещества за счёт повышения биологической активности почвы [7].

Выбор оптимального срока и развитие растений с осени являются важными факторами при формировании устойчивых агроценозов озимых культур, когда закладывается основа структуры их урожайности и итоговой продуктивности [14].

Цель исследований – выявить влияние систематического внесения минеральных удобрений в виде основного и подкормки озимых культур (ржи и пшеницы) на их продуктивность в условиях неустойчивого увлажнения степной зоны Южного Урала при долготлетнем исследовании.

Материалы и методы. Долготлетнее (31 год) исследование проводилось на опытном поле ФГБНУ «ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН», расположенном на правом берегу реки Урал, в 20 км восточнее города Оренбург, вблизи (0,5 км) посёлка Крона Оренбургского района с координатами участка - 51.775125° с.ш., 55.306547° в.д. Почва участка – чернозём южный карбонатный среднесиловый тяжёлого механического состава с содержанием гумуса в пахотном (0-30 см) слое 3,2-4,0 %, общего азота – 0,20-0,30 %, доступного фосфора – до 2,5 мг, обменного калия – до 38 мг на 100 г почвы. Водородный показатель (рН) имеет нейтральную (7,0) и слабощелочную (8,0) реакцию почвенного раствора.

Климатическая среднегодовая норма выпадающих за год осадков составляет 367 мм (большая их часть 250 мм выпадает в тёплое время года с апреля по октябрь). Вегетационный период имеет низкий показатель влагообеспеченности растений ГТК равный 0,70 единиц.

Объектом исследования выступают озимая рожь и озимая пшеница, возделываемые в шестипольных севооборотах с чёрным паром на двух фонах (удобренном и неудобренном) питания с подкормкой и без неё. Возделывание озимых культур осуществлялось на делянках с размерами: 7,2 х 15 м (удобренный фон 108 м²), 7,2 х 15 м (удобренный фон с подкормкой 108 м²), 7,2х15 (неудобренный с подкормкой 108 м²), 7,2х45 м (неудобренный фон 324 м², контроль).

На удобренном фоне питания применялись минеральные удобрения в дозе N₄₀P₈₀K₄₀ кг д.в. на 1 га. Подкормку озимых проводили ранней весной, сразу после схода снега (по черепку) аммиачной селитрой с нормой 30 кг д.в. на 1 га (рисунок 1).



Рисунок 1 – Ранневесенняя подкормка озимых «по черепку»

Figure 1 – Early-spring feeding of winter crops «according to the potsherd»

Опыты с озимыми культурами заложены в четырёхкратной повторности во времени и пространстве шестипольных севооборотов по следующей схеме:

1. Пар чёрный – озимая рожь (сорт Саратовская 6, норма высева 4 млн всхожих семян на 1 га) – яровая твёрдая пшеница (сорт Оренбургская 21, Н_в = 4,0 млн) – кукуруза на силос (РОСС – 144 МВ, Н_в = 80 тыс. на 1 га) – яровая мягкая пшеница (сорт Саратовская 42, Н_в = 4,5 млн) – ячмень (сорт Анна, Н_в = 4,0 млн).

2. Пар чёрный – озимая пшеница (сорт Комсомольская 56, Н_в=4,5 млн) – яровая твёрдая пшеница – просо (сорт Оренбургская 20, Н_в=3 млн) – яровая мягкая пшеница – ячмень (рисунок 2).

Оборудование и технические средства. Полевые опыты проводили согласно «Методике полевого опыта» (М.: Колос, 1985. 351 с.) и «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур» (М.: Колос, 1989. Вып. 2. 250 с.).

Агротехника возделывания озимых культур в севообороте – принятая для Центральной зоны Оренбургской области. Предпосевную культивацию проводили культиватором КПС – 4,0 (ОАО «КОРММАШ», Россия). Посев озимых выполнялся сеялкой СЗП-3,6 (ОАО «НПО СИБ-СЕЛЬМАШ», Россия), уборка комбайном САМПО-500

(Сампо-Резенлев, Финляндия). Статистическая обработка данных полевого опыта проводилась с помощью офисного программного комплекса («Microsoft Office») с применением программы «Excel» («Microsoft США») с обработкой данных в «Statistica 12.0» («Stat Soft Inc, США) при помощи метода множественной регрессии.



а

б

Рисунок 2 – Вид озимых (ржи и пшеницы) и стационара по севооборотам:
а – фото с озимыми, б – фото вида стационара

Figure 2 –Type of winter crops (rye and wheat) and the hospital by crop rotation:
а – photo with winter crops, b – photo of the type of hospital

Результаты. Продуктивность озимых культур формируется под влиянием температуры воздуха и выпавших осадков двух периодов их вегетации: летне-осеннего и весенне-летнего. Нами определен показатель гидротермического коэффициента (ГТК по Селянинову) летне-осеннего (август, сентябрь) и весенне-летнего (май - август) периодов вегетации за 31 год исследований (с 1990 по 2020 годы). На рисунке 3 представлены ГТК двух периодов вегетации и урожайность озимой ржи на обычном (без удобрений) фоне (контрольный вариант) за долготейшее исследование.

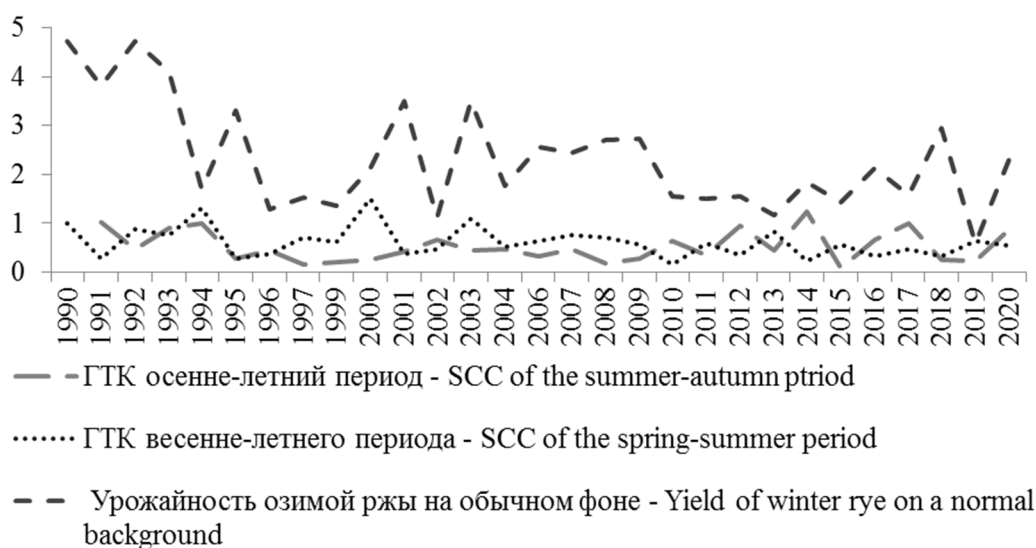


Рисунок 3 – Урожайность озимой ржи на двух фона питания по годам эксперимента

Figure 3 – The yield of winter rye on two food sources by the years of the experiment

На рисунке отчётливо прослеживается зависимость уровня урожайности озимой ржи от показателя ГТК весенне-летнего периода. На графике кривая ГТК второго периода вегетации копирует уровень урожайности озимой ржи, что позволяет сделать предположение о связи двух показателей. Уменьшение числа гидротермического коэффициента приводит к понижению урожайности озимых культур.

Урожайность озимой ржи на четырёх фонах питания (неудобренный, неудобренный + подкормка, удобренный, удобренный + подкормка) за многолетний эксперимент приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Урожайность озимой ржи по годам исследований в зависимости от основного фона питания и весенней подкормки

Table 1 – The yield of winter rye according to the years of research, depending on the main background of nutrition and spring feeding

Год эксперимента / Year of experiment	Урожайность озимой ржи, тс 1 га / Yield of winter rye, ts 1 ha						
	фон питания / power background				прибавка + или - / increase + or -		
	неудобренный (контроль) / non-maneuverable (control)	неудобренный + подкормка / non-maneuverable (control)	удобренный / fertilized	удобренный + подкормка / fertilizers + top dressing	от основного удобрения / from the main fertilizer	от подкормки	
						неудобренный фон / non-maneuverable background	удобренный фон / fertilized background
1	2	3	4	5	6	7	8
1990	4,73		3,62		-1,11		
1991	3,80		3,56		-0,24		
1992	4,72		4,33	4,47	-0,39	-	0,14
1993	4,10	4,02	3,85	3,95	-0,25	-0,08	0,10
1994	1,69	1,60	1,69	1,64	0	-0,09	-0,05
1995	3,30	2,13	2,08	0,94	-1,22	-1,17	-1,14
1996	1,30	1,28	1,89	1,81	0,59	-0,02	-0,08
1997	1,53	-	1,58	-	0,05	-	-
1999	1,35	1,94	4,09	2,85	2,74	0,59	1,24
2000	2,12	-	2,95	-	0,83	-	-
2001	3,49	-	4,42	-	0,93	-	-
2002	1,13	1,08	1,44	1,36	0,31	-0,05	-0,08
2003	3,50	3,69	4,26	2,60	0,76	0,19	-1,66
2004	1,77	2,05	1,94	2,24	0,17	0,28	0,30
2006	2,56	3,27	2,41	2,61	-0,15	0,71	0,20
2007	2,45	2,98	3,02	3,39	0,57	0,53	0,37
2008	2,71	3,44	3,19	3,35	0,48	0,73	0,16
2009	2,72	3,33	3,33	3,52	0,61	0,61	0,19
2010	1,56	1,21	1,18	1,30	-0,38	-0,35	0,12
2011	1,51	1,87	2,72	3,06	1,21	0,36	0,34
2012	1,55	1,55	1,58	1,54	0,83	0	-0,04
2013	1,18	2,01	2,19	2,09	0,01	0,83	-0,10
2014	1,84	1,82	1,76	1,91	-0,08	-0,02	0,15
2015	1,44	1,14	1,49	1,97	0,5	-0,30	0,48
2016	2,12	3,09	3,11	2,41	0,99	0,97	-0,70
2017	1,57	2,44	2,66	2,09	1,09	0,87	-0,57
2018	2,95	2,56	3,58	2,90	0,63	-0,39	-0,68
2019	0,59	0,93	0,84	1,01	0,25	0,34	0,17
2020	2,33	2,60	3,38	1,59	1,15	0,37	-1,79

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Среднее за годы с подкормкой Average over the years with top dressing	2,05	2,26	2,58	2,36	0,53	0,21	-0,22
HCP ₀₅ NSR ₀₅	0,47	<u>0,43</u> 0,24	<u>0,44</u> 0,33	<u>0,39</u> 0,39			

Примечание: в 1998 и 2005 годах урожайность озимой ржи отсутствовала. Над чертой – HCP₀₅ по действию факторов, под чертой – HCP₀₅ по взаимодействию факторов с контролем.

Note: in 1998 and 2005, the yield of winter rye was absent. Above the NSR05 line on the action of factors, below the NSR05 line on the interaction of factors with control.

На контрольном варианте (неудобренный фон) урожайность озимой ржи превысила 2 т с 1 га в 1990-1993, 1995, 2000, 2001, 2003, 2006-2009, 2016, 2018, 2020, то есть 15 из 31 года, что составляет 50 % исследуемых лет. На фоне без удобрений четыре года (1991, 1995, 2001, 2010) урожайность ржи превысила 3 т и три года (1990, 1992, 1993) 4 т с 1 га. Использование минеральных удобрений в качестве основного дало возможность получить урожайность ржи более 2 т с 1 га – в 19 лет, более 3 т – 13 лет, более 4 т – 4 года из 31.

В ряде лет (1990-1995, 2006, 2010, 2014) отмечается отсутствие эффекта от применения минеральных удобрений в качестве основного.

При подкормке озимой ржи на неудобренном фоне прибавка урожайность в среднем за годы исследований составила 0,21 с 1 га.

Озимая пшеница менее урожайна в сравнении с озимой рожью на всех фонах питания. Урожайность озимой пшеницы ниже в среднем за годы исследований по неудобренному фону (контрольному варианту) на 0,42 т, по неудобренному фону с подкормкой – на 0,35 т, по удобренному фону – на 0,44 т, по удобренному фону с подкормкой – на 0,22 т с 1 га (таблица 2).

В среднем за годы исследований урожайность озимой пшеницы на обычном фоне составила более 2 т – 10 лет, более 3 т – 5 лет и более 4 т с 1 га – 3 года. По неудобренному фону с подкормкой сбор зерна более 2 т с 1 га составил 8 лет, более 3 т – 3 года, более 4 т – 2 года. На удобренном фоне в 1990, 1993, 2016 и 2020 годах получена урожайность свыше 4 т с 1 га, а при подкормке на удобренном фоне – только в 1993 году.

В таблице 3 приведены среднееголетние данные по содержанию основных питательных макроэлементов (азота, фосфора, калия) в три периода вегетации озимых культур (начало вегетации, возобновление вегетации весной будущего года, во время уборки озимых).

Применение азотных удобрений в качестве основного длительное (31 год) время привело к повышенному содержанию на удобренном фоне во все периоды наблюдений. Наибольшее количество нитратного азота отмечается в осенний период вегетации озимых и к их уборке в пятой ротации севооборотов, чему способствует пролонгированное действие внесённых минеральных удобрений на протяжении длительного временного периода.

Данное положение показано на рисунке 4

Таблица 2 – Урожайность озимой пшеницы по годам исследований
в зависимости от основного фона питания и весенней подкормки

Table 2 – The yield of winter wheat according to the years of research, depending
on the main background of nutrition and spring feeding

Год эксперимента / Year of experiment	Урожайность озимой пшеницы, тс 1 га / Yield of winter wheat, ts 1 ha						
	фон питания / power background				прибавка + или – / increase + or -		
	неудобрен- ный (кон- троль) / non- maneuvera- ble (control)	неудобрен- ный + под- кормка / non- maneuverable (control)	удоб- ренный / fertilized	удобренный + подкормка / fertilizers + top dressing	от основ- ного удоб- рения from the main fertilizer	от подкормки неудобрен- ный фон / non - ma- neuverable background	удобрен- ный фон / fertilized background
1990	4,42	-	4,00	-	-0,42	-	-
1991	2,39	-	1,92	-	-0,47	-	-
1992	2,87	-	2,56	2,42	-0,31	-	-0,14
1993	4,01	3,94	4,34	4,21	0,33	-0,07	-0,13
1994	2,19	2,29	2,43	2,24	0,24	0,10	-0,19
1997	1,03	-	0,79	-	-0,24	-	-
1999	0,79	0,96	1,95	1,53	1,16	0,17	-0,42
2000	1,23	-	1,19	-	-0,04	-	-
2001	3,27	-	3,36	-	0,09	-	-
2002	1,42	2,43	2,63	3,18	0,94	1,01	0,55
2003	3,13	2,25	2,54	2,48	-0,59	-0,88	-0,06
2004	0,98	1,07	1,06	1,11	0,08	0,09	0,05
2006	0,26	0,47	0,63	0,60	0,37	0,21	-0,03
2007	0,61	1,43	1,63	1,90	1,02	-0,18	0,27
2008	1,46	2,02	1,77	2,41	0,31	0,56	0,64
2009	2,47	2,53	2,42	3,12	-0,05	0,06	0,70
2010	0,29	0,42	0,57	0,33	0,28	0,13	-0,24
2012	1,60	1,69	1,67	2,13	0,07	0,09	0,46
2013	0,61	0,67	0,48	0,47	-0,13	0,06	-0,01
2014	1,18	1,36	1,82	1,59	0,64	0,18	-0,23
2016	4,13	4,38	4,32	3,36	0,19	0,25	-0,96
2017	1,84	1,90	2,74	3,19	0,90	0,06	0,45
2018	1,81	1,72	2,06	2,28	0,25	-0,09	0,22
2019	0,55	0,80	0,72	0,80	0,17	0,25	0,08
2020	2,66	4,06	4,56	3,56	1,90	1,40	-1,00
Среднее за годы с подкорм- кой Average over the years with top dressing	1,63	1,91	2,14	2,14	0,27	0,18	0
НСР ₀₅ NSR ₀₅	0,56	<u>0,58</u> 0,23	<u>0,55</u> 0,23	<u>0,56</u> 0,32			

Примечание: в 1995, 1996, 1998, 2005, 2011, 2015 годах урожайность озимой пшеницы отсутствовала. Над чертой – НСР₀₅ по действию факторов, под чертой – НСР₀₅ по взаимодействию факторов с контролем.

Note: in 1995, 1996, 1998, 2005, 2011, 2015 in years, the yield of winter wheat was absent. Above the NSR05 line on the action of factors, below the NSR05 line on the interaction of factors with control.

Таблица 3 – Содержание макроэлементов питания под посевами озимых культур в первой и второй год их вегетации в среднем по ротациям шестипольных севооборотов за 1990-2020 годы, мг на 100 г сухой почвы

Table 3 – The content of macronutrients under winter crops in the first and second year of their vegetation on average for rotations of six-field crop rotations and for 1990-2020, mg per 100 g of dry soil

Макроэлемент питания / Macronutrient nutrition	Ротация, НСР ₀₅ / Rotation, NSR ₀₅	Срок отбора почвенных образцов, фон питания / The period of selection of soil samples, the background of nutrition					
		осенью конец парования в посев озимых (начало вегетации) / in autumn, the end of fallowing in winter crops (the beginning of the growing season)		Весной (во время вегетации) / In spring (during the growing season)		осенью после уборки / in autumn after cleaning	
		A	B	A	B	A	B
N –NO ₃	I	15,3	13,5	9,7	7,3	11,1	7,5
	II	16,1	13,7	8,0	5,6	9,0	6,5
	III	13,7	10,4	5,3	3,5	4,3	2,9
	IV	14,4	13,1	3,3	3,8	14,1	12,2
	V	25,0	21,1	5,4	7,1	25,3	24,0
	среднее за 1990-2020 гг. / average for 1990-2020	17,5	14,6	6,1	5,4	12,4	10,5
	НСР ₀₅	2,91		1,20		1,90	
K ₂ O	I	52,7	48,6	48,1	46,8	48,9	46,8
	II	43,6	40,5	46,8	42,7	44,1	38,3
	III	48,8	38,1	42,2	38,6	44,8	41,3
	IV	38,7	37,1	41,9	37,4	41,5	38,3
	V	41,9	38,8	42,6	36,9	42,7	37,3
	среднее за 1990-2020 гг. average for 1990-2020	45,0	40,1	44,2	40,6	44,3	40,4
	НСР ₀₅ NSR ₀₅	2,16		2,57		2,62	

Примечание: А – удобренный фон, В – неудоженный; I – ротация 1990-1995 гг., II – ротация 1996-2001гг., III – ротация 2002-2007 гг., IV – ротация 2008 – 2013 гг., V – ротация 2014-2019 гг.

Note: A - fertilized background, B – non-fertilized; I - rotation 1990-1995, II - rotation 1996 -2001, III - rotation 2002-2007, IV - rotation 2008 - 2013, V - rotation 2014-2019.

Весной озимые интенсивно используют нитратный азот и в среднем его количество за годы исследований составило на удобренном фоне 6,1 мг, на неудоженном – 5,4 мг на 100 г почвы.

Калий имеет меньшую миграцию по сравнению с азотом, поэтому в среднем за годы эксперимента его количество находилось на одинаковом уровне во все периоды вегетации озимых культур. Удобренный фон отмечался повышенным содержанием калия в почве в сравнении с неудоженным, т.е. применение калийных удобрений длительное время имеет накопительный характер.

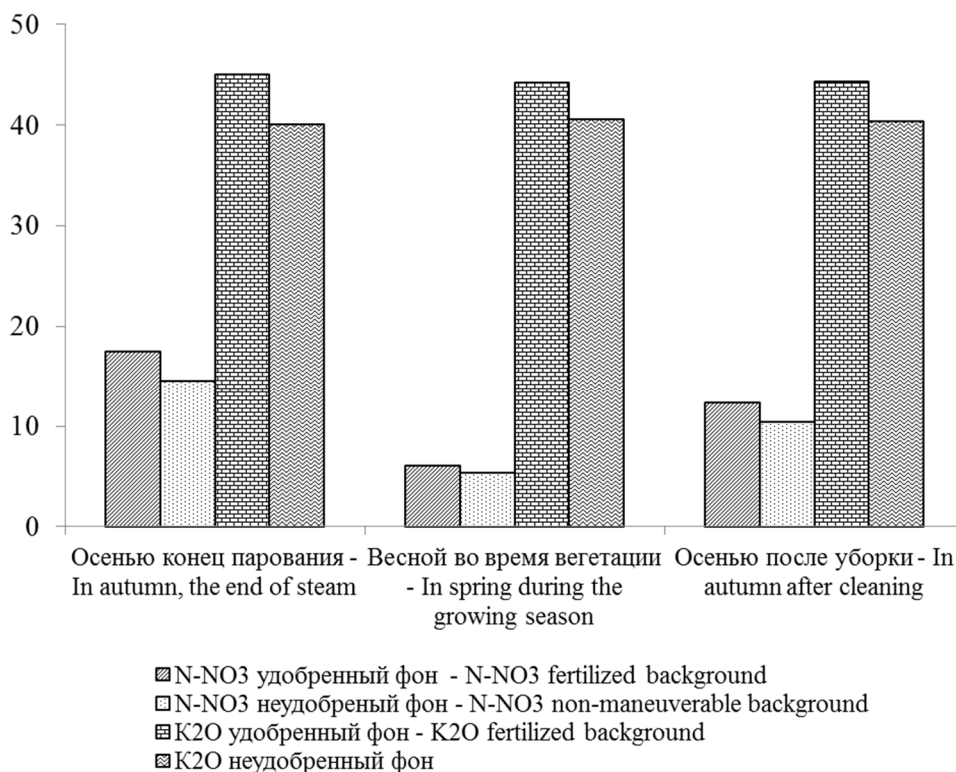


Рисунок 4 – Количество содержания макроэлементов азота и калия в период посева, вегетации и уборки озимых в среднем за 1990-2020 годы

Figure 4 – The amount of nitrogen and potassium macronutrients in the period of sowing, vegetation and harvesting of winter crops on average for 1990-2020

Обсуждение. Интегрирующим показателем действия всех факторов на культурные растения, отражающим интенсивность вещественно-энергетических потоков в агроценозах, является урожайность, по которой можно судить об уровне эффективного плодородия почвы.

Многие исследователи [9, 10, 17, 18, 21] считают невозможным воспроизводство плодородия почвы без систематического применения органоминеральных удобрений при получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур (совместное применение минеральных органических удобрений увеличивает урожайность зерна озимой ржи до 2,2 раза) [16].

В системе удобрения озимых культур для увеличения урожайности зерна и его качества большое значение отводится азотной подкормке ранней весной, эффективность которой в значительной степени зависит от погодных факторов и складывающегося азотного режима почвы [2, 19]. Ряд авторов считает высокоэффективной подкормку азотными удобрениями при небольших запасах (менее 75 кг на 1 га) нитратного азота в слое почвы 0-100 см [13, 15, 22].

В нашем опыте в среднем за годы исследований урожайность озимой ржи, возделываемой на удобренном фоне без подкормки, увеличивается на 0,53 т с 1 га. Наибольшая прибавка урожайности озимой ржи на удобренном фоне составила 2,74 т с 1 га в 1999 году.

Применение подкормки на удобренном фоне малоэффективно: за годы эксперимента привело к снижению урожайности озимой ржи на 0,22 т с 1 га. Одиннадцать лет подкормка озимой ржи на удобренном фоне имела отрицательное влияние на урожайность (в 2003 году урожайность снизилась на 1,66 т в 2020 – на 1,79 т с 1 га).

Применение подкормки озимой пшеницы на удобренном фоне малоэффективно, а в некоторых случаях имеет отрицательный эффект. Шесть лет (1995, 1996, 1998, 2005, 2011, 2015 годы) урожайность озимой пшеницы отсутствовала.

Выводы:

1. В ряде лет при долголетнем исследовании отмечается отсутствие эффекта от применения минеральных удобрений в качестве основного.
2. Применение подкормки на удобренном с осени фоне малоэффективно и за годы эксперимента привело к снижению урожайности озимой ржи на 0,22 т с 1 га.
3. Подкормка озимой пшеницы на удобренном фоне малоэффективна, а в некоторых случаях имеет отрицательный эффект.
4. Положительное влияние на урожайность озимых ржи и пшеницы оказывает пролонгированное действие минеральных удобрений. Урожайность озимой ржи на удобренном фоне увеличивается на 0,53 т с 1 га.

Библиографический список

1. Адаптация сроков посева озимой пшеницы к современным климатическим условиям Оренбургского Предуралья / Ю. А. Гулянов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 42-48.
2. Демидова А. Г., Ахмедшина Д. А. Эффективность разных форм азотного удобрения при ранневесенней подкормке озимой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 1 (14). С. 4-13.
3. Исмагилов Р. Р., Абдулов В. Х. Сравнительный анализ формирования урожайности озимых зерновых культур в южной лесостепи Республики Башкортостан // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (57). С. 11-16.
4. Максимов В. А., Золотарёва Р. И., Максимова Р. Б. Влияние разных доз азотной подкормки на зерновую и кормовую продуктивность сортов озимой ржи в условиях Республики Марий Эл // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 65. № 4. С. 36-41.
5. Максимов В. А., Золотарёв Р. И., Лапшин Ю. А. Влияние минеральных удобрений на экономические показатели возделываемых сортов озимой ржи в условиях Республики Марий Эл // Зерновое хозяйство России. 2020. № 4 (70). С. 27-30.
6. Озимая пшеница в Уральском региона / Л. Т. Мальцева [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2014. № 6. С. 14-18.
7. Павлюченко А. У., Гриднева О. В., Пискарёва Л. А. Плодородие почвы и продуктивность ячменя под воздействием удобрений в кормовом севообороте // Земледелие. 2014. № 7. С. 18-20.
8. Трусов В. И., Новичихин А. М., Гармашов В. М. Состояние озимых в ЦЧЗ и рекомендации по уходу за ними весной // Земледелие. 2015. № 3. С. 12-14.
9. Урожайность и качество зерна озимой ржи в зависимости от длительного применения органических и минеральных удобрений / И. Н. Белоус [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 7. С. 71-72.
10. Химический состав пахотного слоя дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы при длительном применении удобрений / И. Ш. Фатыхов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2014. Т. 9. № 4 (34). С. 107-110.
11. Чайкин В. В., Тороп А. А., Рыльков А. И. Зимо- и засухоустойчивость озимой ржи в условиях Центрально-Чернозёмного региона // Земледелие. 2017. № 2. С. 32-36.
12. Шляхтина Е. А., Рылова О. Н. Результаты оценки адаптивных показателей признаков «урожайность» и «число падения» сортов озимой ржи в условиях Кировской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3 (69). С. 38-42.
13. Эффективность применения жидких и твёрдых азотных минеральных удобрений в ранневесеннюю подкормку посевов озимой пшеницы / А. Н. Есаулко [и др.] // Земледелие. 2020. № 3. С. 38-40.

14. Changes in soil carbon content and reserves under long-term field experiments in the Steppe zone of the Southern Urals / L. V. Galaktionova [et al.] // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. 2020. V. 579. P. 012088.

15. Cook R. L., Trilca A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in Southern Illinois // Agronomy Journal. 2016. Vol. 108. № 1. Pp. 415-426.

16. Effects of competition between short-rotation willow and weeds on performance of different clones and associated weed flora during the first harvest cycle / J. Albertsson [et al.] // Biomass and Bioenergy. 2014. Vol. 70. P. 364-372.

17. First Case of Conyza canadensis from Hungary with Multiple Resistance to Glyphosate and Flazasulfuron / C. Palma-Bautista [et al.] // Agronomy. 2018. V. 8 (8). P. 157.

18. Kraehmer H., Laber B. Herbicides as weed control agents: state of the art: I. Weed control research and safer technology: the path to modern agriculture // Plant Physiol. 2014. V. 166. P. 1119-1131.

19. Long-term tillage on yield and water use of grain sorghum and winter wheat // use of grain sorghum and winter wheat / A. J. Schiegl [et al.] // Agronomy Journal. 2018. Vol. 110. № 1. Pp. 269-280.

20. The effect on nitrate nitrogen on barley yield on chernozem of the southern steppe zone of Southern Urales / V. Yu. Skorokhodov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 624. P. 012202.

21. Weed dynamics and conservation agriculture principles / C. M. Pittelkow [et al.] // A review. 2015. V. 183. P. 56-68.

22. Weed community responses to rotations with cover crops in maize-based conservation agriculture systems of Zimbabwe / B. Mhlanga [et al.] // Crop Protection. 2015. Vol. 69. P. 1-8.

Conclusions:

1. In a number of years, with a long-term study, there is no effect from the use of mineral fertilizers as the main one.

2. The use of top dressing on a background fertilized since autumn is ineffective and over the years of the experiment led to a decrease in the yield of winter rye by 0.22 tons per 1 ha.

3. Fertilizing winter wheat on a fertilized background is ineffective, and in some cases has a negative effect.

4. The prolonged effect of mineral fertilizers has a positive effect on the yield of winter rye and wheat. The yield of winter rye on a fertilized background increases by 0.53 tons per 1 ha.

Reference

1. Adaptation of winter wheat sowing dates to modern climatic conditions of the Orenburg Urals / Yu. A. Gulyanov [et al.] // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2020. № 4 (84). Pp. 42-48.

2. Demidova A. G., Akhmedshina D. A. The effectiveness of different forms of nitrogen fertilizer in early spring feeding of winter wheat in conditions of unstable moisture Stavropol territory // Agricultural magazine. 2021. № 1 (14). Pp. 4-13.

3. Ismagilov R. R., Abduloev V. H. Comparative analysis of the formation of the yield of winter grain crops in the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2021. № 1 (57). Pp. 11-16.

4. Maksimov V. A., Zolotareva R. I., Maksimova R. B. Influence of different doses of nitrogen top dressing on grain and fodder productivity of winter rye varieties in the conditions of the Republic of Mari El // Agrarian science of the Euro-North-East. 2018. Vol. 65. No. 4. P. 36-41.

5. Maksimov V. A., Zolotarev R. I., Lapshin Yu. A. The influence of mineral fertilizers on the economic indicators of cultivated varieties of winter rye in the conditions of the Republic of Mari El // Grain farming of Russia. 2020. № 4 (70). Pp. 27-30.

6. Winter wheat in the Ural region / L. T. Maltseva [et al.] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. No. 6. P. 14-18.
7. Pavlyuchenko A. U., Gridneva O. V., Piskareva L. A. Soil fertility and productivity of barley under the influence of fertilizers in fodder crop rotation // Agriculture. 2014. No. 7. P. 18-20.
8. Trusov V. I., Novichikhin A. M., Garmashov V. M. The state of winter crops in the Central Processing Plant and recommendations for caring for them in spring // Agriculture. 2015. No. 3. Pp. 12-14.
9. Yield and grain quality of winter rye depending on the long-term use of organic and mineral fertilizers / I. N. Belous [et al.] // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2015. Vol. 29. No. 7. P. 71-72.
10. Chemical composition of the arable layer of sod-medium podzolic medium loamy soil with prolonged use of fertilizers / I. Sh. Fatykhov [et al.] // Bulletin of Kazan State Agrarian University. 2014. Vol. 9. No. 4 (34). Pp. 107-110.
11. Chaikin V. V., Torop A. A., Rylkov A. I. Winter and drought resistance of winter rye in the conditions of the Central Chernozem region // Agriculture. 2017. No. 2. P. 32-36.
12. Shlyakhtina E. A., Rylova O. N. The results of the assessment of adaptive indicators of the signs "yield" and "number of fall" of winter rye varieties in the conditions of the Kirov region // Grain farming of Russia. 2020. № 3 (69). Pp. 38-42.
13. Efficiency of application of liquid and solid nitrogen mineral fertilizers in early spring fertilizing of winter wheat crops / A. N. Esaulko [et al.] // Agriculture. 2020. No. 3. P. 38-40.
14. Changes in soil carbon content and reserves under long-term field experiments in the Steppe zone of the Southern Urals / L. V. Galaktionova [et al.] // IOP Conference Series : Earth and Environmental Science. 2020. V. 579. P. 012088.
15. Cook R. L., Trilca A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in Southern Illinois // Agronomy Journal. 2016. Vol. 108. № 1. Pp. 415-426.
16. Effects of competition between short-rotation willow and weeds on performance of different clones and associated weed flora during the first harvest cycle / J. Albertsson [et al.] // Biomass and Bioenergy. 2014. Vol. 70. P. 364-372.
17. First Case of Conyza canadensis from Hungary with Multiple Resistance to Glyphosate and Flazasulfuron / C. Palma-Bautista [et al.] // Agronomy. 2018. V. 8 (8). P. 157.
18. Kraehmer H., Laber B. Herbicides as weed control agents: state of the art: I. Weed control research and safener technology: the path to modern agriculture // Plant Physiol. 2014. V. 166. P. 1119-1131.
19. Long-term tillage on yield and water use of grain sorghum and winter wheat // use of grain sorghum and winter wheat / A. J. Schiegl [et al.] // Agronomy Journal. 2018. Vol. 110. № 1. Pp. 269-280.
20. The effect on nitrate nitrogen on barley yield on chernozem of the southern steppe zone of Southern Urales / V. Yu. Skorokhodov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 624. P. 012202.
21. Weed dynamics and conservation agriculture principles / C. M. Pittelkow [et al.] // A review. 2015. V. 183. P. 56-68.
22. Weed community responses to rotations with cover crops in maize-based conservation agriculture systems of Zimbabwe / B. Mhlanga [et al.] // Crop Protection. 2015. Vol. 69. P. 1-8.

Information about the authors:

Skorokhodov Vitaly Yuryevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher of the Department of "Agriculture and PCT", FGBNU FSC BST RAS (460051, Orenburg region, Orenburg, Gagarin ave. 27/1)

ORCID: 0000-0003-4179-7784 E-mail: skorokhodov.vitali1975@mail.ru.

Информация об авторах:

Скороходов Виталий Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела «Земледелия и РСТ», ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (460051, Оренбургская область, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1)

ORCID: 0000-0003-4179-7784 E-mail: skorokhodov.vitali1975@mail.ru.

THE RESULTS OF THE INTRODUCTION AND PROSPECTS OF THE PERSIMMON CULTURE «*DIOSPYROS VIRGINIANA*» IN THE EASTERN CAUCASUS

G. A. Surkhaev, I. G. Surkhaev, G. M. Surkhaeva

"North Caucasus Branch of the Federal State Budget Scientific Institution
«Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Sciences» Achikulak, Russia

Received 09.06.2021

Submitted 16.09.2021

Summary

The article presents the results of the long-term adaptation of the virgin persimmon on the Tersko-Kuma sands, for the purpose of expanding the range of subtropical fruit crops in the phytomelioration of the arid lands of the Eastern Caucasus.

Abstract

Introduction. The relevance is due to the need to expand the range of biodiversity of stress-resistant and economically valuable subtropical crops-introducers in the forest agricultural development of the Tersko-Kumsky sands of the Eastern Caucasus. **Object.** The object of study is a comprehensive assessment of adaptation and the prospects for using the endemic of the North American continent - virgin persimmon - a woody fruit plant for the purpose of complex reclamation of arid lands in the region. **Materials and methods.** The material was obtained from the introduction areas of persimmon culture «*Diospyros virginiana*» laid at the experimental range of the Achikulak Scientific Research Forest Experimental Station in 1997 and 2012. **Results and conclusions.** Experimental crops of persimmon culture «*Diospyros virginiana*» created from a seed sample (0.5 kg.) Provided by the Research Institute of Agriculture of Iowa (USA), became the object of studying the assessment of its naturalization in the arid zone of the Eastern Ciscaucasia. Based on the results of long-term phenological, bioecological, breeding studies, a high potential for persimmon adaptation was established, in the course of studying the growth, stress resistance, productivity and shaping of introducer plants in experimental plantations, substantiating the real prospect of introducing an economically valuable endemic culture into the reclamation of low-productive sandy lands in the arid region.

Key words: persimmon, culture, naturalization, planting, phenotype, sand, introduction, reclamation, adaptation.

Citation. Surkhaev G. A., Surkhaev I. G., Surkhaeva G. M. The results of the introduction and prospects of the persimmon culture «*Diospyros virginiana*» in the Eastern Caucasus. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 118-125 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-12.

Author's contribution. The authors of this study collected the material, analyzed the data obtained, and wrote a manuscript.

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

УДК 631:586.6

ИТОГИ ИНТРОДУКЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ КУЛЬТУРЫ ХУРМЫ ВИРГИНСКОЙ В ВОСТОЧНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ

Г. А. Сурхаев, кандидат сельскохозяйственных наук

И. Г. Сурхаев, кандидат сельскохозяйственных наук

Г. М. Сурхаева, научный сотрудник

Северо-Кавказский филиал Федерального государственного бюджетного научного
учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН», с. Ачикулак, Россия

Дата поступления в редакцию 09.06.2021

Дата принятия к печати 16.09.2021

Актуальность. Обусловлена необходимость расширения ассортимента биоразнообразия стрессоустойчивых и хозяйственно-ценных субтропических культур-интродуцентов в лесо-аграрном освоении Терско-Кумских песков Восточного Предкавказья. **Объект изучения** –

комплексная оценка адаптации и перспективы использования эндемика Североамериканского континента – хурмы виргинской – древесного плодового растения в целях комплексной мелиорации аридных земель региона. **Материалы и методы.** Материал получен с интродукционных участков хурмы виргинской, которые были заложены на экспериментальном полигоне Ачикулакской НИЛОС в 1997 и 2012 годы. **Результаты и выводы.** Опытные культуры хурмы виргинской, созданные от образца семян (0,5 кг), предоставленного НИИ сельского хозяйства штата Айова (США), стали объектом изучения оценки ее натурализации в аридной зоне Восточного Предкавказья. По итогам многолетних фенологических, биоэкологических, селекционных исследований установлен высокий потенциал адаптации хурмы в ходе изучения роста, стрессоустойчивости, продуктивности и формообразования растений-интродуцентов в экспериментальных насаждениях, что является обоснованием реальной перспективы внедрения хозяйственно-ценной эндемичной культуры в мелиорацию низкопродуктивных песчаных земель аридного региона.

Ключевые слова: хурма виргинская, интродукция хурмы, растения-интродуценты, условия возделывания хурмы виргинской.

Цитирование. Сурхаев Г. А., Сурхаев И. Г., Сурхаева Г. М. Итоги интродукции и перспективы культуры хурмы виргинской в Восточном Предкавказье. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 118-125. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-12.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В работе приведены результаты интродукционных, биоэкологических, селекционных исследований хурмы виргинской в опытных насаждениях Ачикулакской НИЛОС в Восточном Предкавказье. Здесь адаптируемая культура, по данным мониторинга, успешно натурализована в условиях континентального климата региона, о чем свидетельствуют показатели многолетнего (15 лет) динамичного роста деревьев в высоту (до 8 м) и по диаметру (до 22 см), нормального их фенологического развития (цветение, плодоношение и др. фазы), а также высокой стрессоустойчивости интродуцентов к экстремальным летним (до + 35-40 °С) и зимним (минус 25-30 °С) температурам местности.

Хурма виргинская – эндемик флоры североамериканского континента – ценное субтропическое растение, чьи плоды – кладезь витаминов, микроэлементов, органических кислот и других полезных веществ. Однако их малоразмерность (2-3 см в диаметре) и многосемянность (6-9 шт.), а также ограниченный ассортимент экоустойчивых и урожайных форм и сортов культуры существенно сдерживают широкое ее распространение за пределы ареала естественного произрастания. И в этой связи полученные результаты биоэкологической и биопродуктивной оценки стрессоустойчивых, крупноплодных, малосемянных и других хозяйственно-ценных фенотипов, отобранных в ходе биоэкологической и селекционной оценки деревьев хурмы в опытных насаждениях Ачикулакской НИЛОС, могут способствовать продвижению культуры хурмы в южные, благоприятные биоклиматические районы нашей страны, в целях комплексной мелиорации малоплодородных песчаных земель аридной зоны Восточного Предкавказья.

Материалы и методы. Опытные насаждения хурмы виргинской занимают небольшую площадь (около 0.5 га) на интродукционном участке Ачикулакской НИЛОС ФНЦ агроэкологии РАН, в аридной части (Терско-Кумское междуречье) Восточного Предкавказья. Закладывались объекты посадки сеянцев, выращенных на начальном этапе из небольшого образца семян (0,5 кг) предоставленного НИИ сельского хозяйства штата Айова (США), а после из посевного материала, полученного уже с плодо-

носящих деревьев, в опыте адаптации хурмы виргинской в регионе. В них интродукционные и биоэкологические исследования, а также первичная селекция лучших форм плодовых деревьев проводились с использованием современных методических разработок в субтропическом плодоводстве [6].

Результаты и обсуждение. Объект исследований – хурма виргинская – эндемичное древесное плодовое растение флоры Североамериканского континента (юго-восточные районы США), культура которой успешно продвинулась далеко на север страны, вплоть до штата Онтарио (Канада), однако, в силу указанных выше причин, она за пределами естественного ареала пока не получила широкого распространения [4, 7, 11]. Итоги выполненной работы имеют целью способствовать расширению биоразнообразия культурной флоры региона внедрением хурмы виргинской в лесоаграрное освоение аридных земель Восточного Предкавказья.

Изучаемая культура относится к роду *Diospyros*, семейству Ebenaceae, деревья которой в естественном ареале достигают 20-25 м в высоту и 80-100 см в диаметре [8]. Листья большие, яйцевидной или овальной формы, темно-зеленого окраса длиной 8-14 см и более, цветки мелкие (1,0-1,5 см), плоды многосемянные (5-10 шт.) шаровидной или конической формы, небольшие, диаметром 2-3 см и массой 11-14 г, а отдельные – до 25 г, желто-оранжевого, желто-красного или желтого цвета, с сизым налетом, у которых семена крупные (до 0,5 г) темно-коричневые, плоские, овальной формы [1, 5].

В плодах хурмы большое содержание витаминов (А, С, РР, В и др.), минеральных веществ (кальций, железо, йод, магний и др., всего 25 микро- и макроэлементов) и органических кислот (янтарная, линолевая, олеиновая и др.), а уровень сахара выше, чем у винограда, персика и инжира [2, 12].

В культуре ее деревья чрезвычайно толерантны к экологическим условиям; растут и плодоносят даже на малоплодородных каменистых, известковых и песчаных почвах, а по зимостойкости они стоят в ряду самых устойчивых субтропических плодовых растений, выдерживая морозы до 27-30 °С без сильного обмерзания надземной части [3, 9].

В России работы по интродукции хурмы виргинской начаты сравнительно недавно (30-40 лет назад) и почти одновременно в разных теплообеспеченных регионах страны (Крым, Кубань, Ставрополье) [10].

Терско-Кумская провинция Восточного Предкавказья, где проводились исследования по ее натурализации, обладает значительным термическим потенциалом территории (сумма активных температур 3700-4100 °С) и благоприятными эдафическими условиями ее выращивания. Здесь в онтогенезе, по данным фенологических наблюдений, вегетация хурмы виргинской начинается в середине весны (многолетняя дата – 16 апреля) с распускания почек, вначале верхушечных, а после (через 2-3 дня) нижележащих в кроне побегов. Однако до начала мая, ростовые процессы на них протекают довольно медленно; за 20 дней прирост побегов составляет всего 14-17 см, но после установления суперактивных среднесуточных температур воздуха (выше +15 °С) в регионе, со второй декады мая, темпы роста их заметно возрастают (у основных до 12-14 см, а боковых – 5-7 см за декаду). Бутонизация хурмы проходит ускоренно (7-9 дней), в период третьей декады мая. Фаза цветения интродуцентов наступает в начале июня (2-4), а массовое – спустя 10-12 дней в продолжение 5-7 дней. Особенность ее в том, что пестичные цветки раскрываются на 2-3 дня позже мужских.

За вегетацию у хурмы наблюдаются две волны роста, из которых на первую, более продолжительную по времени (73-77 дней) приходится около 70 % общего прироста побегов. После его завершения (3 декада июня) наступает двухнедельная при-

остановка («замирание») ее ростовых процессов на время формирования завязи плодов, после чего со второй декады июля и до начала августа наблюдается уже вторая, непродолжительная волна роста хурмы виргинской в районе её адаптации, а активный рост завязи продолжается 53-57 дней, до начала сентября, когда плоды обретают окончательную форму. Единичное их созревание отмечается в начале октября, а массовое – в конце месяца. Длительная (195-205 дней) сезонная вегетация культуры завершается короткой фазой листопада в конце октября – начале ноября (таблица 1).

Таблица 1– Фенология развития хурмы виргинской в Восточном Предкавказье

Table 1 – Phenology of the development of virgin persimmon in the Eastern Ciscaucasia

Распускание почек / Budding	Облиствление побегов / Leafing of shoots	Бутонизация / Budding	Цветение / Flowering			Созревание плодов / Fruit ripening		Листопад деревьев / Deciduous Trees	
			Начало / start	Массовое / mass	Конец / end	единичное / single	массовое / mass	начало / start	массовое / mass
15.04	29.04	26.05	03.06	1.06	29.06	08.10	16.10	22.10	29.10

В новых почвенно-климатических условиях адаптации хурмы ювенильный период (до 5 лет) развития растений-интродуцентов сопровождается активным ростом верхушечного побега почти до трехметровой высоты (283 см) и стержневого корня вглубь песчаной толщи почвы (320 см), с формированием ярусного скелета корневой системы, а продолжительный (15 лет) опыт натурализации культуры отмечен устойчивой динамикой роста и урожайности деревьев (рисунок 1).

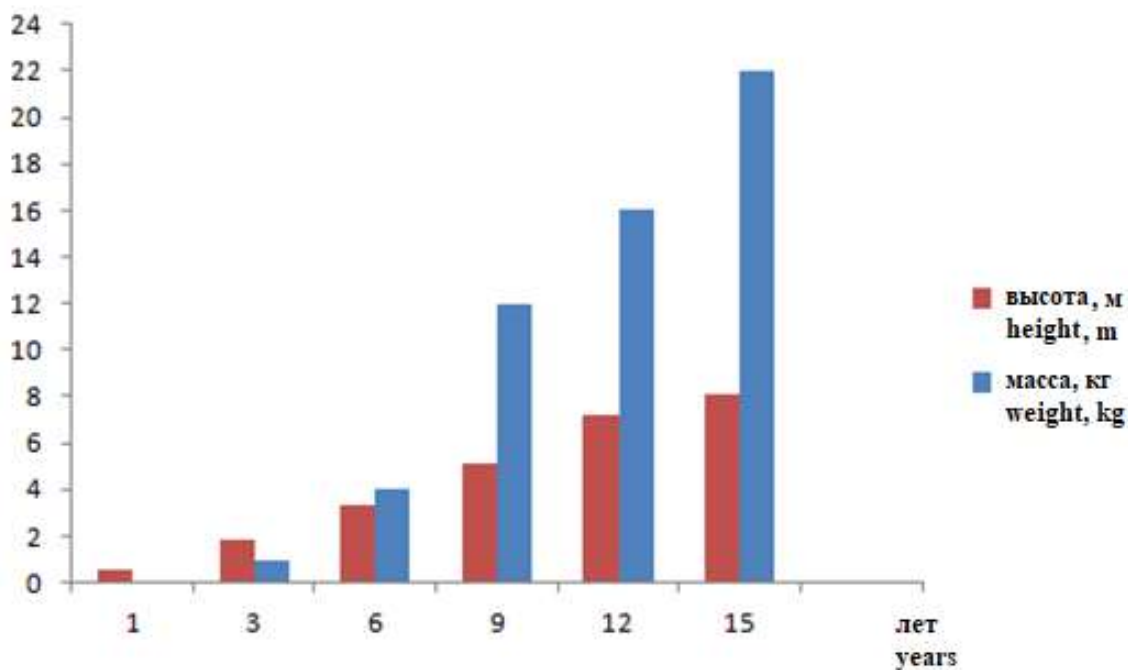


Рисунок 1 – Динамика роста и урожайности интродуцентов хурмы виргинской в онтогенезе

Figure 1 – Dynamics of growth and productivity of introduced virgin persimmon in ontogenesis

Так как опытные насаждения создавались не вегетативным, а семенным посадочным материалом, то в них у хурмы, в ходе мутации морфогенетических признаков образовалось большое разнообразие фенотипов растущих деревьев, по форме кроны (раскидистая, столбчатая, шаровидная), качеству плодов (крупноплодный, малосемянный, среднесемянный, бессемянный) и экологической устойчивости (среднеустойчивый, устойчивый, очень устойчивый).

В условиях умеренного климата Восточного Предкавказья термические ресурсы теплого периода вполне благоприятствуют успешной адаптации хурмы виргинской, но стабильная продуктивность ее культуры здесь зависит от морозоустойчивости форм и сортов участвующих в формировании плантационных насаждений. И поэтому отобранные селекционной оценкой в опытных насаждениях стрессоустойчивые фенотипы деревьев с высокой толерантностью к экстремально низким зимним температурам местности, имеют значительную перспективу для широкого внедрения американской хурмы в частное садоводство и фитомелиорацию песков региона.

Оценка их морозоустойчивости показывает, что в холодном сезонном периоде, морозные температуры до 21-25 °С ниже нуля, представляют устойчивый порог зимовки хурмы в регионе, но и более сильное ее понижение до 27-30 °С сопровождается лишь слабой и средней степенью повреждения крон деревьев (таблица 2).

Таблица 2 – Оценка роста и стрессоустойчивости фенотипов хурмы в опытных насаждениях Ачикулакской НИЛОС

Table 2 – Assessment of the growth and stress resistance of persimmon phenotypes in experimental stands of the Achikulak NILOS

Фенотип / Phenotype	Высота, м / Height, m	Диаметр, см / Diameter, cm	Форма кроны / Crown shape	Балл повреждения кроны дерева от морозных температур, °С / The point of damage to the crown of the tree from frosty temperatures, °С			
				21	24	27	30
Средне- устойчивый / Medium-resistant	6,5	19,8	Раскидистая/ Sprawling	0	0	2	3
Устойчивый / Stable	7,1	18,3	Овальная / Oval	0	0	2	2
Очень – устойчивый / Very-stable	6,8	19,1	Овальная / Oval	0	0	1	2

Примечание: 0-повреждения отсутствуют, 1- единичные повреждения, 2- слабая степень повреждений, 3-средняя степень повреждений

В опытных насаждениях по селекционной оценке отобраны и другие хозяйственно-ценные фенотипы, у которых крупные по размеру и массе плоды, имеющие округлую и округло- сплюснутую форму с присущим, желтым, желто-оранжевым цветом, со сладкой, желеобразной их мякотью, деревья которых отличаются небольшим габитусом: Н 6,1-6,4 м и D 15,8 -16,9 см и компактной кроной (таблица 3).

Неменьшей перспективой обладает еще одна группа деревьев, в составе которых малосемянные и бессемянные фенотипы культуры, отобранные в ходе первичной селекции хурмы в опытных насаждениях. Они отличаются большим объемным весом мякоти плодов и значительно меньшим (в 2-3 раза) содержанием в них семян или вовсе их отсутствием. Товарно-помологическая оценка дана трем лучшим формам, в структуре урожая малосемянных плодов которых количество семян не превышает 2-5 шт. (таблица 4).

Таблица 3 – Товарно-помологическая оценка выделенных крупноплодных фенотипов хурмы виргинской в опытном насаждении

Table 3 – Commodity-pomological evaluation of the selected large-fruited phenotypes of persimmon virginiana in the experimental planting

Фенотип / Phenotype	Размеры/ плода, см x см / Fruit size, cm x cm	Масса плода, г / Fruit weight, g	Цвет плода / Fruit color	Форма плода / Fruit shape	Кол-во семян, шт / Number of seeds, pcs	Консистенция / Consistency	Лёжкость дни / Shelf life days	Созреваемость / Maturation rate	Урожайность деревьев, кг / Tree yield, kg
Средний / Average	2,8x3,0	20,6	Красный / Red	Овальное / Oval	5-7	Желе-образная / Jelly.-shaped	8-10	Рано созре-ваемый / early warmed up	31,7
Крупный / Large	3,4x3,8	36,3	Желто-оранжевый / yellow orange	Округло-сплюснутое / Rounded-Flattened	4-6	Желе-образная / Jelly.-shaped	10-12	Рано созре-ваемый / early warmed up	28,3
Очень Крупный /	4,2 x 4,3	44,7	Оранжевый / Orange	Округлое / Rounded	4-8	Желе-образная / Jelly.-shaped	12-15	Поздно созре-ваемый / It's late warmed up	27,1

Таблица 4 – Характеристика лучших товарно-помологических форм хурмы виргинской в опытном насаждении

Table 4 – Characteristics of the best commercial forms of virgin persimmon in experimental planting

Фенотип / Phenotype	Возраст, лет / Age, Years	Высота, м / Height, M	Урожай-ность, кг/дер / Yield, kg / der	Масса плода, г / Fruit weight, g	Цвет / Colour	Форма кроны / Crown shape	Кол-во семян, шт. / Number of seeds, pcs
Бессемян-ный / Seedless	9	5,6	23,7	23,3	Зеленова-то-желтый / Greenish-yellow	Шаровидная / Spherical	0
Малосе-мянный / Low-seeded	9	5,2	24,8	24,1	Оранжевый / Orange	Овальная / Oval	1-3
Среднесе-мянный / Monthly Average	9	5,8	26,1	21,5	Светло-оранжевый /	Овальная / Oval	2-5

Выводы. Итоги многолетних интродукционных исследований хурмы виргинской в Восточном Предкавказье свидетельствуют о высокой степени ее натурализации в новых почвенно-климатических условиях выращивания и реальной перспективе рас-

ширения границ ареала культуры на песчаных почвах обширного региона, созданием насаждений многоцелевого назначения; фитомелиоративные, плодосборные, листовые, декоративные и др. их виды.

Библиографический список

1. Корзун Б. В., Лагошина А. Г. Особенности роста и развития хурмы в условиях предгорий Адыгеи // Вестник АГУ. 2018. № 4 (231). С. 188-191.
2. Омаров М. Д. Хурма восточная (*Diospyros kaki*) и ее лечебные свойства // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 2 (34). С. 157-161.
3. Омаров М. Д., Кулян Р. В. Создание новых форм хурмы восточной на Черноморском побережье Краснодарского края // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. № 2. С. 23-26.
4. Омаров М. Д., Омарова З. М. Биологические особенности хурмы виргинской (*Diospyros virginiana* L.) // Новые технологии. 2020. Т. 16. № 5. С. 80-86.
5. Рындин А. В., Загиров Н. Г., Ибрагимов Н. Г. Биологическая оценка интродуцированных сортов хурмы в сухих субтропиках Южного Дагестана // Овощи России. 2019. № 3 (47). С. 116-120.
6. Рындин А. В., Белоус О. Г. Использование физиолого-биохимических методов для выявления механизмов адаптации субтропических, южных плодовых и декоративных культур в условиях субтропиков России // Сельскохозяйственная биология. 2014. Т. 49. № 3. С. 40-48.
7. Сурхаев Г. А., Сурхаева Г. М., Рыбашлыкова Л. П. Фитопродуктивный потенциал хурмы виргинской в опыте листовых насаждений // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2020. № 3 (59). С. 1-8.
8. Сурхаев Г. А., Сурхаев И. Г., Манаенков А. С. Перспективы развития культуры хурмы виргинской в связи с интродукцией в Восточном Предкавказье: научно-методическое пособие. Волгоград: ФНИЦ агроэкологии РАН, 2018. 10 с.
9. Хужахметова А. Ш., Свинцов И. П., Семенютина В. А. Эколого-хозяйственный потенциал субтропических растений для искусственных сухостепных насаждений многоцелевого назначения // Успехи современного естествознания. 2019. № 9. С. 31-35.
10. Omarov M. D., Kulyan R. V., Omarova Z. M. Chinese persimmon in the collection of VNIIT-SISK is the basis for identifying sources of economically valuable traits // Fruit and berry production in Russia. 2018. Vol. 55. P. 46-53.
11. Omarov M. D., Omarova Z. M. The architectonics of the Chinese persimmon root system depending on the root stock and relief // New technologies. 2019. Iss. 4 (50). P. 174-182.
12. Shazia Vaqub Chemistry and Functionality of Bioactive Compounds Present in Persimmon // Journal of Chemistry. 2016. Vol. 21. № 3. P. 13-16.

Conclusions. The results of long-term introduction studies of the virgin persimmon in the Eastern Ciscaucasia indicate a high degree of its naturalization in the new soil and climatic conditions of cultivation and the real prospect of expanding the boundaries of the culture area on sandy soils of the vast region, creating multi-purpose plantings; phytomeliorative, fruit-gathering, leaf-gathering, decorative, and other types of them.

References

1. Korzun B. V., Lagoshina A. G. Features of persimmon growth and development in the foothills of Adygea // Bulletin of ASU. 2018. No. 4 (231). P. 188-191.
2. Omarov M. D. Eastern persimmon (*Diospyros kaki*) and its medicinal properties // Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2018. № 2 (34). Pp. 157-161.
3. Omarov M. D., Kulyan R. V. Creation of new forms of eastern persimmon on the Black Sea coast of the Krasnodar Territory // Bulletin of the Michurinsky State Agrarian University. 2015. No. 2. P. 23-26.

4. Omarov M. D., Omarova Z. M. Biological features of the Virgin persimmon (*Diospyros virginica* L.) // *New technologies*. 2020. Vol. 16. No. 5. P. 80-86.
5. Ryndin A. V., Zagirov N. G., Ibragimov N. G. Biological assessment of introduced persimmon varieties in the dry subtropics of Southern Dagestan // *Vegetables of Russia*. 2019. № 3 (47). Pp. 116-120.
6. Ryndin A. V., Belous O. G. The use of physiological and biochemical methods to identify the mechanisms of adaptation of subtropical, southern fruit and ornamental crops in the subtropical conditions of Russia // *Agricultural Biology*. 2014. Vol. 49. No. 3. P. 40-48.
7. Surkhaev G. A., Surkhaeva G. M., Rybashlykova L. P. Phytoproductive potential of virgin persimmon in the experience of leaf-collecting plantings // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky agro-university complex*. 2020. № 3 (59). P. 1-8.
8. Surkhaev G. A., Surkhaev I. G., Manaenkov A. S. Prospects for the development of the culture of the virgin persimmon in connection with the introduction in the Eastern Pre-Caucasus // *Scientific and methodological manual*. Volgograd-Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2018. 10 p.
9. Khuzhakhmetova A. Sh., Svintsov I. P., Semenyutina V. A. Ecological and economic potential of subtropical plants for artificial dry-steppe plantings of multi-purpose purpose // *Uspekhi sovremennogo naturalizaniya*. 2019. No. 9. P. 31-35.
10. Omarov M. D., Kulyan R. V., Omarova Z. M. Chinese persimmon in the collection of VNIIT-SISK is the basis for identifying sources of economically valuable traits // *Fruit and berry production in Russia*. 2018. Vol. 55. P. 46-53.
11. Omarov M. D., Omarova Z. M. The architectonics of the Chinese persimmon root system depending on the root stock and relief // *New technologies*. 2019. Iss. 4 (50). P. 174-182.
12. Shazia Vaqub Chemistry and Functionality of Bioactive Compounds Present in Persimmon // *Journal of Chemistry*. 2016. Vol. 21. № 3. P. 13-16.

Author's information

Surkhaev Hasan Abdulkadirovich, Leading Researcher of the North Caucasus Branch of the Federal Tax Service of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 356890, Stavropol Territory, Neftekumsky district, Achikulak village, Proletarskaya str., 10), Candidate of Agricultural Sciences, e-mail: gasan2255@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6579-0918>.

Surkhaev Islam Hasanovich, Senior Researcher of the North Caucasus Branch of the Federal Tax Service of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 356890, Stavropol Territory, Neftekumsky district, Achikulak village, Proletarskaya str., 10), Candidate of Agricultural Sciences, e-mail: islam23051982@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0336-3555>.

Surgaeva, Gulnara Magomedovna, Researcher, North Caucasus Branch of the Federal Tax Service for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (10 Proletarskaya str., Stavropol Krai, Neftekumsky District, 356890, Russian Federation. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4440-6371>.

Информация об авторах

Сурхаев Гасан Абдулкадирович, ведущий научный сотрудник Северо-Кавказского филиала ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 356890, Ставропольский край, Невтекумский район, с. Ачикулак, ул. Пролетарская, 10), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: gasan2255@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6579-0918>.

Сурхаев Ислам Гасанович, старший научный сотрудник Северо-Кавказского филиала ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 356890, Ставропольский край, Невтекумский район, с. Ачикулак, ул. Пролетарская, 10), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: islam23051982@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0336-3555>.

Сурхаева Гульнара Магомедовна, научный сотрудник Северокавказского филиала ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 356890, Ставропольский край, Невтекумский район, с. Ачикулак, ул. Пролетарская, 10). ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4440-6371>.

REGULATION OF CROP-FORMING FACTORS OF VOLGOGRAD RICE WITH PERIODIC IRRIGATION IN THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

K. A. Rodin, E. S. Vorontsova

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia

Received 10.09.2021

Submitted 29.11.2021

Abstract

Introduction. Due to the high costs of irrigation water in most rice-growing areas, the Krasnodar Territory and the Rostov region, there is a problem of water scarcity in the agricultural production industry and other needs. The problem of water conservation in rice irrigation is not local to Russia, in the countries of Southeast Asia, Spain, Italy, Egypt and others, the same situation is emerging. All this actualized the need to search for new water-saving irrigation technologies for rice as the most water-intensive irrigated crop. One of the ways to solve this problem is seen in the development and development of irrigation technology for rice, as well as other crops of the bluegrass family, not by flooding checks, but by conducting periodic watering. **Object.** The results of studies on the influence of water and nutrient regimes on the characteristics of aerobic rice of the Volgogradsky variety are presented. **Materials and methods.** The scheme of the experiment was presented by the following variants: 1. Maintenance of the soil moisture level of 100-80% of the lowest moisture capacity in a layer of 0.6 m before watering for the entire vegetation of plants with the introduction of $N_{109}P_{62}K_{75}$ for an estimated yield of 5 t/ha, $N_{131}P_{74}K_{90}$ – 6.0 t/ha and $N_{157}P_{90}K_{108}$ – 7 t/ha; 2. The same as in variant 1 until the end of the tillering stage at a depth of 0.4 m, and from the tubing stage to grain ripening – 0.6 m with the introduction of fertilizers, as in variant 1; 3. Maintenance before watering the soil moisture level according to the scheme of variant 2 until the end of the stage of milk ripeness, and from the beginning of the stage of wax ripeness 100 - 70% of the smallest moisture capacity when applying fertilizers, as in variant 1. **Results and conclusions.** It was found that the earliest grain maturation occurred on rice crops in variant 1, while maintaining a soil moisture level of 80% of the lowest moisture capacity, $h = 0.6$ m before watering. The vegetation cycle of plants in this variant was completed in 108 days. The longest, 113 days, the growing season of rice was formed in the 2nd variant (80% of the lowest moisture capacity, $h = 0.4$ and 0.6 m), and in the 3rd variant of the experiment (80-70% of the lowest moisture capacity, $h = 0.4$ and 0.6 m) it was 3 days longer compared to 1 and 2 days shorter than 2. When applying fertilizers for a yield of 7 t / ha ($N_{157}P_{90}K_{108}$), the duration of the growing season of rice was maximum and amounted to 114 days. The results of the experiment showed the possibility of obtaining aerobic rice of the Volgogradsky variety 5, 6 and 7 tons/ha of grain with drip irrigation on crops in all studied variants. The most cost-effective for irrigation water was variant 3, where before the stage of the beginning of the wax ripeness of the grain, maintaining the soil moisture level before watering was variant 2, and at the stage of grain ripeness it was 100-70% of the lowest moisture capacity. So, if with a yield close to 5 t/ha of grain, irrigation water costs per 1 ton amounted to 959 thousand m^3 , then with a yield of 6 t/ha they decreased to 805 m^3 and 7 t/ha – 716 m^3 . This is less by 54-55 and 27-52 m^3/t compared to the variant 2 and variant 1, respectively.

Key words: rice, soil water regime, drip irrigation, mineral fertilizers, yield, irrigation water costs.

Citation. Rodin K.A., Vorontsova E.S. Regulation of crop-forming factors of Volgograd rice with periodic irrigation in the conditions of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 126-132 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-13.

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 631.674.6:633.18

**РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОЖАЕОБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ РИСА
СОРТА ВОЛГОГРАДСКИЙ ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ ОРОШЕНИИ
В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ****К. А. Родин**, кандидат сельскохозяйственных наук**Е. С. Воронцова**, кандидат биологических наук*ФГБНУ Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 10.09.2021

Дата принятия к печати 29.11.2021

Актуальность. Выращивание риса связано с большими затратами оросительной воды в большинстве рисоводческих зон, таких как Краснодарский край и Ростовская область, поэтому возникает проблема дефицита воды на сельскохозяйственное производство и другие нужды. Проблема водосбережения при орошении риса не является локальной для России: в странах Юго-Восточной Азии, Испании, Италии, Египте и др. складывается такая же ситуация. В связи с этим актуальна необходимость поиска новых технологий водосбережения при орошении риса. Разработка и освоение технологии орошения риса, как и других культур семейства мятликовых, не затоплением чеков, а проведением периодических поливов, является одним из путей решения данной проблемы. **Объект.** Излагаются результаты исследований по влиянию водного и питательного режимов на показатели характеристик аэробного риса сорта Волгоградский. **Материалы и методы.** Схема опыта была представлена следующими вариантами: 1. поддержание перед поливом уровня влажности почвы 100-80 % НВ в слое 0,6 м за всю вегетацию растений с внесением $N_{109}P_{62}K_{75}$ под предполагаемую урожайность 5 т/га, $N_{131}P_{74}K_{90}$ – 6,0 т/га и $N_{157}P_{90}K_{108}$ – 7 т/га; 2. поддержание перед поливом уровня влажности почвы 100-80 % НВ до конца стадии кущения на глубине 0,4 м, а от стадии трубкования до созревания зерна – в слое 0,6 м с внесением удобрений, как и в варианте 1; 3. поддержание перед поливом уровня влажности почвы по схеме варианта 2 до конца стадии молочной спелости, а с начала стадии восковой спелости 100-70 % НВ при внесении удобрений, как и в варианте 1. **Результаты и выводы.** Было выявлено, что самое раннее созревание зерна наступало на посевах риса в 1 варианте при поддержании перед поливом уровня влажности почвы 80% НВ, $h=0,6$ м. Цикл вегетации растений в этом варианте завершился за 108 суток. Наиболее длительным период вегетации риса сложился во 2 варианте (80% НВ, $h=0,4$ и 0,6 м) – 113 суток, а в 3 варианте опыта (80-70 % НВ, $h=0,4$ и 0,6 м) он был на 3 суток больше по сравнению с 1 вариантом и на 2 суток короче 2 варианта. При внесении удобрений под урожайность 7 т/га ($N_{157}P_{90}K_{108}$) длительность вегетации риса была максимальной и составила 114 суток. Результаты опыта показали возможность получения при капельном орошении на посевах аэробного риса сорта Волгоградский 5, 6 и 7 т/га зерна на всех изучаемых вариантах. Наиболее малозатратным по оросительной воде сложился 3 вариант, где до стадии начала восковой спелости зерна поддержание перед поливом уровня влажности почвы было по 2 варианту, а в стадию спелости зерна она была 100-70 % НВ. Так, если при урожайности, близкой к 5 т/га зерна, затраты оросительной воды на 1 т составляли 959 тыс. м³, то при урожайности 6 т/га они уменьшались до 805 м³ и 7 т/га – 716 м³. Это по сравнению со 2 вариантом меньше на 54-55 м³/т и 1 вариантом – на 27-52 м³/т.

Ключевые слова: сорта риса, водный режим почвы, капельное орошение риса, минеральные удобрения, урожайность риса, затраты оросительной воды.

Цитирование. Родин К. А., Воронцова Е. С. Регулирование урожаеобразующих факторов риса сорта Волгоградский при периодическом орошении в условиях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 126-132. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-13.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. По сложившейся традиции рис как в России, так и за рубежом, возделывают в условиях избыточного увлажнения почвы при затоплении поля слоем воды. Затраты воды на орошение при этом составляют 15-20 тыс. м³/га [1-6, 11]. С учетом потерь при транспортировании ее от источника орошения до рисового поля по каналам объем подаваемой воды возрастает до 17-36 тыс. м³ на 1 га. И это при том, что потребность рисового агроценоза в воде на эвапотранспирацию, т.е. испарение с водной и почвенной поверхности, транспирацию, изменяется в пределах 6-8 тыс. м³/га [3-7, 11].

В связи с большими затратами оросительной воды в большинстве рисоводческих зон (Краснодарский край и Ростовская область) возникает проблема дефицита воды в сельскохозяйственной производственной отрасли и на другие нужды [9]. Проблема водосбережения при орошении риса не является локальной для России: в странах Юго-Восточной Азии, Испании, Италии, Египте и др. складывается такая же ситуация [8, 11, 12]. В связи с этим актуальна необходимость поиска новых технологий водосбережения при орошении риса [5, 10]. Разработка и освоение технологии орошения риса, как и других культур семейства мятликовых, не затоплением чеков, а проведением периодических поливов, является одним из путей решения данной проблемы.

Целью исследований являлось обоснование возможности возделывания периодически поливаемого риса на системах капельного орошения, поддержание дифференцированного уровня влажности почвы между стадиями периодов и обеспечивающих его регламент поливов, доз внесения удобрений, способствующих получению планируемой урожайности.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились на опытном участке ФГБНУ ВНИИОЗ. Почва исследовательского участка слабощелочная, светло-каштановая тяжелосуглинистая. Содержание гумуса в пахотном слое в среднем за годы проведенных исследований составило 1,31 %, обеспеченность обменным калием и подвижным фосфором среднее, а азотом – низкое. Плотность почвы в расчетных слоях 0,0-0,4 и 0,0-0,6 м составляет соответственно 1,27 и 1,29 т/м³, наименьшая влагоёмкость – 24,9 и 23,8 % сухой массы почвы.

Исследования проводились на посевах аэробного сорта риса Волгоградский. Посев сеялкой СН-16 при прогревании почвы до 14 °С. Поливали опытные деланки капельными линиями.

Погодные условия за проведенные годы исследований по ГТК изменялись от очень засушливых до слабо засушливых.

Схема опыта была представлена следующими вариантами:

1. Поддержание уровня влажности почвы 100-80 % НВ перед поливом в слое 0,6 м за всю вегетацию растений с внесением N₁₀₉P₆₂K₇₅ под предполагаемую урожайность 5 т/га, N₁₃₁P₇₄K₉₀ – 6,0 т/га и N₁₅₇P₉₀K₁₀₈ – 7 т/га.

2. Поддержание уровня влажности почвы 100-80 % НВ перед поливом до конца стадии кущения на глубине 0,4 м, а от стадии трубкования до созревания зерна – 0,6 м с внесением удобрений, как и в варианте 1.

3. Поддержание перед поливом уровня влажности почвы по схеме варианта 2 до конца стадии молочной спелости, а с начала стадии восковой спелости – 100-70 % НВ при внесении удобрений, как и в варианте 1.

Полевые опыты сопровождались наблюдениями, учетами и измерениями, анализом полученных данных, выполненными согласно общепринятым методикам опытного дела.

Результаты и обсуждение. Анализ результатов исследований показал, что самое раннее созревание зерна наступало на посевах риса в 1 варианте опыта. Здесь вегетация растений завершилась за 108 суток. Наиболее длительным, 113 суток, период вегетации

риса сложился во 2 варианте, а в 3 варианте опыта он был на 3 суток продолжительней по сравнению с 1 вариантом и на 2 суток короче 2 варианта. Уменьшение во 3 варианте по сравнению со 2 вариантом длительности вегетации риса объясняется снижением перед поливом уровня влажности на завершающем этапе вегетации с 80 до 70 % НВ, а увеличение по сравнению с 1 вариантом – более ранними сроками начала поливов.

Реакция растений риса на уровни минерального питания характеризуется самым ранним сроком уборочной спелости зерна, через 107 суток после сева, на фоне удобрений $N_{109}P_{62}K_{75}$, под предполагаемый урожай 5 т/га зерна. При внесении удобрений $N_{157}P_{90}K_{108}$ под урожайность 7 т/га длительность вегетации увеличилась на 7 суток и составила 114 суток. Это произошло из-за удлинения периодов между стадиями первой половины вегетации растений, до стадии выметывания метёлки, которая наступила на 5 суток позже по сравнению с внесением под урожайность 5 т/га. Увеличение длительности вегетации риса способствовало формированию более мощного фотосинтетического аппарата и, как следствие, повышению урожайности.

Результаты опыта показали возможность получения при капельном орошении на посевах аэробного риса сорта Волгоградский 5, 6 и 7 т/га зерна во всех изучаемых вариантах (таблица 1).

Таблица 1 – Сочетание антропогенно-регулируемых факторов, влияющих на планируемую урожайность риса

Table 1 – Combination of anthropogenic-controlled factors affecting the planned rice yield

Урожайность, т/га / Yield, t/ha		± к предполагаемой / ± to planned, %	Сочетание факторов / Combination of factors		Поливная вода, м³/га / Irrigation water, m³/ha	Затраты поливной воды, м³/т / Irrigation water costs, m³/t
предполагаемая / planned	в варианте / in the variant		водный режим почвы, % НВ / water regime of the soil, % of the lowest moisture capacity	дозы минеральных удобрений, кг д. в./га / doses of mineral fertilizers, kg of active substance per hectare		
5,00	4,88	- 2,4	80 (h = 0,6 m)	$N_{109}P_{62}K_{75}$	4933	1011
	5,29	+5,8	80 (h = 0,4 and 0,6 m)		5357	1013
	5,13	+2,6	80 and 70 (h = 0,4 and 0,6 m)		4920	959
6,00	5,70	-3,0	80 (h = 0,6 m)	$N_{131}P_{74}K_{90}$	4933	854
	6,23	+3,8	80 (h = 0,4 and 0,6 m)		5357	860
	6,11	+1,83	80 and 70 (h = 0,4 and 0,6 m)		4920	805
7,00	6,64	-5,1	80 (h = 0,6 m)	$N_{157}P_{90}K_{108}$	4933	743
	6,95	-0,71	80 (h = 0,4 and 0,6 m)		5357	771
	6,87	-1,86	80 and 70 (h = 0,4 and 0,6 m)		4920	716

Близкая к 5,0 т/га урожайность формировалась на фоне внесения удобрений $N_{109}P_{62}K_{75}$, равна разнице выноса элементов минерального питания предполагаемой урожайности и наличия их в почве в доступных для растений формах.

Такая урожайность формировалась во всех 3 вариантах опыта. Однако во 2 варианте, где поддержание перед поливом уровня влажности почвы 100-80 % НВ до конца стадии кущения в слое 0,4 м с дальнейшим углублением его до 0,6 м, затраты воды по оросительной норме и на формирование единицы урожая сложились самыми высокими. Наиболее малозатратным по оросительной воде получился 3 вариант, где до стадии начала восковой спелости зерна поддержание перед поливом уровня влажности почвы было по 2 варианту,

а в стадию спелости зерна она была 100-70 % НВ. Поддержание уровня влажности почвы на данном уровне перед поливом создавалось проведением 13 или 16 поливов в разные по метеорологическим условиям годы, в числе которых от 2 до 5 поливов были величиной $250 \text{ м}^3/\text{га}$, 8-10 поливов – $370 \text{ м}^3/\text{га}$ и 1 полив – $550 \text{ м}^3/\text{га}$. Оросительная норма при этом составила $4920 \text{ м}^3/\text{га}$ в среднем за 3 года, что на $437 \text{ м}^3/\text{га}$ меньше по сравнению со 2 вариантом и на 13 м^3 - с первым вариантом. Затраты оросительной воды на 1 т зерна в 3 варианте водного режима – 959 м^3 , что на 52 м^3 ниже первого варианта, на 54 м^3 – второго варианта и способствует экономии оросительной воды не менее $250 \text{ м}^3/\text{га}$.

Предполагаемая урожайность 6 и 7 т/га зерна риса формировалась в трех вариантах поддержания перед поливом уровня влажности почвы, но с высоким фоном внесения удобрений $\text{N}_{131}\text{P}_{74}\text{K}_{90}$ и $\text{N}_{157}\text{P}_{90}\text{K}_{108}$ соответственно. Улучшение фона минерального питания растений за счёт внесения удобрений способствовало росту урожайности и сопровождалось повышением эффективности использования оросительной воды. Так, если при урожайности, близкой к 5 т/га зерна, затраты оросительной воды на 1 т составляли около 1 тыс. м^3 , то при урожайности 6 т/га они уменьшались до $805\text{-}860 \text{ м}^3$ и при 7 т/га – $716\text{-}771 \text{ м}^3$.

Эффективность капельного орошения риса характеризуется снижением затрат оросительной воды по сравнению с традиционным в Российской Федерации затоплением чеков слоем воды в 3-5 и более раз, дождеванием – на 15-20 %. Рентабельность возделывания этой культуры в зависимости от уровня урожайности изменялась в пределах 45-90 %.

Выводы. По результатам проведенного исследования, самым рациональным является вариант, предусматривающий поддержание перед поливом уровня влажности почвы 100-80 % НВ от посева до конца стадии кущения на глубине 0,4 м с дальнейшим углублением его до 0,6 м. В стадии начала восковой спелости зерна, когда среднее за сутки потребление воды растениями снижается, уровень влажности почвы необходимо опустить с 80 до 70 % НВ.

Для поддержания перед поливом уровня влажности почвы по такой схеме на системах капельного орошения в разные по сумме и распределению осадков годы в условиях Нижнего Поволжья требуется проведение от 13 до 16 поливов, в числе которых 2-5 поливов величиной $250 \text{ м}^3/\text{га}$, 8-10 поливов – величиной $370 \text{ м}^3/\text{га}$ и 1 полив – величиной $550 \text{ м}^3/\text{га}$. Сочетание такого поддержания перед поливом уровня влажности почвы с внесением удобрений $\text{N}_{109}\text{P}_{62}\text{K}_{75}$ обеспечивает выход урожайности риса на уровне 5,0 т/га с превышением в среднем за три года на 2,6 %, при $\text{N}_{131}\text{P}_{74}\text{K}_{90}$ – 6,0 т/га с превышением на 1,8% и $\text{N}_{157}\text{P}_{90}\text{K}_{108}$ – 7 т/га с недобором до предполагаемого уровня на 1,9 %.

Библиографический список

1. Балакай Г. Т., Докучаева Л. М. К вопросу разработки норм водопотребности риса и водопотребления с рисовых оросительных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 3 (31). С. 1-22.
2. Бородычев В. В., Дедова Э. Б., Шабанов Р. М. Технология возделывания риса на мелиоративных системах общего назначения при орошении дождеванием // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 20-29.
3. Водный режим почвы и дозы макроудобрений при возделывании риса на системах капельного орошения / И. П. Кружилин [и др.] // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 2. С. 12-15.
4. Ионов Л. П., Арыкбаев Р. К. Агробиологические и экономические аспекты выращивания Российских и Иранских сортов риса рассадным способом при прерывистом орошении в условиях дельты Волги // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 3. С. 43-56.

5. Менее водозатратная и экологически предпочтительная технология орошения риса периодическими поливами И. П. Кружилин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 49-55.

6. Родин К. А., Невежина А. Б., Нарушев В. Б. Влияние водного и пищевого режимов почвы на изменение корневой массы и урожайности риса при капельном орошении // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С. 38-41.

7. Сочетание природных и антропогенно-регулируемых условий для получения различной урожайности риса с использованием систем капельного орошения / И. П. Кружилин [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 5. С. 41-44.

8. Agronomic growth performance of super rice under water-saving irrigation methods with different water-controlled thresholds in different growth stages / C. Zheng [et al.] // Agronomy. 2020. V. 10. I. 2. P. 239.

9. Effects of impulse drip irrigation systems on physiology of aerobic rice / T. Parthasarathi [et al.] // Indian Journal of Plant Physiology. 2015. V. 20. P. 50-56.

10. Influence of water stress on phenological development, biomass production and yield of Malaysian aerobic and lowland rice / N. K. Zaman [et al.] // Australian Journal of Crop Science. 2019. V. 13. P. 1927-1935.

11. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). 2017. Vol. 12 (24). P. 7118-7123.

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

Conclusions. According to the results of the study, the most rational variant is to maintain before irrigation the soil moisture level of 100-80% of the lowest moisture capacity from sowing to the end of the tillering stage at a depth of 0.4 m with further deepening to 0.6 m. At the stage of the beginning of wax ripeness of grain, when the average daily water consumption by plants decreases, the soil moisture level must be lowered from 80 to 70% of the lowest moisture capacity.

To maintain the soil moisture level before irrigation according to this scheme, drip irrigation systems in different years in terms of the amount and distribution of precipitation in the conditions of the Lower Volga region it is required from 13 to 16 irrigations, including 2-5 irrigations with a value of 250 m³/ha, 8-10 irrigations with a value of 370 m³/ha and 1 irrigation with a value of 550 m³/ha. The combination of such maintenance of the soil moisture level before irrigation with the introduction of fertilizers N₁₀₉P₆₂K₇₅ ensures the yield of rice at the level of 5.0 t/ha with an average increase of 2.6% over three years, with N₁₃₁P₇₄K₉₀ - 6.0 t/ha with an increase of 1.8% and N₁₅₇P₉₀K₁₀₈ - 7 t/ha with a shortage to the expected level of 1.9%.

References

1. Balakaj G. T., Dokuchaeva L. M. K voprosu razrabotki norm vodopotrebnosti risa i vodopotrebleniya s risovyh orositel'nyh sistem // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2018. № 3 (31). S. 1-22.

2. Borodychev V. V., Dedova B., Shabanov R. M. Tehnologiya vozdeystviya risa na meliorativnyh sistemah obshchego naznacheniya pri oroshenii dozhdem // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 1 (45). S. 20-29.

3. Vodnyj rezhim pochvy i dozy makroudobrenij pri vozdeystvovanii risa na sistemah kapel'nogo orosheniya / I. P. Kruzhilin [i dr.] // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2017. № 2. S. 12-15.

4. Ionova L. P., Arykbaev R. K. Agrobiologicheskie i jekonomicheskie aspekty vyrashchivaniya Rossijskih i Iranskih sortov risa rassadnym sposobom pri preryvistom oroshenii v usloviyah del'ty Volgi // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 3. S. 43-56.

5. Menee vodozatrattaya i jkologicheski predpochtitel'naya tehnologiya orosheniya risa periodicheskimi polivami I. P. Kruzhilin [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 2 (54). S. 49-55.

6. Rodin K. A., Nevezhina A. B., Narushev V. B. Vliyanie vodnogo i pischevogo rezhimov pochvy na izmenenie kornevoj massy i urozhajnosti risa pri kapel'nom oroshenii // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 8. S. 38-41.

7. Sochetanie prirodnih i antropogenno-reguliruemih uslovij dlya polucheniya razlichnoj urozhajnosti risa s ispol'zovaniem sistem kapel'nogo orosheniya / I. P. Kru-zhilin [i dr.] // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2016. № 5. S. 41-44.

8. Agronomic growth performance of super rice under water-saving irrigation methods with different water-controlled thresholds in different growth stages / C. Zheng [et al.] // Agronomy. 2020. V. 10. I. 2. P. 239.

9. Effects of impulse drip irrigation systems on physiology of aerobic rice / T. Parthasarathi [et al.] // Indian Journal of Plant Physiology. 2015. V. 20. P. 50-56.

10. Influence of water stress on phenological development, biomass production and yield of Malaysian aerobic and lowland rice / N. K. Zaman [et al.] // Australian Journal of Crop Science. 2019. V. 13. P. 1927-1935.

11. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences (ARPN). 2017. Vol. 12 (24). P. 7118-7123.

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

Authors Information

Rodin Konstantin Anatolyevich, Senior Researcher of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (9 Timiryazev Street, Volgograd, 400002, Russia), A candidate of agricultural Sciences, tel. 8 (8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (9 Timiryazev Street, Volgograd, 400002, Russia), e-mail: esvoronts@mail.ru

Информация об авторах

Родин Константин Анатольевич, старший научный сотрудник ФБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), e-mail: esvoronts@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-14

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF GROWTH STIMULATORS ON THE MORPHOMETRIC INDICATORS OF STEMS *THUJA OCCIDENTALIS* AND *THUJA OCCIDENTALIS* «SMARAGD»

E.M. Feshchenko¹, E. V. Aminova¹, E. S. Vorontsova²

¹ Orenburg branch of the «Federal State Budget Scientific Institution of the Federal Research Gardening Center», Orenburg

² All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 28.08.2021

Submitted 27.10.2021

Summary

Scientific studies show that plant growth regulators improve the process of rooting cuttings. The vegetative method of reproduction of *Thuja occidentalis* with the use of growth regulators will increase the percentage of successfully rooted cuttings, improve their morphometric parameters, and as a result, better stability during further growth and development.

Abstract

Introduction. Vegetative reproduction of garden forms of Western thuja (green or lignified cuttings) is more effective. This issue requires a careful approach, since the effectiveness of reproduction depends on technological techniques and the selection of biologically active substances. **Object.** *Thuja occidentalis* and *Thuja occidentalis* «Smaragd». The studies were conducted in controlled conditions

of the stationary greenhouse of the Orenburg branch of the «Federal State Budget Scientific Institution of the Federal Research Gardening Center». **Materials and methods.** Cuttings of *Thuja occidentalis*, *Thuja occidentalis* «Smaragd» were collected from the middle tier of the crown on April 20, 2018-2020, from branches of the 2nd-3rd order of branching, the length of the cuttings was 10-11cm. The landing was carried out in closed ground conditions from polyvinyl chloride containers with an area of 0,5 m². The substrate used for planting cuttings: a mixture of sand and peat in a ratio of 3:1. Records of rooting cuttings were carried out on October 1, 2018-2020. The experiment involved 4 growth regulators: 1 – «Kornevin», 2 – «Heteroauxin», 3 – «Epin-extra», 4 – «Zircon», the control version – «water». The concentration of working solutions was set according to the instructions. The preparations were used during pre-planting soaking of cuttings, then 10 days after planting, then twice with an interval of 10 days. The repetition of the experiment is three-fold, with 30 cuttings in each. The studies were conducted in accordance with generally accepted methodological recommendations. The variability was studied according to the following indicators: rooting capacity of cuttings (in %); the number of roots on the cuttings (pcs); the total length of the roots (cm). For the statistical analysis, the average indicators for the observation period were used, the experimental data were processed by the method of variance analysis. **Results and conclusions.** The data of the vegetation experience indicate the effectiveness of the use of plant growth regulators on cuttings of *Thuja occidentalis* and *Thuja occidentalis* «Smaragd». The root system of cuttings is most responsive to the introduction of the growth regulator «Zircon»: the length of the roots was 22.01-23.61 cm (280-287 % higher than the control); the number of roots was 4.23-9.65 pcs (83-89 %). Also, hydroxycinnamic acids in the composition of «Zircon» contribute to an increase in the percentage of rooting of cuttings by 97-99%, which is equivalent to 43.03-44.19% of cuttings of the variant. Based on the results of the assessment of the effect of biologically active drugs on cuttings of *Thuja occidentalis* and *Thuja occidentalis* «Smaragd», the expediency of further research in the selection of substances with growth-regulating and adaptogenic properties for use on coniferous cuttings, in particular the above-mentioned representative of the *Cupressaceae* family and its varieties is confirmed.

Keywords: *Thuja occidentalis*, *Thuja occidentalis* «Smaragd», cuttings, plant growth regulator, rooting/

Citation. Feshchenko E.M., Aminova E.V., Vorontsova E.S. Assessment of the effect of growth stimulators on the morphometric indicators of stems *Thuja occidentalis* and *Thuja occidentalis* «Smaragd». *Proc. of the Lower Volga Agro-university Comp.* 2021. 4(64). 132-141 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-14.

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

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

УДК 631.811.98

ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЯ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРЕНКОВ *THUJA OCCIDENTALIS* И *THUJA OCCIDENTALIS* «SMARAGD»

Е. М. Фешенко¹

Е. В. Аминова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. С. Воронцова², кандидат биологических наук

¹ Оренбургский филиал ФГБНУ ФНЦ Садоводства, г. Оренбург

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

Дата поступления в редакцию 28.08.2021

Дата принятия к печати 27.10.2021

Актуальность. Вегетативное размножение садовых форм туи западной (зелеными или одревесневшими черенками) более эффективно. Данный вопрос требует тщательного подхода, поскольку результативность размножения зависит от технологических приемов и подбора биологиче-

ски активных веществ. **Объект.** *Thuja occidentalis* и *Thuja occidentalis* «Smaragd». Исследования проводились в контролируемых условиях стационарной теплицы Оренбургского филиала ФГБНУ ФНЦ Садоводства. **Материалы и методы.** Черенки *Thuja occidentalis*, *Thuja occidentalis* «Smaragd» отбирали из среднего яруса кроны 20 апреля 2018 – 2020 гг., с ветвей 2 – 3 порядка ветвления, длина черенков составляла 10-11 см. Посадка осуществлялась в условиях закрытого грунта в контейнеры из ПВХ площадью питания 0,5 м². Субстрат, использовавшийся для посадки черенков, – смесь песка и торфа в соотношении 3 : 1. Учеты укоренения черенков проводились 1 октября 2018-2020 гг. В опыте задействованы 4 регулятора роста: 1 – «Корневин», 2 – «Гетероауксин», 3 – «Эпин-экстра», 4 – «Циркон»; контрольный вариант – «вода». Концентрация рабочих растворов устанавливалась согласно инструкции. Препараты применялись во время предпосадочного замачивания черенков, затем через 10 дней после посадки, далее два раза с интервалом 10 дней. Повторность опыта трехкратная, по 30 черенков. Исследования проводились в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями. Изучали изменчивость по следующим показателям: укореняемость черенков (в %); количество корней на черенке (шт.); суммарная длина корней (см). Для проведения статистического анализа использовали средние показатели за период наблюдений, обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа. **Результаты и выводы.** Данные вегетационного опыта свидетельствуют об эффективности применения регуляторов роста растений на черенках *Thuja occidentalis* и *Thuja occidentalis* «Smaragd». Корневая система черенков наиболее отзывчива на применение регулятора роста «Циркон»: длина корней составила 22,01-23,61 см (на 280-287 % выше контроля); количество корней 4,23-9,65 шт. (83-89 %). Также гидроксикоричные кислоты в составе «Циркона» способствуют увеличению процента укоренения черенков на 97-99 %, что эквивалентно 43,03-44,19 % черенков варианта. Основываясь на результатах оценки влияния биологически активных препаратов в отношении черенков *Thuja occidentalis* и *Thuja occidentalis* «Smaragd», подтверждаем целесообразность проведения дальнейших исследований в вопросах подбора веществ, обладающих росторегулирующими и адаптогенными свойствами, для применения на черенках хвойных, в частности вышеуказанного представителя семейства Cupressaceae и его сорта.

Ключевые слова: *Thuja occidentalis*, *Thuja occidentalis* «Smaragd», черенкование туи, регуляторы роста растений, укоренение туи.

Цитирование. Фещенко Е. М., Аминова Е. В., Воронцова Е. С. Оценка последствий стимуляторов роста на морфометрические показатели черенков *Thuja occidentalis* и *Thuja occidentalis* «Smaragd». *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 132-141. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-14.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время повышение качества жизни населения по-прежнему является актуальной проблемой. Доказано, что благоустройство прилегающей к городским зданиям и сооружениям территории оказывает влияние на микроклиматические условия местности и здоровье человека. Площадь благоустроенных территорий с использованием зеленых насаждений увеличивается ввиду расширения населенной территории. Исходя из вышеуказанных фактов возрастают площади, нуждающиеся в посадочном материале декоративных растений [7].

Туя западная (*Thuja occidentalis* L) имеет большое значение в качестве объекта для благоустройства урбанизированной среды: она способствует улучшению санитарно-гигиенического состояния урбанизированной среды, поскольку является источником фитонцидов и повышает ионизацию воздуха на 56-68 % [3].

Высокая зимостойкость и экологическая устойчивость туи западной обуславливают ее использование в частных и городских насаждениях степной зоны России [4].

Научные исследования свидетельствуют о том, что регуляторы роста растений улучшают процесс укоренения черенков [2].

Существуют примеры эффективного применения отечественными [1, 5, 6, 13] и зарубежными [7, 9] учеными экзогенных стимуляторов роста и корнеобразования на черенках туи западной.

Опыт исследований воздействия стимуляторов роста для повышения процента укорененных черенков и их морфометрических характеристик подтверждает целесообразность применения и необходимость дальнейших разработок в этом вопросе. Отдельно стоит обратить внимание на регуляторы роста нового поколения, которые с высокой эффективностью и простотой использования стимулируют физиологические процессы роста и развития растений, повышают их адаптивность.

Известно, что технология черенкования и укоренения хвойных растений, по причине индивидуальных биологических особенностей этих древесных пород, трудоемка. Вегетативное размножение садовых форм *Thuja occidentalis* (зелеными или одревесневшими черенками) более эффективна; при семенном способе воспроизводимость декоративных признаков незначительна. Данный вопрос требует тщательного подхода, поскольку результативность размножения зависит от технологических приемов и подбора биологически активных веществ [10, 12, 14, 15].

Таким образом, вегетативный способ размножения туи западной с применением регуляторов роста позволит увеличить процент успешно укорененных черенков, улучшит их морфометрические параметры, и как следствие, лучшую устойчивость при дальнейшем росте и развитии.

Объект исследования. Исследования проводились в контролируемых условиях стационарной теплицы Оренбургского филиала ФГБНУ ФНЦ Садоводства, в контролируемых условиях. Объекты исследования следующие: *Thuja occidentalis*, *Thuja occidentalis* «Smaragd»: Применены регуляторы роста: «Корневин», «Гетероауксин», «Эпин-экстра», «Циркон».

Материалы и методы. Черенки туи западной отбирались 20 апреля 2018 – 2020 гг. из среднего яруса кроны, с ветвей 2-3 порядка ветвления, длина черенков составляла 10-11 см. Применялся метод черенкования «с пяткой», т.е. с захватом одревесневшей части побега.

Посадка осуществлялась в условиях закрытого грунта (температура воздуха парника – +23-25 °С, температура почвы – +25-26 °С, влажность воздуха – 85 ± 2 %). Применялся подогрев контейнеров за счет труб отопительной системы теплицы. В контейнеры из ПВХ площадью питания 0,5 м². Субстрат, использовавшийся для посадки черенков, – смесь песка и торфа в соотношении 3 : 1.

Учеты укоренения черенков проводились 1 октября 2018-2020 гг.

В опыте задействованы 4 регулятора роста: 1 – «Корневин», 2 – «Гетероауксин», 3 – «Эпин-экстра», 4 – «Циркон», контрольный вариант – «вода».

«Корневин» (производитель ООО «Агросинтез») – 4-(индол-3-ил) масляная кислота, агрохимический препарат является регулятором роста растений, синтетическим аналогом ауксина. У черенков стимулирует образование придаточных корней, ускоряет формирование и рост корневой системы.

«Гетероауксин» (производитель ТПК Техноэкспорт) является синтетическим аналогом природного регулятора роста ауксина (индол-3-уксусная кислота). Применяется с целью стимулирования корнеобразования черенков. Агропрепарат не фитотоксичен для различных плодовых, декоративных и сельскохозяйственных культур при использовании с учетом рекомендованных норм расхода.

«Эпин-экстра» (производитель ННПП «НЭСТ М») – 24-эпибрассинолид, синтетический аналог природных фитогормонов класса брассиностероидов. По механизму действия он является активатором гиббереллинов, цитокининов и ауксинов, значимых в период различных фаз развития. Наряду со стимуляцией роста, препарат проявляет антистрессовые и адаптогенные свойства, активируя иммунные функции клетки, что обеспечивает устойчивость к заболеваниям и негативному воздействию различных внешних факторов. Не токсичен, экологически нейтрален, также уменьшает количество поллютантов (нитратов и тяжелых металлов) в тканях растений [3].

«Циркон» (производитель ННПП «НЭСТ М») – стимулятор роста, состоящий из смеси производных 3,4-дигидрокси-циннамовой кислоты и полученный из сырья лекарственных растений (эхинацеи пурпурной). Агропрепарат малотоксичен в отношении человека и животных, экологически нейтрален, не токсичен для растений. Действие препарата заключается в стимуляции корнеобразования, усилении хлорофиллогенеза, повышении устойчивости к бактериальным, вирусным и грибковым патогенам [8].

Концентрация рабочих растворов устанавливалась согласно инструкции: «Корневин» – препарата 1 г/л воды, время экспозиции 8 часов, «Гетероауксин» – 0,02 г/л воды, время экспозиции 16 часов, «Эпин-экстра» – 0,5 мл/л воды, время экспозиции 14 часов, «Циркон» – 1 мл/л воды, время экспозиции черенков 14 часов. Препараты применялись во время предпосадочного замачивания черенков, затем трехкратно после посадки с интервалом в 10 дней. После посадки 1 л рабочего раствора с вышеуказанными концентрациями препаратов рассчитывался на полив прикорневой зоны 30 черенков.

Повторность опыта трехкратная, в повторности по 30 черенков. Исследования проводились в соответствии с методическими рекомендациями зеленого черенкования садовых и лесных культур (М. Т. Тарасенко, 1991). Изучали изменчивость по следующим показателям: укореняемость черенков (в %); количество корней на черенке (шт.); суммарная длина корней (см). Для проведения статистического анализа использовали средние показатели за период наблюдений, обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа (Доспехов Б. А., 1985).

Результаты и обсуждение. После проведенной оценки влияния регуляторов роста на структуру изменчивости количества и длины придаточных корней у зеленых черенков *Thuja occidentalis* и *Thuja occidentalis* «Smaragd» установлено, что различные по химическому составу препараты неодинаково влияют на процессы формирования корневой системы черенков. Это обусловлено различиями в механизме действия регулятора роста. Так, ауксин вызывает цепь биохимических реакций, способствующих растяжению клеток, 24-эпибрассинолид способствует транспорту сахаров в вакуоль, гидроксикоричные кислоты положительно влияют на ризогенез, что может быть обусловлено стимуляцией эндогенных ауксинов. Фенольные соединения, являющиеся компонентами Циркона, по свойствам идентичны стрессовым метаболитам и участвуют в адаптивной реакции на стресс. С достоверностью 95 % доказана существенность различий между вариантами опыта: фактическая разность больше НСР (таблицы 1, 2).

Проведенный анализ данных таблицы 1 показал, что общая длина корней опытных вариантов варьирует от 7,21 см («Корневин») до 21,02 см («Циркон»), превышение контроля в этих случаях составляет от 32 до 287 % (это соответствует 1,78 и 15,59 см корневой системы). Кроме варианта с применением гидроксикоричных кислот, наблюдается положительное влияние 24-эпибрассинолида («Эпин-экстра»), общая длина корней превышает контроль на 210 %. Использование агропрепарата «Гетероауксин» способствовало увеличению общей длины корней на 132 % относительно контроля.

Общее количество корней в опыте находится в диапазоне от 5,63 до 8,94 шт., самый низкий показатель зафиксирован с применением ИМК, этот показатель выше контрольного на 19 %. Наибольшее количество корней черенков отмечено после применения гидроксикоричных кислот («Циркон»), что выше варианта без обработки на 89 % (4,23 шт.). «Эпин-экстра» способствует увеличению длины придаточных корней на 77 % (3,64 шт.). Увеличение количества корней на 68 % происходит в варианте «Гетероауксин».

Таблица 1 – Влияние стимуляторов роста на показатели корневой системы черенков *Thuja occidentalis*, в среднем за 2018-2020

Table 1 – The effect of growth stimulants on the root system of cuttings of the *Thuja occidentalis*, on average for 2018-2020

Показатель корневой системы / Root System indicator	Вода (К) / Water (K)	Корневин / Kornevin	Гетероауксин / Heteroauxin	Эпин-Экстра / Epin-extra	Циркон / Zircon
Общая длина корней, см / Roots total length, cm	5,43±0,16	7,21±0,21	12,65±0,14	16,86±0,33	21,02±0,24
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,96	0,76	1,32	2
Факт. разница / Actual difference		1,78	7,22	11,4	15,59
Количество корней, шт. / Number of roots, pcs.	4,71±0,05	5,63±0,17	7,92±0,09	8,35±0,09	8,94±0,3
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,76	0,6	0,6	0,4
Факт. разница / Actual difference		0,92	3,21	3,64	4,23
Результат укоренения, % / The rooting result, %	43,21±0,49	56,72±0,64	74,35±0,84	76,58±0,87	86,24±0,98
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		3,76	3,44	3,52	3,84
Факт. разница / Actual difference		13,66	31,14	33,37	43,03

Обращая внимание на процент укорененных черенков, отмечаем эффективность регуляторов роста на процесс активации физиологических процессов ризогенеза, наибольшее положительное влияние в опыте с *Thuja occidentalis* оказали гидроксикоричные кислоты в составе агропрепарата «Циркон»: превышение контроля практически вдвое (99 %), что эквивалентно фактической разнице 43,03 % укорененных черенков. Эффективность 24-эпибрассинолида в составе препарата «Эпин-экстра» составила 77 %, иначе говоря, превышение относительно контроля составило 33,37 % укорененных черенков варианта. Самой низкой эффективностью характеризуется вариант с применением «Корневина», возрастание относительно контроля составляет 52 %, что соответствует 13,66 % черенков варианта. Положительное влияние агропрепарата «Гетероауксин» составляет 72 %, или 31,14 % черенков варианта.

При анализе данных таблицы 2 наблюдается иная картина эффективности регуляторов роста растений ауксинового типа на черенках *Thuja occidentalis* «Smaragd». Применение ИМК дает более существенную прибавку длины (на 6,23 см больше ИУК), количества корней (на 2,2 шт.), однако процент укоренения в данном варианте ниже. Использование ИУК в данном опыте оказало наименьший положительный эффект на укоренение черенков.

Длина корней в опытных вариантах варьирует от 9,11 см («Гетероауксин») до 23,61 см («Циркон»), что превышает контрольный показатель длины на 46 % и 280 % (2,9 и 17,4 см соответственно). 24-эпибрассинолид также проявил существенное влияние на общую длину придаточных корней, которая возрастает на 217 % (13,52 см). Эффективность «Корневина» следующая: превышение на 147 % относительно контроля, что эквивалентно 9,13 см корней.

Таблица 2 – Влияние стимуляторов роста на показатели корневой системы черенков *Thuja occidentalis* «Smaragd», в среднем за 2018-2020

Table 2 – The effect of growth stimulants on the root system of cuttings of the *Thuja occidentalis* «Smaragd», on average for 2018-2020

Показатель корневой системы / Root System indicator	Вода (К) / Water (K)	Корневин / Kornevin	Гетероауксин / Heteroauxin	Эпин-Экстра / Epin-extra	Циркон / Zircon
Общая длина корней, см / Roots total length, cm	6,21±0,07	15,34±0,17	9,11±0,1	19,73±0,22	23,61±0,27
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,64	0,44	0,84	1
Факт. разница / Actual difference		9,13	2,9	13,52	17,4
Количество корней, шт. / Number of roots, pcs.	5,26±0,06	8,61±0,1	6,41±0,07	9,08±0,1	9,65±0,1
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		0,4	0,32	0,4	0,4
Факт. разница / Actual difference		3,35	1,15	3,82	4,39
Результат укоренения, % / The rooting result, %	45,68±0,52	62,35±0,71	78,21±0,89	82,16±0,93	89,87±1,02
HCP ₀₅ / LSD ₀₅		3,08	3,64	3,76	4,04
Факт. разница / Actual difference		16,67	32,53	36,48	44,19

Диапазон суммарного количества корней в опытных вариантах составляет от 6,41 шт. в варианте «Гетероауксин» до 9,65 шт. с применением гидроксикоричных кислот в составе «Циркона», что свидетельствует о превышении контроля на 21-83 %. Эффективность агропрепарата «Корневин» по сравнению с количеством корней в контроле составила 64 % (1,15 см). «Эпин-экстра» значительно повысил количество корней (на 73 % относительно контроля), что соответствует 3,82 см придаточных корней черенка.

Результаты укоренения сорта *Thuja occidentalis* «Smaragd» также свидетельствуют о преобладающей эффективности регуляторов роста с антистрессовым воздействием: наибольшая длина придаточных корней достигнута в варианте «Циркон»: практически вдвое (на 97 %) превышен контрольный показатель, это эквивалентно 44,19 % процента черенков варианта. Эффективность агропрепарата «Эпин-экстра» составила 80 %, что соответствует 36,48 % от черенков варианта). Наименьший результат зафиксирован в варианте «Корневин»: на 37 % (16,67 % черенков варианта) выше контроля. Результативность применения ИМК в составе «Гетероауксина» такова: 71,2 % превышение контроля (32,53 % черенков варианта).

Корневая система *Thuja occidentalis* и *Thuja occidentalis* «Smaragd» более отзывчива на внесение регуляторов роста с антистрессовой функцией, поскольку эти препараты способствуют мобилизации собственного потенциала растения.

Данные таблиц указывают на большую целесообразность применения регуляторов роста с антистрессовым воздействием «Циркон» и «Эпин-экстра». Преимущество первого названного варианта в опыте составило 3,88-4,19 см и 0,57-0,59 шт. образовавшихся придаточных корней черенков, успешность укоренения в варианте с гидроксикоричными кислотами выше на 7,71-9,66 % черенков варианта.

Выводы. Данные вегетационного опыта свидетельствуют об эффективности применения регуляторов роста растений на черенках *Thuja occidentalis* и *Thuja occidentalis* «Smaragd». Доказано преимущество регулятора роста «Циркон» по превышению контроля в обоих объектах исследования: длина корней составила 22,01-23,61 см (на 280-287 % выше контроля); количество корней 4,23-9,65 шт. (83-89 %). Также гидроксикоричные кислоты в составе «Циркона» способствуют увеличению процента укоренения черенков на 97-99 %, что эквивалентно 43,03-44,19 % черенков варианта.

Опираясь на полученные результаты по оценке воздействия биологически активных препаратов в отношении черенков *Thuja occidentalis* и *Thuja occidentalis* «Smaragd», подтверждаем целесообразность проведения дальнейших исследований в вопросах подбора веществ для улучшения роста и адаптивности черенков хвойных, в частности вышеуказанного представителя семейства Cupressaceae и его садовой формы.

Библиографический список

1. Абдуллаева Э. В., Рамазанова А. Р. Особенности размножения туи западной черенкованием // Субтропическое и декоративное садоводство. 2011. № 45. С. 156-159.
2. Выращивание адаптированного посадочного материала для закладки садов в условиях Оренбургской области / Е. А. Иванова [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 55. С. 81-84.
3. Дубовицкая О. Ю., Золотарева Е. В. Декоративнолиственные и хвойные деревья и кустарники для озеленения населенных мест // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2014. № 23 (194). С. 38-43.
4. Иванов Р. А., Матвиенко Е. Ю. Туя западная в озеленении города Новочеркасска // Успехи современного естествознания. 2014. № 8. С. 122.
5. Казакова А. С., Барайшук Г. В. Применение стимуляторов роста при выращивании черенковых саженцев хвойных пород семейства кипарисовые (Cupressaceae) в условиях южной лесостепи Омской области // Омский научный вестник. 2012. № 2 (114). С. 155-159.
6. Кирдей Т. А., Борисова И. Н. Эффективность регуляторов роста при размножении сортов *Thuja occidentalis* L. // Бюллетень главного Ботанического сада. 2017. № 2 (203). С. 74-79.
7. Biotechnological basis for application of growth regulators for rooting of green cuttings of trees and shrubs in a greenhouse with a misting system / R. A. Shchukin [et al.] // BIO Web Conf. 2020. Vol. 23. No. 01009. P. 7. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202301009>
8. Caruntu S., Ciceu A. *Thuja occidentalis* L. (Cupressaceae): ethnobotany, phytochemistry and biological activity // Molecules. 2020. Vol. 25. 5416.
9. Florincescu A., Pui A., Nicoara A. Cutting propagation in *Thuja occidentalis* L. fastigiata using rooting stimulators // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 1996. № 26 (1). P. 57-63.
10. Kabir M., Roy P., Ahmed G. In vitro propagation of *Thuja occidentalis* through apical shoot culture // Plant Tissue Culture and Biotechnology. 2008. Vol. 16 (1).
11. Panea T., Blada I. Cutting propagation of ornamental conifers: the 'Smaragd' and 'Fastigiata' varieties of *Thuja occidentalis* // Revista de Silvicultură și Cinegetică. 2018. Vol. 23. No. 42. P. 8-13.
12. Szasz Len M. A., Holonec L. Effect of cutting size on the rooting of *Thuja occidentalis* 'Columna' // Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture. 2015. Vol. 72 (1).
13. The influence of growth stimulators on the rooting of cuttings of Cupressaceae negeer family representatives / O. Yu. Emelyanova [et al.] // Modern science success. 2017. Vol. 3. No. 2. P. 216-218.
14. Tseplyaev A. N., Treshchevskaya E. I. Influence of the container color on the growth of *Thuja occidentalis* 'Smaragd' planting material // Forestry Engineering Journal. 2020. Vol. 10 (2). P. 103-113.
15. Vlad I., Vlad M., Vlad I. A. The substratum influence on cutting's rooting of *Thuja occidentalis* compacta // Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie. 2014. Vol. 23. P. 293-296.

Conclusions. The data of the vegetation experience indicate the effectiveness of the use of plant growth regulators on cuttings of *Thuja occidentalis* and *Thuja occidentalis* «Smaragd». The advantage of the growth regulator «Zircon» in exceeding the control in both objects of the study was proved: the length of the roots was 22.01-23.61 cm (280-287 % higher than the control); the number of roots was 4.23-9.65 pcs (83-89 %). Also, hydroxycinnamic acids in the composition of «Zircon» contribute to an increase in the percentage of rooting of cuttings by 97-99 %, which is equivalent to 43.03-44.19% of cuttings of the variant.

Based on the obtained results on the assessment of the impact of biologically active drugs on *Thuja occidentalis* and *Thuja occidentalis* "Smaragd" cuttings, we confirm the expediency of further research in the selection of physiologically active substances with growth-regulating and adaptogenic properties for use on coniferous cuttings, in particular the above-mentioned representative of the Cupressaceae family and its garden form.

References

1. Abdullayeva E. V., Ramazanov A. R. Features of reproduction of Western thuja by cuttings // Subtropical and ornamental horticulture. 2011. № 45. P. 156-159.
2. Growing adapted planting material for laying gardens in the Orenburg region / E. A. Ivanova [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2015. № 55. P. 81-84.
3. Dubovitskaya O. Yu., Zolotareva E. V. Decorative and coniferous trees and shrubs for landscaping of populated areas // Belgorod State University Scientific Bulletin Natural Sciences. 2014. № 23 (194). P. 38-43.
4. Ivanov R. A., Matvienko E. Yu. *Thuja occidentalis* in the landscaping of the city of Novocherkassk // Advances in current natural sciences. 2014. № 8. P. 122.
5. Kazakova A. S., Baraishchuk G. V. The use of growth stimulants in the cultivation of cuttings of coniferous seedlings of the cypress family (Cupressaceae) in the conditions of the southern forest-steppe of the Omsk region // Omsk Scientific Bulletin. 2012. № 2 (114). P. 155-159.
6. Kirdey T. A., Borisova I. N. The effectiveness of growth regulators in the propagation of varieties of *Thuja occidentalis* L. Bulletin Main botanical garden. 2017. № 2 (203). P. 74-79.
7. Biotechnological basis for application of growth regulators for rooting of green cuttings of trees and shrubs in a greenhouse with a misting system / R. A. Shchukin [et al.] // BIO Web Conf. 2020. Vol. 23. No. 01009. P. 7. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202301009>
8. Caruntu S., Ciceu A. *Thuja occidentalis* L. (Cupressaceae): ethnobotany, phytochemistry and biological activity // Molecules. 2020. Vol. 25. 5416.
9. Florincescu A., Pui A., Nicoara A. Cutting propagation in *Thuja occidentalis* L. fastigiata using rooting stimulators // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 1996. № 26 (1). P. 57-63.
10. Kabir M., Roy P., Ahmed G. In vitro propagation of *Thuja occidentalis* through apical shoot culture // Plant Tissue Culture and Biotechnology. 2008. Vol. 16 (1).
11. Panea T., Blada I. Cutting propagation of ornamental conifers: the 'Smaragd' and 'Fastigiata' varieties of *Thuja occidentalis* // Revista de Silvicultură și Cinegetică. 2018. Vol. 23. No. 42. P. 8-13.
12. Szasz Len M. A., Holonec L. Effect of cutting size on the rooting of *Thuja occidentalis* 'Columna' // Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture. 2015. Vol. 72 (1).
13. The influence of growth stimulants on the rooting of cuttings of Cupressaceae neiger family representatives / O. Yu. Emelyanova [et al.] // Modern science success. 2017. Vol. 3. No. 2. P. 216-218.
14. Tseplyaev A. N., Treshchevskaya E. I. Influence of the container color on the growth of *Thuja occidentalis* 'Smaragd' planting material // Forestry Engineering Journal. 2020. Vol. 10 (2). P. 103-113.
15. Vlad I., Vlad M., Vlad I. A. The substratum influence on cutting's rooting of *Thuja occidentalis* compacta // Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie. 2014. Vol. 23. P. 293-296.

Author's Information

Feshchenko Ekaterina Mikhailovna, junior researcher of the Orenburg branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Federal Research Center of Horticulture (460041, Orenburg, sh. Nezhtinskoe, 10), e-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru. ORCID: 0000-0003-4237-2059.

Aminova Evgenia Vladimirovna, Leading Researcher of the Orenburg branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the Federal Research Center of Horticulture, Candidate of Agricultural Sciences, E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru.

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

Фещенко Екатерина Михайловна, младший научный сотрудник Оренбургского филиала Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства (460041, Оренбург, Нежинское шоссе, 10). ORCID: 0000-0003-4237-2059.

Аминова Евгения Владимировна, ведущий научный сотрудник Оренбургского филиала Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства (460041, Оренбург, Нежинское шоссе, 10), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0001-6945-2214; e-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru.

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.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-15

EVALUATION OF THE RESULTS OF THE USE OF THERMOGRAPHIC AND PHOTOGRAPHIC ANIMAL ACCOUNTING METHODS

A. Yu. Prosekov

Kemerovo State University, Russia

Received 19. 10.2021

Submitted 11.11.2021

Summary

In the course of the research, the main features of thermal imaging shooting in the registration of hunting animals were determined: high reliability of determining the number of animals in general; the minimum amount of omissions and underreporting; the complexity of the species identification of the animal; possibility of automatic processing of results.

Abstract

Introduction. The interest of the public (scientific community, business, ordinary citizens) to a wide range of issues of rational use of natural resources, since this is the basis for environmental protection. Consideration of environmental problems from the point of view of rational use of natural resources is due to the concern of the scientific community about the existence of mankind and the sphere of its habitation. In this regard, environmental monitoring, including animal counting, plays a special role. The purpose of this study is to study and evaluate the effectiveness of the use of thermographic and photographic methods of accounting for animals on the territory of the Kemerovo region - Kuzbass.

Object. The object of the study is the territory of the Kemerovo region-Kuzbass, namely, data on the number of hunting species of animals obtained by different methods during work in the Kemerovo Regional Public Organization «Hunting Society – «Muryukskoe» (for the hunting grounds of the Chebulinsky district). **Materials and methods.** The study of the number of game animals in the territory was carried out according to the author's methodology: an integrated approach was used, in which conventional and thermal imaging were combined. This allows you to compare the results obtained with their help. The accounting data for the period from 2019 to 2020 has been updated. Several parameters are assessed: identification of animals in the photographs (by two counting officers, in case of discrepancy the highest value is taken); detection of thermal signatures (in the software environment). **Results and conclusions.** In the course of the research, the main features of thermal imaging shooting in the registration of hunting animals were determined: high reliability of determining the number of animals in general; the minimum amount of omissions and underreporting; the complexity of the species identification of the animal; possibility of automatic processing of results. The main features of photography (light photography) include: the ability to directly visually determine the species of the animal; fixing a larger number of identifying features; high probability of omissions and underestimation; difficulties with automatic processing of results at the present time. The necessity of purchasing and / or developing own software for recognition of images of various animals is revealed.

Key words: *rational nature management, hunting, hunting management, hunting resources, hunting economy, hunting grounds, the number of game animals, Kemerovo region-Kuzbass, ensuring sustainable hunting use.*

Citation. Prosekov A. Yu. Evaluation of the results of the use of thermographic and photographic animal accounting methods. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021 4(64). 142-152 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-15.

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 639.1.02:639.1.07

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМОГРАФИЧЕСКИХ И ФОТОГРАФИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УЧЕТА ЖИВОТНЫХ

А. Ю. Просеков, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Кемеровский государственный университет*

Дата поступления в редакцию 19.10.2021

Дата принятия к печати 11.11.2021

Актуальность обусловлена интересом общественности (научное сообщество, бизнес, рядовые граждане) к широкому спектру вопросов рационального использования природных ресурсов, поскольку это основа охраны окружающей среды. Рассмотрение экологических проблем с точки зрения рационального природопользования обусловлено заботой научного сообщества о существовании человечества и сфере его обитания. В этом плане экологический мониторинг, в том числе учёт животных, играет особую роль. Целью настоящего исследования является изучение и оценка эффективности использования термографических и фотографических методов учета животных на территории Кемеровской области – Кузбасса. **Объект.** Объектом исследования является территория Кемеровской области – Кузбасса, а именно данные по численности охотничьих видов животных, полученные разными методами при проведении работ в КООО «Охотничье общество «Мурюкское» (по охотничьим угодьям Чебулинского района). **Материалы и методы.** Изучение численности охотничьих животных на территории проводилось по авторской методологии: использовался комплексный подход, при котором комбинируются обычная и тепловизионная съемки, что позволяет сопоставить результаты, полученные с их помощью. Актуализированы данные учётных работ за период с 2019 по 2020 годы. Оцениваются несколько параметров: идентификация животных на снимках (двумя учетчиками, при расхождении взято наибольшее значение); обнаружение тепловых сигнатур (в программной среде). **Результаты и выводы.** В ходе исследований определены основные особенности тепловизионной съемки в учете охотничьих животных: высокая надежность определения численности животных в целом; минимальная величина пропусков и недоучета; сложность видовой идентификации зверя; возможность автоматической обработки результатов. К основным особенностям фотосъемки (световой съемки) следует отнести: возможность непосредственного визуального определения видовой принадлежности животного; фиксация большего числа идентифицирующих признаков; высокая вероятность пропусков и недоучета; затруднения с автоматической обработкой результатов в настоящее время. Выявлена необходимость приобретения и/или разработки собственного программного обеспечения для распознавания образов различных животных.

Ключевые слова: охота, охотоведение, охотничьи ресурсы, охотничьи хозяйства, охотничьи угодья, численность охотничьих животных, обеспечение устойчивого охотпользования.

Цитирование. Просеков А. Ю. Оценка результатов использования термографических и фотографических методов учета животных. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 142-152. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-15.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Широкий спектр вопросов рационального использования природных ресурсов является основой охраны окружающей среды. Рассмотрение экологических проблем с точки зрения рационального природопользования обусловлено заботой научного сообщества о существовании человечества и сфере его обитания. В этом плане экологический мониторинг, в том числе учёт животных, играет особую роль. Основными проблемами, способствующими потере биоразнообразия, являются потеря

среды обитания и изменения в землепользовании [15, 20, 21, 27]. Некоторые работы зарубежных и отечественных ученых посвящены изучению закономерностей развития охотничьего хозяйства в разных аспектах [1, 4, 7, 22]. Так, агропромышленный комплекс становится центром интересов глобальных инвесторов и важным инструментом международной политики. Цифровые и интеллектуальные технологии развиваются в связи с растущей доступностью больших объемов данных и технологий их обработки. В настоящее время большие данные используются для предоставления фермерам прогнозной информации в режиме реального времени о сельскохозяйственных операциях, оперативных решениях и многом другом.

В современных условиях вся деятельность человека, связанная с освоением природных ресурсов, заострена на качественно новый характер, а именно: до самого последнего времени многие продолжают считать природные ресурсы в принципе неисчерпаемыми, а сейчас общепризнанно, что все они исчерпаемы, все находятся в той или иной степени под воздействием человека. Следовательно, человек должен относиться к ним по-хозяйски, то есть использовать непременно и полно, но экономно, в меру фактической возможности [13]. В этом смысле не подлежит сомнению факт, что охотничье хозяйство является перспективной и значимой отраслью природопользования, экологического менеджмента [9]. Ведь оно обеспечивает сохранение и рациональное использование объектов животного мира.

Площадь охотничьих угодий Российской Федерации в 2017 г., по данным Минприроды России, составила 1 595 221,87 тыс. га, или 93 % площади территории страны. Из общей площади охотничьих угодий общедоступные охотничьи угодья составляют 55 % (878 917,96 тыс. га), закрепленные охотничьи угодья – 45 % (716 303,91 тыс. га). С 2010 г. площадь закрепленных охотничьих угодий Российской Федерации сократилась на 34 млн га (или на 4,8 %). В разрезе федеральных округов в 2017 г. наибольшая площадь закрепленных охотничьих угодий отмечена в Дальневосточном федеральном округе (275 212,0 тыс. га, или 40 % от площади закрепленных охотничьих угодий Российской Федерации), наименьшая – в Северо-Кавказском федеральном округе (6600,7 тыс. га, или 1 % соответственно). Объем финансирования мероприятий в области охраны и сохранения охотничьих ресурсов из федерального и региональных бюджетов в 2017 г. составил в совокупности 3,15 млрд рублей, что на 15 % больше уровня 2016 г. Размер выделяемых субъектам Российской Федерации субвенций федерального бюджета составил 1,26 млрд рублей. Для обеспечения рационального использования объектов животного мира, отнесенных к объектам охоты, в Российской Федерации проводится мониторинг состояния их популяций. Основным его компонентом является ежегодный учет численности охотничьих ресурсов, прежде всего с использованием комплексного метода зимнего маршрутного учета (ЗМУ). По данным Минприроды России, в 2017 г. на основании ЗМУ были получены оценки численности 23 основных видов охотничьих ресурсов в 72 субъектах Российской Федерации [5].

В последние 10 лет в России заметно (в 1,9 раза) выросли затраты на ведение охотничьего хозяйства, включая рост (в 1,6 раза) затрат на проведение биотехнических мероприятий. В разрезе федеральных округов наибольшие затраты на ведение охотничьего хозяйства осуществляются в Центральном и Приволжском федеральных округах, в том время как наибольшая площадь охотничьих угодий характерна для Дальневосточного и Сибирского федеральных округов. Представленная проблематика актуальна и для Кемеровской области – Кузбасса.

Одной из центральных тем социально-экономического развития охотничьего хозяйства является учет животных. Особенно остро стоит вопрос выбора того или иного метода. Традиционные методы учета животных используются повсеместно в контексте многих научных изысканий [2, 3, 23, 29, 30]. Преимущества и недостатки мониторинга животных при применении такого метода анализируются с различных точек зрения: объект уче-

та (лоси, благородные олени, косули, кабаны и другие виды животных); выбор полигона (если речь идет о методе учета шума) и т.д.; зависимость от того, что учитывается и/или не учитывается (количество животных, отслеживание следов, фиксация обычных аэрофотоснимков и инфракрасных лучей и многое другое). В некоторых работах анализируются особенности тех или иных современных методов мониторинга популяций крупных животных [16-19, 24, 25, 28]. В дополнение к широкому спектру общих экологических исследований особый интерес представляют различные современные методы и подходы, сочетающие разные методы (фотоловушки или следовые камеры, обзоры, применение беспилотных летательных систем, моделирование и так далее). К примеру, подчеркивается, что удаленные камеры, активируемые пассивным инфракрасным датчиком (PIR), все чаще используются для изучения дикой природы [31]. Примечательно, что присутствуют исследования, направленные на сопоставление беспилотных летательных систем с традиционной методологией обследования популяции дикого белохвостого оленя [26]. В целом БПЛА, по мнению авторов, дали результаты аналогичные подсчетам групп гранул для оценки плотности популяции диких копытных; однако обследования беспилотниками были более эффективными и могли проводиться несколько раз в течение зимы. В результате была продемонстрирована возможность применять дроны для регулярного мониторинга изменений плотности населения, так как они могут быть использованы для повышения эффективности исследований дикой природы.

Ранее нами были изучены некоторые вопросы по данной проблематике. Выявлены основные ограничения традиционных методов мониторинга крупных животных, к которым отнесены следующие: учет зимних маршрутов, воздушный учет и многое другое (например, работы [10-12]). Внедрение цифровых технологий было признано перспективным путем их устранения, поскольку потенциал современных методов практически в любой отрасли связан с возможностью создания цифровых копий («Цифровой близнец», англ. Digital Twin) реальных объектов, анализа больших объемов данных, принятия наиболее обоснованных решений и осуществления конкретных действий автоматически, без участия человека. Кроме того, стоимость такой деятельности, как правило, намного ниже, чем у традиционного аналога. При анализе основных методов учитывается количество следующих крупных животных Кемеровской области: лосей, косули, волков и бурых медведей, так как эти виды наиболее изучены в области мониторинга. На этом фоне теоретически представлен авторский метод модификации воздушного учета с помощью цифровых технологий.

В настоящей работе акцент сделан именно на практической составляющей учета животных двумя методами (фотографическим и термографическим) в сопоставительном аспекте.

В рамках существующих подходов при использовании цифровых технологий в учете охотничьих животных обычно предполагается использование фотокамер. При этом сохраняется традиционная проблема идентификации животных в местностях с густым растительным покровом, которая существовала еще в традиционном глазомерном авиаучете. При обработке материалов фотосъемки в большинстве случаев будет наблюдаться недоучет, хотя и несколько меньший, чем при визуальном наблюдении животных учетчиком. В свою очередь, при использовании съемки в инфракрасном спектре трудно дифференцировать животных со сходным размером теплоизлучающей поверхности. Тепловизионная камера достаточно надежно выявляет любое крупное животное, но установить его вид на основании теплового снимка нельзя, для этого нужна обычная фотография.

Многие работы посвящены этим вопросам. При этом методологический аспект комплексного использования методов в учете животных представлен неполно, чем также оправдана актуальность работы. Предпринятое исследование вписывается в проблематику ряда современных направлений на стыке биологии, экологии, охотоведения, общих вопросов природопользования и даже туризма.

Целью работы является оценка эффективности использования термографических и фотографических методов учета животных на территории Кемеровской области – Кузбасса.

Объект исследования. Объектом исследования является территория Кемеровской области – Кузбасса, а именно данные по численности охотничьих видов животных, полученные разными методами при проведении работ в КООО «Охотничье общество «Мурюкское» (по охотничьим угодьям Чебулинского района). Охотничьи ресурсы не существуют сами по себе. Ресурсный потенциал изучаемого района весьма существенен. Чебулинский округ расположен в северо-восточной части Кемеровской области. К нему примыкают: с юга – Крапивинский район, с запада – Ижморский и Кемеровский районы, с востока – Тисульский район, с севера – Мариинский и Тяжинский районы. Площадь района составляет 374 тыс. кв. км.

На территории комплекса расположены уникальные водно-болотные угодья – Шестаковские болота. Здесь проходит пролетный путь водоплавающих птиц, самый крупный в Кемеровской области. На Шестаковских болотах перелетные птицы останавливаются на многодневный отдых и кормежку. Большое количество птиц гнездится на болотах. Шестаковские болота имеют значение для сохранения более 20 видов птиц, занесенных в Красную книгу России и Кемеровской области, таких как сокол-сапсан, балобан, чеглок, орел-карлик, серый гусь, серый журавль, большая выпь, серая цапля и другие. Кроме того, здесь обитают лоси, косули, лисицы, зайцы, колонки, норки, ондатры; произрастает большое количество растений водно-болотного комплекса, в том числе редкие виды, занесенные в Красную книгу Кемеровской области [6].

Материалы и методы. Исследование основано на обработке данных учета с использованием цифровых технологий. Изучение численности охотничьих животных на территории проводилось по авторской методологии: использовался комплексный подход, при котором комбинируется обычная и тепловизионная съемка. Это позволяет сопоставить результаты, получаемые с их помощью. Актуализированы данные учётных работ за период с 2019 по 2020 годы. Оцениваются несколько параметров: идентификация животных на снимках (двумя учетчиками, при расхождении взято наибольшее значение); обнаружение тепловых сигнатур (в программной среде) [8].

Результаты и обсуждение. В рамках данного исследования раскрывался подход, при котором объединяются обычная и тепловизионная съемки. Результаты оценки обычной и тепловизионной съемки при мониторинге животных представлены в таблице 1. Мы оцениваем несколько спецификаций и критериев.

Как видно из приведённых данных, при обработке фотоизображений, даже с использованием привязки к географическим координатам, наблюдается существенный недоучет (до 30–40 %). При автоматизированной обработке данных тепловой съемки, в свою очередь, значительная часть объектов наблюдения не идентифицируется по тепловой сигнатуре. Примечательно, что удельные веса неидентифицированных (нераспознанных) объектов и недоучета по отношению к общей численности животных существенно не отличаются в разные годы.

Даже при проведении учетных работ в зимний период, когда животные в меньшей степени маскируются растительностью и отмечается существенный перепад температур, на фотоснимках учетчиками распознается не более 40–45 % животных по сравнению с общим количеством тепловых сигнатур, распознанных в соответствующей программной среде. Вполне ожидаемо, что степень недоучета зависит от размера животного: чем он мельче, тем больше, как правило, вероятность пропусков.

Другим фактором недоучета являются экологические особенности вида. Примечательно, что лось часто находится в глубине лесов с густым подлеском и его сложно распознать визуально. Поэтому на снимках при визуальном наблюдении недоучет составлял

около 45 %. Более полно на фотоснимках идентифицировались косуля и марал, которые в период учета часто находились на опушках, в местности с разреженной растительностью. Недоучет этих видов обычно не превышал 30 %. Около 35–37 % составил недоучет кабана в связи с тем, что он также чаще находится на открытой местности.

Таблица 1 – Результаты обработки данных учета с использованием цифровых технологий в КООО «Охотничье общество «Мурюкское»

Table 1 – Results of processing accounting data using digital technologies in the LLC «Muryukskoe Hunting Society»

Параметры / Parameters	Данные учётных работ 2019 / Account data works 2019	Данные учётных работ 2020 / Account data works 2020
Всего идентифицировано животных на снимках (двумя учетчиками, при расхождении взято наибольшее значение), в том числе: / In total, animals were identified in the photographs (by two census walking is taken the highest value), including:	248	234
распознано на снимках особей марала / recognized in images of maral specimens	5	9
Косули / roe deer	49	47
Лося / moose	31	32
Кабана / wild boar	27	25
соболя (по следам)/sable (in the footsteps) /	109	89
Барсука / badger	27	32
Всего обнаружено тепловых сигнатур (в программной среде) / Total heat signatures detected (in software environment)	551	576
Идентифицировано тепловых сигнатур по видовой принадлежности зверя / Thermal signatures identified by the species of the beast	430	458
Не идентифицировано / Not identified	121	118
Идентифицировано животных после соотнесения инфракрасных и фотоснимков / Animals identified after correlation of infrared and photographs	548	574

Как видно из данных таблицы 1, практически со всеми тепловыми сигнатурами при обработке результатов учета оказался связан тот или иной зверь. Отмечены лишь единичные случаи (0,3–0,5 % от общего числа тепловых снимков), когда тепловизор реагировал на другие источники тепла, в частности, на остывающие кострища, работающие двигатели внутреннего сгорания. При этом перекрытие тепловых сигнатур по размерам и интенсивности излучения, характерное для некоторых пар животных, делает невозможным программную идентификацию части особей (около 20–22 %).

В этом случае необходим углубленный анализ снимков с использованием возможностей графического редактора. Как правило, при увеличении, изменении яркости, контрастности, использовании детальности обнаруживается либо характерный силуэт животного, либо присущие ему внешние признаки (в частности, рога лося, хвост волка и тому подобное).

Выводы. Цифровые технологии в учёте животных способны значительно повысить эффективность экологического мониторинга. В этом исследовании представлен эмпирический анализ данных, по которым уточняется видовая принадлежность обна-

руженных животных, если ее невозможно определить только по тепловой сигнатуре. Кроме того, при использовании предложенного комплексного подхода количество неоднозначных кадров для ручного анализа существенно снижается (с 500 до 100–120).

Следовательно, трудозатраты также сокращаются в 4,5–5,0 раз, что существенно увеличивает скорость учета и делает его более доступным для заказчика. Тем самым в ходе исследований определены основные особенности тепловизионной съемки в учете охотничьих животных:

- высокая надежность определения численности животных в целом;
- минимальная величина пропусков и недоучета;
- сложность видовой идентификации зверя;
- возможность автоматической обработки результатов.

В свою очередь, к основным особенностям фотосъемки (световой съемки) следует отнести:

- возможность непосредственного визуального определения видовой принадлежности животного;
- фиксация большего числа идентифицирующих признаков;
- высокая вероятность пропусков и недоучета;
- затруднения с автоматической обработкой результатов в настоящее время (необходимы приобретение или разработка собственного программного обеспечения для распознавания образов животных).

Ограниченный размер набора данных делает необходимым рассмотрение возможности переноса результатов в другие места в пределах и за пределами изучаемой области. Мы должны подчеркнуть, что наш вышеупомянутый анализ не лишен недостатков, к которым, думается, относится отсутствие точных данных о численности дичи и охотничьих усилиях, что может привести к ошибкам в измерениях.

Результаты проведенного исследования подтверждают известные положения о влиянии густой растительности на недоучет животных, в особенности тех, которые находятся в зимний период в темнохвойных лесах, маскирующих отдельных особей и их скопления. Нами были сопоставлены два метода мониторинга охотничьих видов (фотографический и термографический) на изучаемой территории охотугодий Кемеровской области – Кузбасса (в границах охотничьих угодий Чебулинского района).

Исходя из исследованных данных целесообразно использовать указанные выше факторы при расчете численности охотничьих животных по данным фотосъемки и тепловизионной съемки. При их комплексном привлечении, как показали проведенные исследования по учету охотничьих животных как на больших, так и на малых территориях, максимально полно идентифицируется наличие животных. Обработка данных преимущественно производится в автоматическом режиме, что минимизирует трудозатраты.

Библиографический список

1. Андреев М. Н., Гребнев И. А. Концептуальные основы развития охотничьего хозяйства Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20 (1). С. 36–47.
2. Данилов П. И., Тирронен К. Ф., Панченко Д. В. Лось (*alces alces* (L.)) и волк (*canis lupus* L.): мониторинг популяций и взаимоотношений на европейском севере России // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2020. Т. 125. № 2. С. 12–24.
3. Камбалин В. С., Пермяков Б. Г. Непримируемые противоречия в оценке численности охотничьих ресурсов // Современные проблемы охотоведения. Молодежный, 2021. С. 83–87.
4. Клименко И. А. Проблемы и перспективы туризма в Сибирском федеральном округе // Аллея науки. 2018. Т. 3. № 3(19). С. 243–247.
5. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. // Официальный сайт Минприроды России. http://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchey_sredy_rossiyskoy_federatsii/.

6. Официальный сайт Администрации Чебулинского муниципального округа. <https://web.archive.org/web/20170729220624/http://chebula.ru/>.
7. Преловский В. А., Пономарёв Г. В., Камбалин В. С. Современное состояние охотничье-промысловых ресурсов Сибири // Известия Иркутского государственного университета. 2018. Т. 24. С. 81–98.
8. Программа для обработки тепловизионных снимков и видеоматериалов с целью определения точных координат экстремумов интенсивности инфракрасного излучения / А. Ю. Просеков [и др.]: свид. №2019615436 Российская Федерация; заявл. 18.04.2019; опубли. 26.04.2019. Реестр программ для ЭВМ. 1 с. https://www1.fips.ru/registers-docview/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2019615436&TypeFile=html.
9. Просеков А. Ю., Бойко Е. В. Охотустройство Кемеровской области - Кузбасса // Научная жизнь. 2021. Т. 16. Вып. 1. С. 127-138.
10. Просеков А. Ю., Каган Е. С., Мешечкин В. В. Прогнозная модель динамики численности лося в Кемеровской Области // Вестник охотоведения. 2020. Т. 17. № 2. С. 100-106.
11. Просеков А. Ю. Внедрение цифровых технологий в методы учета охотничьих животных // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 268-274.
12. Просеков А. Ю. Характеристика и ключевые ограничения традиционных методов учета охотничьих животных и цифровые технологии для решения существующих проблем (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 4. С. 341–354.
13. Скалон В. Н., Гагина Т. Н. Охрана природы и некоторые вопросы технического прогресса // Проблемы охраны среды и рационального природопользования в Кузбассе. С. 3-15.
14. Brack I. V., Kindel A., Oliveira L. F. B. Detection errors in wildlife abundance estimates from Unmanned Aerial Systems (UAS) surveys: Synthesis, solutions, and challenges // Methods in Ecology and Evolution. 2018. V. 9. № 8. P. 1864-1873.
15. Burnside R. J., Collar N. J., Dolman P. M. Dataset on the numbers and proportion of mortality attributable to hunting, trapping, and powerlines in wild and captive-bred migratory Asian houbara *Chlamydotis macqueenii* // Data in Brief. 2018. V. 21. P. 1848–1852.
16. Effects of camera-trap placement and number on detection of members of a mammalian assemblage / T. R. Hofmeester, N. H. Thorsen, J. P. G. M. Cromsigt, J. Kindberg, H. Andrén, J. D. C. Linnell [et al.] // Ecosphere. 2021. V. 12 (7). P. 1-19.
17. Enumerating White-Tailed Deer Using Unmanned Aerial Vehicles / T. M. Preston [et al.] // Wildlife Society Bulletin. 2021. № 1 (45). P. 97-108.
18. Evaluating the Use of Drones Equipped with Thermal Sensors as an Effective Method for Estimating Wildlife / J. T. Beaver [et al.] // Wildlife Society Bulletin. 2020. № 2 (44). P. 434-443.
19. Evans B. E., Mosby C. E., Mortelliti A. Assessing arrays of multiple trail cameras to detect North American mammals // PLOS ONE. 2019. V. 14 (6). P. 1-18.
20. Gross M. Hunting wildlife to extinction // Current Biology. 2019. V. 29. № 12. P. R551-R554.
21. Hunting intensity alters movement behaviour of white-tailed deer / A. R. Little, S. L. Webb, S. Demarais, K. L. Gee, S. K. Riffell, J. A. Gaskamp // Basic and Applied Ecology. 2016. V. 17. № 4. P. 360–369.
22. Impact of environmental diversity of hunting complexes in the Lublin region on ontogenetic quality indicators in roe deer (*Capreolus capreolus*) / P. Czyżowski, L. Drozd, M. Karpiński, K. Tajchman, M. Goleman, J. Wojtaś, D. Zieliński // Biologia. 2018. № 73 (2). P. 185–189.
23. Juvenile moose stress and nutrition dynamics related to winter ticks, landscape characteristics, climate-mediated factors and survival / E. Rosenblatt, J. Debow, J. Blouin, T. Donovan, J. Murdoch, S. Creel [et al.] // Conservation Physiology. 2021. V. 9(1). P. 1-20.
24. Kolowski J. M., Oley J., McShea W. J. High-density camera trap grid reveals lack of consistency in detection and capture rates across space and time // Ecosphere. 2021. V. 12 (2). P. 1-22.
25. Lee S., Song Y., Kil S. H. Feasibility analyses of real-time detection of wildlife using uav-derived thermal and rgb images // Remote Sensing. 2021. № 11 (13). P. 1-19.
26. McMahon M. C., Ditmer M. A., Forester J. D. Comparing unmanned aerial systems with conventional methodology for surveying a wild white-tailed deer population // Wildlife Research. 2021. – P. 1-8.

27. Positive effects of set-asides on European hare (*Lepus europaeus*) populations: Leverets benefit from an enhanced survival rate / S. C. Schai-Braun, T. Ruf, E. Klansek, W. Arnold, K. Hackländer // *Biological Conservation*. 2020. V. 244. P. 108518.

28. Terrestrial mammalian wildlife responses to Unmanned Aerial Systems approaches / E. Bennitt [et al.] // *Scientific Reports*. 2019. № 1 (9). P. 1-10.

29. The effectiveness of decommissioning roadside mineral licks on reducing moose (*Alces alces*) activity near highways: implications for moose-vehicle collisions / R. V. Rea, C. Matthew, G. H. Scheideman, A. M. Matthew // *Canadian Journal of Zoology*. Just-IN. 2021.

30. The declining occurrence of moose (*Alces alces*) at the southernmost edge of its range raise conservation concerns / T. Janik, W. Peters, M. Šálek, D. Romportl, M. Jirků, T. Engleder [et al.] // *Ecology and Evolution*. 2021. V. 11 (10). P. 5468-5483.

31. Wildlife camera trapping: A review and recommendations for linking surveys to ecological processes / A. C. Burton [et al.] // *Journal of Applied Ecology*. 2015. V. 52. № 3. P. 675-685.

Conclusions. Digital technologies in the accounting of animals can significantly improve the effectiveness of environmental monitoring. In this study, an empirical analysis of data is presented, according to which the species belonging of the detected animals is specified, if it cannot be determined only by the thermal signature. In addition, when using the proposed integrated approach, the number of ambiguous frames for manual analysis is significantly reduced (from 500 to 100-120). Consequently, labor costs are also reduced by 4.5-5.0 times, which significantly increases the speed of accounting and makes it more accessible to the customer. Thus, in the course of research, the main features of thermal imaging in the accounting of hunting animals were determined: - high reliability of determining the number of animals as a whole; - the minimum amount of omissions and under-accounting; - the complexity of the species identification of the beast; - the ability to automatically process the results.

In turn, the main features of photographing (light shooting) should include:

- the possibility of direct visual determination of the species identity of the animal;
- fixation of a larger number of identifying features;
- high probability of omissions and under-accounting;
- difficulties with automatic processing of results at the present time (it is necessary to purchase or develop your own software for recognizing animal images).

The limited size of the data set makes it necessary to consider the possibility of transferring the results to other places within and outside the study area. We must emphasize that our above-mentioned analysis is not devoid of shortcomings, which, I think, include the lack of accurate data on the number of wild animals and hunting efforts, which can lead to errors in measurements.

The results of the study confirm the well-known provisions on the influence of dense vegetation on the under-accounting of animals, especially those that are in winter in dark coniferous forests, masking individual individuals and their clusters. We compared two methods of monitoring hunting species (photographic and thermographic) in the studied hunting grounds of the Kemerovo region - Kuzbass (within the boundaries of the hunting grounds of the Chebulinsky district).

Based on the data studied, it is advisable to use the above factors when calculating the number of hunting animals according to the data of photography and thermal imaging. With their complex involvement, as shown by the conducted studies on the accounting of hunting animals both in large and small territories, the presence of animals is identified as fully as possible. Data processing is mainly performed in automatic mode, which minimizes labor costs.

References

1. Andreev M. N., Grebnev I. A. *Konceptual'nye osnovy razvitiya ohotnich'ego hozyajstva Kirovskoj oblasti // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2019. № 20 (1). P. 36-47.

2. Danilov P. I., Tirronen K. F., Panchenko D. V. Los' (alces alces (L.)) i volk (canis lupus L.): monitoring popul'yaciy i vzaimootnoshenij na evropejskom severe Rossii // Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelej prirody. Otdel biologicheskij. 2020. V. 125. № 2. P. 12-24.
3. Kambalin V. S., Permyakov B. G. Neprimirime protivorechiya v ocenke chislennosti ohotnich'ih resursov // Sovremennyye problemy ohotovedeniya. Molodezhnyj, 2021. P. 83-87.
4. Klimenko I. A. Problemy i perspektivy turizma v Sibirskom federal'nom okruge // Alleya nauki. 2018. T. 3. № 3(19). P. 243-247.
5. O sostoyanii i ob ohrane okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federacii v 2017 godu: Gosudarstvennyj doklad. // Oficial'nyj sajt Minprirody Rossii. http://www.mnr.gov.ru/docs/o_sostoyanii_i_ob_okhrane_okruzhayushchej_sredy_rossijskoj_federatsii/.
6. Oficial'nyj sajt Administracii Chebulinskogo municipal'nogo okruga. <https://web.archive.org/web/20170729220624/http://chebula.ru/>.
7. Prelovskij V. A., Ponomarev G. V., Kambalin V. S. Sovremennoe sostoyanie ohotnich'epromyslovых resursov Sibiri // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. 2018. V. 24. P. 81-98.
8. Programma dlya obrabotki teplovizionnyh snimkov i videomaterialov s cel'yu opredeleniya tochnyh koordinat jekstremumov intensivnosti infrakrasnogo izlucheniya / A. Yu. Prosekov [i dr.]: svid. №2019615436 Rossijskaya Federaciya; zayavl. 18.04.2019; opubl. 26.04.2019. Reestr programm dlya JeVM. 1 s. <https://www1.fips.ru/registers-docview/fipsServlet?DB=EVM&DocNumber=2019615436&TypeFile=html>.
9. Prosekov A. Yu., Bojko E. V. Ohotustrojstvo Kemerovskoj oblasti - Kuzbassa // Nauchnaya zhizn'. 2021. T. 16. V. 1. P. 127-138.
10. Prosekov A. Yu., Kagan E. S., Meshechkin V. V. Prognoznaya model' dinamiki chislennosti losya v Kemerovskoj Oblasti // Vestnik ohotovedeniya. 2020. V. 17. № 2. P. 100-106.
11. Prosekov A. Yu. Vnedrenie cifrovых tehnologij v metody ucheta ohotnich'ih zhivotnyh // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 3 (59). V. 268-274.
12. Prosekov A. Yu. Harakteristika i klyuchevye ogranicheniya tradicionnyh metodov ucheta ohotnich'ih zhivotnyh i cifrovые tehnologii dlya resheniya suschestvuyushchih problem (obzor) // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2020. V. 21. № 4. P. 341-354.
13. Skalon V. N., Gagina T. N. Ohrana prirody i nekotorye voprosy tehni-cheskogo progressa // Problemy ohrany sredy i racional'nogo prirodoopol'zovaniya v Kuzbasse. P. 3-15.
14. Brack I. V., Kindel A., Oliveira L. F. B. Detection errors in wildlife abundance estimates from Unmanned Aerial Systems (UAS) surveys: Synthesis, solutions, and challenges // Methods in Ecology and Evolution. 2018. V. 9. № 8. P. 1864-1873.
15. Burnside R. J., Collar N. J., Dolman P. M. Dataset on the numbers and proportion of mortality attributable to hunting, trapping, and powerlines in wild and captive-bred migratory Asian houbara Chlamydotis macqueenii // Data in Brief. 2018. V. 21. P. 1848-1852.
16. Effects of camera-trap placement and number on detection of members of a mammalian assemblage / T. R. Hofmeester, N. H. Thorsen, J. P. G. M. Cromsigt, J. Kindberg, H. Andrén, J. D. C. Linnell [et al.] // Ecosphere. 2021. V. 12 (7). P. 1-19.
17. Enumerating White-Tailed Deer Using Unmanned Aerial Vehicles / T. M. Preston [et al.] // Wildlife Society Bulletin. 2021. № 1 (45). P. 97-108.
18. Evaluating the Use of Drones Equipped with Thermal Sensors as an Effective Method for Estimating Wildlife / J. T. Beaver [et al.] // Wildlife Society Bulletin. 2020. № 2 (44). P. 434-443.
19. Evans B. E., Mosby C. E., Mortelliti A. Assessing arrays of multiple trail cameras to detect North American mammals // PLOS ONE. 2019. V. 14 (6). P. 1-18.
20. Gross M. Hunting wildlife to extinction // Current Biology. 2019. V. 29. № 12. P. R551-R554.
21. Hunting intensity alters movement behaviour of white-tailed deer / A. R. Little, S. L. Webb, S. Demarais, K. L. Gee, S. K. Riffell, J. A. Gaskamp // Basic and Applied Ecology. 2016. V. 17. № 4. P. 360-369.
22. Impact of environmental diversity of hunting complexes in the Lublin region on ontogenetic quality indicators in roe deer (Capreolus capreolus) / P. Czyżowski, L. Drozd, M. Karpiński, K. Tajchman, M. Goleman, J. Wojtaś, D. Zieliński // Biologia. 2018. № 73 (2). P. 185-189.

23. Juvenile moose stress and nutrition dynamics related to winter ticks, landscape characteristics, climate-mediated factors and survival / E. Rosenblatt, J. Debow, J. Blouin, T. Donovan, J. Murdoch, S. Creel [et al.] // *Conservation Physiology*. 2021. V. 9(1). P. 1-20.
24. Kolowski J. M., Oley J., McShea W. J. High-density camera trap grid reveals lack of consistency in detection and capture rates across space and time // *Ecosphere*. 2021. V. 12 (2). P. 1-22.
25. Lee S., Song Y., Kil S. H. Feasibility analyses of real-time detection of wildlife using uav-derived thermal and rgb images // *Remote Sensing*. 2021. № 11 (13). P. 1-19.
26. McMahon M. C., Ditmer M. A., Forester J. D. Comparing unmanned aerial systems with conventional methodology for surveying a wild white-tailed deer population // *Wildlife Research*. 2021. – P. 1-8.
27. Positive effects of set-asides on European hare (*Lepus europaeus*) populations: Leverets benefit from an enhanced survival rate / S. C. Schai-Braun, T. Ruf, E. Klansek, W. Arnold, K. Hackländer // *Biological Conservation*. 2020. V. 244. P. 108518.
28. Terrestrial mammalian wildlife responses to Unmanned Aerial Systems approaches / E. Bennitt [et al.] // *Scientific Reports*. 2019. № 1 (9). P. 1-10.
29. The effectiveness of decommissioning roadside mineral licks on reducing moose (*Alces alces*) activity near highways: implications for moose-vehicle collisions / R. V. Rea, C. Matthew, G. H. Scheideman, A. M. Matthew // *Canadian Journal of Zoology*. Just-IN. 2021.
30. The declining occurrence of moose (*Alces alces*) at the southernmost edge of its range raise conservation concerns / T. Janík, W. Peters, M. Šálek, D. Romportl, M. Jirků, T. Engleder [et al.] // *Ecology and Evolution*. 2021. V. 11 (10). P. 5468-5483.
31. Wildlife camera trapping: A review and recommendations for linking surveys to ecological processes / A. C. Burton [et al.] // *Journal of Applied Ecology*. 2015. V. 52. № 3. P. 675-685.

Author's Information

Prosekov Alexander Yurievich, Corresponding Member of RAS, Dr. Tech. Sci., Professor, Chief researcher, Kemerovo State University, Kemerovo, Kemerovo region, Russia (650000, Kemerovo, Krasnaya str., 6).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5630-3196>. E-mail: aprosekov@rambler.ru.

Информация об авторах:

Просеков Александр Юрьевич, член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово, Кемеровская область, Россия (650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5630-3196>. E-mail: aprosekov@rambler.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-16

ORGANIC SELENIUM AND YEAST PROBIOTIC IN THE DIETS OF LACTATING SOWS

A. T. Varakin ¹, V. G. Epifanov ², G. A. Simonov ³, V. S. Zoteev ⁴, A. A. Sanin ⁴

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy
named after K. A. Timiryazev, Moscow*

³*Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
North-Western Research Institute of Dairy and Grassland Farming, Vologda*

⁴*Samara State Agrarian University, Samara*

Received 10.09.2021

Submitted 01.12.2021

Summary

The article presents research data on the introduction of organic selenium «Alkasel R 397» and yeast probiotic «Levisel SB Plus» into the diet of pigs. The results of the research showed that the use of organic selenium «Alkasel R 397» and yeast probiotic «Levisel SB Plus» in the diets of lactating sows allows to increase the safety of piglets during their rearing, increase the average daily gain in live weight of young animals and maintain the fatness of sows at an optimal level during lactation.

Abstract

The aim of the work is to study the effectiveness of the use of organic selenium «Alkasel R 397» and yeast probiotic «Levisel SB Plus» in the diets of pigs on the productivity of lactating sows. The article highlights the issues of selenium balancing and the addition of probiotics to the diets of pigs to increase productivity. The effectiveness of the use of organic selenium «Alkasel R 397» and yeast probiotic «Levisel SB Plus», fed to sows during lactation, was studied. The positive effect of the fed additives on the safety and growth of piglets was revealed. It was found, that the use of organic selenium «Alkasel R 397» and yeast probiotic «Levisel SB Plus» in the diets of lactating sows increases the survival rate when growing suckling pigs by 7.2%, with an increase in their average daily gain in live weight by 29 g. The introduction of organic selenium «Alkasel R 397» in the diet of sows in the amount of 1 g and 20 g of yeast prebiotic helps to maintain the fatness of sows at an optimal level during lactation, and also allows you to get additional profit per sow per year 2774 rubles.

Key words: organic selenium, probiotic, microflora, biofilm, lactating sow, biomass.

Citation. Varakin A. T., Epifanov V. G., Simonov G. A., Zoteev V. S., Sanin A. A. Organic selenium and yeast probiotic in the diets of lactating sows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4 (64). 152-161 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-16.

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 636.4.033.523

ОРГАНИЧЕСКИЙ СЕЛЕН И ДРОЖЖЕВОЙ ПРОБИОТИК В РАЦИОНАХ ЛАКТИРУЮЩИХ СВИНОМАТОК

А. Т. Варакин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. Г. Епифанов², доктор биологических наук, профессор

Г. А. Симонов³, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

В. С. Зотеев⁴, доктор биологических наук, профессор

А. А. Санин⁴, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева,
г. Москва

³Вологодский научный центр РАН, Северо-Западный научно-исследовательский институт
молочного и лугопастбищного хозяйства, г. Вологда

⁴Самарский государственный аграрный университет, г. Самара

Дата поступления в редакцию 10.09.2021

Дата принятия к печати 01.12.2021

Аннотация. В статье представлены данные исследований по введению органического селена «Alkasel R 397» и дрожжевого пробиотика «Levisel SB Plus» в рацион свиней. Результаты исследования показали, что использование органического селена «Alkasel R 397» и дрожжевого пробиотика «Levisel SB Plus» в рационах лактирующих свиноматок позволяет повысить сохранность поросят в период их выращивания, увеличить среднесуточный прирост живой массы молодняка и поддерживать упитанность свиноматок на оптимальном уровне в период лактации.

Актуальность. Цель работы – изучение эффективности использования в рационах свиней органического селена «Алкасель R 397» и дрожжевого пробиотика «Левисель SB Плюс» на продуктивность лактирующих свиноматок. В статье освещены вопросы балансирования селена и добавки пробиотика в рационы свиней для повышения продуктивности. Изучена эффективность использования органического селена «Алкасель R 397» и дрожжевого пробиотика «Левисель SB Плюс», скармливаемого свиноматкам в период лактации. **Материалы и методы.** Исследования проводились на лактирующих помесных свиноматках пород – крупная белая/ландрас в ЗАО «Алексеевский Бекон», а также на комплексе «Воробьево 2» в Алексеевском районе Белгородской области. **Результаты и выводы.** Выявлено положительное воздействие

скармливаемых добавок на сохранность и рост поросят. Установлено, что применение органического селена «Алкасель R 397» и дрожжевого пробиотика «Левисель SB Плюс» в рационах лактирующих свиноматок повышает показатель сохранности при выращивании поросят-сосунов на 7,2 %, с увеличением их среднего суточного прироста живой массы на 29 г. Введение в рацион свиноматок органического селена «Алкасель R 397» в количестве 1 г и 20 г дрожжевого пробиотика способствует сохранению упитанности свиноматок на оптимальном уровне в период лактации, а также позволяет получить дополнительную прибыль в расчёте на одну свиноматку в год 2774 руб.

Ключевые слова: органический селен, дрожжевые пробиотики, лактирующие свиноматки, рационы свиноматок.

Цитирование. Варакин А. Т., Елифанов В. Г., Симонов Г. А., Зотеев В. С., Санин А. А. Органический селен и дрожжевой пробиотик в рационах лактирующих свиноматок. *Известия НВ АУК.* 2021. 4 (64). 152-161. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-16.

Авторский вклад. Все авторы приведённого исследования непосредственно участвовали в планировании, проведении или анализе данной работы. Авторы настоящей статьи ознакомлены с представленным окончательным её вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В такой отрасли, как свиноводство весьма остро стоит проблема снижения заболеваемости молодняка животных, в частности у поросят-сосунов, а также повышения их сохранности и интенсивности роста.

В племенных свиноводческих хозяйствах имеются кадры высокой квалификации, отлаженный технологический процесс по выращиванию животных, лучшая кормовая база в сравнении с товарным производством свинины, однако зачастую в помётах поросят к отёму остаётся на 1-1,3 голов меньше, чем рождённых. При этом в товарных сельскохозяйственных предприятиях за время проведения подсосного периода у поросят отход их из гнезда может составлять более 2 животных.

Содержание животных, особенно выращиваемого молодняка, сопровождается регулярной борьбой с патогенными микроорганизмами, причём здесь на протяжении ряда лет вошло в практику использование кормовых антибиотиков. Однако результаты практической работы показали: использование их ведёт к угнетению не только вредной микрофлоры, но и полезной. Здесь также имеет место выработка штаммов микроорганизмов, имеющих устойчивость к применению препаратов антибиотиков.

В последние годы большое внимание уделяется принципиально новым технологическим разработкам, связанным с продвижением создаваемых препаратов под названием «пробиотики». Основой для их разработки служат живые микроорганизмы. Естественный способ их введения в организм благотворно влияет на гомеостаз, нормализуя баланс микрофлоры в кишечнике животного [2]. Широко распространены препараты, в основе которых есть живые бактериальные клетки: бифидобактерии, лактобактерии, колибактерии и другие.

Исследованиями выявлено усвоение питательных веществ из заданных кормов микроорганизмами, и поэтому было отмечено быстрое увеличение их биомассы. Они имеют свойства накапливаться, а потом отмирать. После этого уже идёт процесс их переваривания и использования организмом животного. Они же являются для организма их хозяина источником белка, очень ценного в кормовом отношении.

Введение в рацион препарата пробиотика можно сравнить с эффектом действия малой дозы антибиотика. Это позволяет животному увеличить интенсивность роста, способствует лучшей конверсии потребляемых кормов, а также повышается всасывание питательных веществ, увеличивается метаболическая активность, снижается разви-

тие патогенных микроорганизмов, что в итоге приводит к улучшению продуктивных качеств животных. В дополнение к вышесказанному следует отметить уменьшение уровня заболеваний и отхода поголовья.

Препараты пробиотиков являются живыми микроорганизмами. Следует также отметить положительное влияние продуктов их жизнедеятельности, которые имеют избирательные свойства. Так, на поверхности кишечника они образуют защитную биопленку в виде слоя слизи, несущего службу в качестве барьера, противостоящего патогенной микрофлоре. Возникновение стрессовых ситуаций в процессе технологии содержания сельскохозяйственных животных, ведения с ними разных постоянных технологических операций, например перемещения поголовья, взвешивания, вакцинации и других, оказывают определённое влияние на их организм: в нём образуются и накапливаются недоокисленные продукты – свободные радикалы.

Их накопление влияет негативно на животных, в частности приводит к снижению всасывания питательных веществ и возникновению их дисбаланса в организме. Из-за этого идёт падение продуктивных показателей, ухудшается воспроизводительная способность у поголовья. К тому же это ещё и ведёт к всевозможным заболеваниям.

Антиоксиданты являются веществами, способными нейтрализовать в организме свободные радикалы, а также способствуют выведению из него недоокисленных продуктов. Таким образом, антиоксиданты имеют способность противостояния натиску свободных радикалов.

В организме защита антиоксидантной системы построена на ключевых позициях витамина Е и ультрамикроэлемента – селена (Se). Этот биогенный (биотический) микроэлемент играет роль активного участника в процессе обезвреживания токсинов, восстановления и укрепления иммунной системы. Он особенно важен для замедления процесса старения, нормального процесса проявления воспроизводительных способностей. Этот минеральный элемент содержится в белках – селенопротеинах, влияя на клеточные функции путём изменения антиоксидантной активности, метаболизма гормонов щитовидной железы, регуляции активности ферментов, которые принимают участие в восстановительных реакциях организма. Селен имеет многоплановое и широкое влияние на разные звенья иммунной защиты животного. Так, известен один из наиболее изученных разделов его связи с неспецифическим иммунитетом. При этом дефицит данного микроэлемента влияет на функцию нейтрофилов. Следует отметить, что недостаточность активности этого фермента ведёт к разрушению нейтрофилов из-за накопления свободных радикалов. Организация необходимого потребления селена поддерживает активность всех звеньев иммунитета животного [12].

Полноценные рационы свиней по макро- и микроэлементам, витаминам, биологически активным и др. веществам положительно влияют на продуктивность, многоплодие и сохранность поросят [7].

Исследователями установлено благотворное влияние селеносодержащих добавок, включаемых в рационы сельскохозяйственных животных, на их продуктивные показатели [6, 11], и в частности показателей лактирующих особей [1].

В связи с вышесказанным возникла необходимость изучить эффективность использования органического селена «Алкасель R 397» и дрожжевого пробиотика «Левисель SB Плюс» в рационах свиней.

Цель исследований – дать оценку эффективности использования в рационах свиней органического селена «Алкасель R 397» и дрожжевого пробиотика «Левисель SB Плюс» в рационах лактирующих свиноматок.

В задачи входило:

- изучить влияние препаратов «Алкасель R 397» и «Левисель SB Плюс» на толщину шпика у свиноматок в конце подсосного периода;

- установить норму ввода препарата «Алкасель R 397» совместно с «Левисель SB Плюс» в рационы подсосных свиноматок;
- изучить влияние этих препаратов на динамику толщины шпика во время подсосного периода у свиноматок;
- определить влияние изучаемых препаратов на энергию роста и сохранность поросят-сосунов;
- определить толщину шпика у свиноматок при постановке на опорос и при отъёме от них поросят;
- дать экономическую оценку использования препаратов органического селена и пробиотика в рационах подсосных свиноматок.

Материалы и методы. Исследования проводились на лактирующих помесных свиноматках пород крупная белая/ландрас в ЗАО «Алексеевский Бекон», а также на комплексе «Воробьёво 2» в Алексеевском районе Белгородской области.

Для опыта были отобраны 20 свиноматок на последней неделе супоросности. Из них были сформированы четыре группы животных. В сформированные группы включили по 5 свиноматок в каждую.

В эксперименте первой (контрольной) группе свиноматок скармливали комбикорм основного рациона.

При этом второй (опытной) группе скармливали комбикорм основного рациона + 10 грамм препарата «Левисель SB Плюс» и 1 грамм «Алкасель R 397» на голову в сутки.

Третьей (опытной) группе скармливали комбикорм основного рациона + 20 грамм (рекомендованная доза) «Левисель SB Плюс» и 1 грамм «Алкасель R 397» на голову в сутки.

Четвертой (опытной) группе скармливали комбикорм основного рациона + 30 грамм «Левисель SB Плюс» и 1 грамм «Алкасель R 397» на голову в сутки.

Препараты подмешивали в комбикорм один раз в день во время утреннего кормления. Свиноматки получали препараты на протяжении 27 дней. Скармливание начиналось за семь дней до опороса и продолжалось на протяжении всей лактации до отъёма поросят.

У свиноматок дважды измерялась толщина шпика, первый раз при постановке на опорос, а второй – после отъёма поросят. Измерение проводилось ультразвуковым прибором для измерения толщины шпика RENCO. Толщина шпика измерялась в области холки на уровне 6-7-го грудных позвонков.

При опоросе определяли индивидуальную живую массу приплода, а также при отъёме поросят, в возрасте 21 день. Этот контроль осуществляли путём взвешивания животных.

Основным рационом свиноматок являлся комбикорм СПК-2, составленный по нормам кормления ВИЖ (таблица 1).

При этом содержание обменной энергии на 1 кг используемого подопытными свиноматками комбикорма во всех группах составило 12,44 МДж, а также составляющих его питательных веществ: по сырому протеину – 160,0 г, метионину + цистину – 3,1 г, лизину – 6,9 г, треонину – 5,1 г, сырой клетчатке – 60 г, поваренной соли – 5,7 г, кальцию – 8,1 г и фосфору – 6,4 г.

Следует отметить, что рационы животных всех групп во время опыта были сбалансированы согласно существующим нормам РАСХН. Нормирование и состав рационов животным и птице, согласно детализированным нормам, благотворно способствуют их лучшему росту с развитием [5, 14, 16, 18, 21], продуктивным показателям и организации производства качественной продукции [8, 9, 13, 15, 17, 19, 20, 22]; позволяют обеспечить высокую воспроизводительную способность [3, 4, 10]. Это является важным и необходимым при учёте кормления лактирующих свиноматок.

Таблица 1 – Компоненты, составляющие комбикорм

Table 1 – Components of compound feed

Состав / Composition	Содержание, % / Content, %
Содержится в комбикорме: / Contained in compound feed:	
ячменя / barley	20,80
пшеницы / wheat	18,05
кукурузы / corn	12,00
тритикале / triticale	12,00
шрота подсолнечного / sunflower meal	9,50
гороха / peas	7,50
отрубей пшеничных / wheat bran	7,50
шрота соевого / soy meal	6,30
масла подсолнечного / sunflower oil	1,90
витаминно-минеральной добавки / vitamin and mineral supplement	4,45

Результаты и обсуждение. Различные дозы используемых препаратов в рационах лактирующих свиноматок по-разному влияли на их продуктивность. Отдельные зоотехнические показатели свиноматок во время проводимого эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Отдельные зоотехнические показатели маточного поголовья

Table 2 – Selected zootechnical indicators of the breeding stock

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	первая контрольная / first control	вторая опытная / second experimental	третья опытная / third experimental	четвёртая опытная / fourth experimental
Численность животных / Number of animals	5	5	5	5
Толщина шпика свиноматки при постановке на опорос, мм / The thickness of the sow fat when setting on farrowing, mm	29,2±0,84	29,8±1,30	29,6±1,14	29,2±0,83
Толщина шпика свиноматки при отъёме поросят, мм / The thickness of the sow fat when weaning piglets, mm	26,4±0,55	28,0±1,00	28,2±0,95	27,8±0,44

Анализ полученных данных показал, что свиноматки, получающие органический селен «Алкасель R 397» и дозу дрожжевого пробиотика «Левисель SB Плюс» в количестве 20 г, показали меньшее снижение толщины шпика за лактацию, что свидетельствует о лучшей их кондиции и состоянии здоровья.

Зоотехнические показатели поросят, полученных от свиноматок во время проводимого эксперимента, приведены в таблице 3.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что свиноматки, получавшие к основному рациону органический селен «Алкасель R 397» и дрожжевой пробиотик «Левисель SB Плюс», имели лучшие показатели продуктивности. В эксперименте был

проведён отъём поросят-сосунов в возрасте 21 день от подопытного маточного поголовья сравниваемых групп. Так, поросята в этом возрасте имели живую массу, составившую по опытным группам, соответственно 5,32; 5,48 и 5,15 кг, по сравнению с контролем (4,84 кг). Достоверная разница составляла между третьей опытной группой и животными из контроля ($P<0,01$). У поросят второй и четвёртой опытных групп, в сравнении с контрольной, достоверность разницы равнялась ($P<0,05$).

Таблица 3 – Зоотехнические показатели, полученные поросятами-сосунами

Table 3 – Zootechnical indicators obtained by suckling pigs

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	первая контроль- ная) / first control	вторая опытная / second experimental	третья опытная / third experimental	четвёртая опыт- ная / fourth experimental
Животные с живой массой: / Animals with live weight при рождении, кг / at birth, kg	1,25±0,01	1,29±0,02	1,27±0,03	1,29±0,05
при отъёме от маток, кг / at weaning from queens, kg	4,84±0,10	5,32±0,09*	5,48±0,04**	5,15±0,06*
Прирост в среднем за сутки, г / Average growth per day, g	171	192	200	184
Сохранилось за период вы- ращивания, % / Preserved during the growing period, %	85,3	90,4	92,5	91,3

* - разница достоверна при $*(P<0,05)$; $** (P<0,01)$

* - the difference is significant at $*(P<0,05)$; $** (P<0,01)$

По результатам исследований у животных в опытных группах был установлен более высокий показатель среднего суточного прироста живой массы. Они достигли его более высокого уровня, по сравнению с поросятами контрольной группы, соответственно на 21; 29 и 13 грамм.

Из всех групп животных сохранность молодняка также оказалась самой высокой в 3-й опытной группе и превысила показатель к контрольной на 7,2 %. Этот показатель в других опытных группах также оказался выше, чем в контрольной группе, на 5,1 % и 6,0 %.

При расчёте экономической эффективности применения органического селена «Алкасель R 397» и дрожжевого пробиотика «Левисель SB Плюс» учитывалось число опоросов и выход деловых поросят на свиноматку в год, затраты на получение 1 кг прироста живой массы.

Следует отметить, что применение биологически активных препаратов повышало себестоимость 1 кг прироста, но благодаря увеличению продуктивности и сохранности молодняка была получена дополнительная продукция, которая окупала затраты на препараты и принесла в 3-й опытной группе доход в размере 2774 рублей в расчёте на одну свиноматку в год.

Выводы. Установлено, что применение органического селена «Алкасель R 397» и дрожжевого пробиотика «Левисель SB Плюс» в рационах лактирующих свиноматок позволило повысить сохранность поросят в период выращивания на 7,2 %. При этом было установлено, что у поросят увеличился прирост живой массы в среднем за сутки на 29 г. Введение в рацион свиноматок органического селена «Алкасель R 397» в количестве 1 г и 20 г дрожжевого пробиотика обеспечило сохранение упитанности свиноматок на оптимальном уровне в период лактации, а также получение дополнительной прибыли в расчёте на одну свиноматку в год 2774 руб.

Библиографический список

1. Влияние новой кормовой добавки на продуктивность и физиологические показатели молочных коров / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 222-231.
2. Влияние пробиотика «ПРО-А» на убойную продуктивность и мясосальные качества свиней / Р. М. Попов [и др.] // Эффективное животноводство. 2014. № 11. С. 24-25.
3. Влияние ферросила на обмен веществ и репродуктивные функции свиноматок / Д. Гайирбегов [и др.] // Свиноводство. 2009. № 1. С. 10-12.
4. Воспроизводительная способность и состояние рубцового метаболизма коров при разной структуре рационов / А. П. Калашников [и др.] // Доклады Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени В. И. Ленина. 1984. № 11. С. 29-30.
5. Выращивание ремонтного молодняка свиней / Е. А. Тяпугин [и др.] // Свиноводство. 2011. № 1. С. 18-21.
6. Гематологические показатели бычков при введении в рационы селенсодержащих добавок / А. Т. Варакин [и др.] // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 209- 218.
7. Кравченко Ю. В., Злепкин Д. А. Усвояемость рационов, включающих БАВ, откармливаемым свиньям // Свиноводство. 2012. № 1. С. 54-55.
8. Минимизация доли концентратов в рационе холостых овцематок / А. Ушаков [и др.] // Комбикорма. 2016. № 12. С. 81-82.
9. Переваримость питательных веществ рационов холостыми овцематками в летний период / А. С. Ушаков [и др.] // Эффективное животноводство. 2017. № 6 (136). С. 46-47.
10. Потребность суягных овцематок в меди в условиях аридной зоны России / Е. А. Тяпугин [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 2. С. 50-54.
11. Производство говядины с использованием кормовых добавок / А. Т. Варакин [и др.] // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 282-291.
12. Саткеева А. Б., Хуланова М. В. Влияние Селениума на биохимические и продуктивные показатели свиноматок // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2011. № 9. С. 6-19.
13. Симонов Г. А., Гуревич В. И. Тритикале в рационе лактирующих свиноматок // Эффективное животноводство. 2012. № 8 (82). С. 48-49.
14. Симонов Г. А. Использование в рационах кремнеземистого мергеля // Птицеводство. 2009. № 7. С. 31.
15. Симонов Г. А. Использование комплексной минеральной смеси в кормлении коров // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 1998. № 3. С. 60-61.
16. Симонов Г. А. Использование природного кремнезема // Птицеводство. 2009. № 6. С. 34-35.
17. Симонов Г. А., Калашников А. П., Магомедов М. Ш. Влияние разной сбалансированности и структуры рационов // Молочное и мясное скотоводство. 1985. № 1. С. 19-21.
18. Цеолитсодержащие добавки / А. Федин [и др.] // Птицеводство. 2006. № 9. С. 24.
19. Шичкин Г., Симонов Г. Состояние и перспективы развития отрасли свиноводства // Свиноводство. 2007. № 4. С. 9-12.
20. Энергосберегающая технология улучшения старосеяных пастбищ / И. В. Сереброва [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 1. С. 48-50.
21. Эффективность применения селебена в птицеводстве / И. Яппаров [и др.] // Птицеводство. 2006. № 9. С. 20-21.
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.

Conclusion. It was found that the use of organic selenium «Alkasel R 397» and yeast probiotic «Levisel SB Plus» in the diets of lactating sows allowed to increase the safety of piglets during the growing period by 7.2 %. At the same time, it was found that piglets' in-

crease in live weight increased by an average of 29 g per day. Introduction to the diet of sows organic selenium «Alkasel R 397» in the amount of 1 g and 20 g yeast probiotic ensured the preservation of the body condition of sows at an optimal level during lactation, as well as additional profit per sow per year 2774 rubles.

References

1. Vliyanie novoj kormovoj dobavki na produktivnost' i fiziologicheskie pokazateli molochnyh korov / A. T. Varakin [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2021. № 1 (61). P. 222-231.
2. Vliyanie probiotika "PRO-A" na ubojnyuyu produktivnost' i myasosal'nye kachestva svinej / R. M. Popov [i dr.] // Jeffektivnoe zhivotnovodstvo. 2014. № 11. P. 24-25.
3. Vliyanie ferrosila na obmen veschestv i reproduktivnye funkcii svinomatok / D. Gajirbegov [i dr.] // Svinovodstvo. 2009. № 1. P. 10-12.
4. Vosproizvoditel'naya sposobnost' i sostoyanie rubcovogo metabolizma korov pri raznoj strukture racionov / A. P. Kalashnikov [i dr.] // Doklady Vsesoyuznoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk imeni V. I. Lenina. 1984. № 11. P. 29-30.
5. Vyraschivanie remontnogo molodnyaka svinej / E. A. Tyapugin [i dr.] // Svinovodstvo. 2011. № 1. P. 18-21.
6. Gematologicheskie pokazateli bychkov pri vvedenii v raciony selenosoderzhaschih dobavok / A. T. Varakin [i dr.] // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2021. № 3 (63). P. 209-218.
7. Kravchenko Yu. V., Zlepkin D. A. Usvoayaemost' racionov, vkluchayuschih BAV, ot karmlyvaemym svin'yam // Svinovodstvo. 2012. № 1. P. 54-55.
8. Minimizaciya doli konckormov v racione holostyh ovcematok / A. Ushakov [i dr.] // Kombikorma. 2016. № 12. P. 81-82.
9. Perevarimost' pitatel'nyh veschestv racionov holostymi ovcematkami v letnij period / A. S. Ushakov [i dr.] // Jeffektivnoe zhivotnovodstvo. 2017. № 6 (136). P. 46-47.
10. Potrebnost' suyagnyh ovcematok v medi v usloviyah aridnoj zony Rossii / E. A. Tyapugin [i dr.] // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2018. № 2. P. 50-54.
11. Proizvodstvo govyadiny s ispol'zovaniem kormovyh dobavok / A. T. Varakin [i dr.] // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2021. № 3 (63). P. 282-291.
12. Satkeeva A. B., Hulanova M. V. Vliyanie Seleniuma na biohimicheskie i produktivnye pokazateli svinomatok // Kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo. 2011. № 9. P. 6-19.
13. Simonov G. A., Gurevich V. I. Triticale v racione laktiruyuschih svinomatok // Jeffektivnoe zhivotnovodstvo. 2012. № 8 (82). P. 48-49.
14. Simonov G. A. Ispol'zovanie v racionah kremnezemistogo mergelya // Pticevodstvo. 2009. № 7. P. 31.
15. Simonov G. A. Ispol'zovanie kompleksnoj mineral'noj smesi v kormlenii korov // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. 1998. № 3. P. 60-61.
16. Simonov G. A. Ispol'zovanie prirodnogo kremnezema // Pticevodstvo. 2009. № 6. P. 34-35.
17. Simonov G. A., Kalaschnikov A. P., Magomedov M. Sh. Vliyanie raznoj sbalansirovanosti i struktury racionov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 1985. № 1. P. 19-21.
18. Ceolitsoderzhaschie dobavki / A. Fedin [i dr.] // Pticevodstvo. 2006. № 9. P. 24.
19. Shichkin G., Simonov G. Sostoyanie i perspektivy razvitiya otrasli svinovodstva // Svinovodstvo. 2007. № 4. P. 9-12.
20. Jenergosberegayuschaya tehnologiya uluchsheniya staroseyanyh pastbisch / I. V. Serebrova [i dr.] // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2011. № 1. P. 48-50.
21. Jeffektivnost' primeneniya selebena v pticevodstve / I. Yapparov [i dr.] // Pticevodstvo. 2006. № 9. P. 20-21.
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.

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

Epifanov Viktor Gennadivich, Professor of the Feeding Department of the K. A. Timiryazev Russian State Agrarian University (Russia, 127434, Moscow, Timiryazevskaya str., 49); Doctor of Biological Sciences, Professor; Tel. 8 903 173 07 09

Simonov Gennady Aleksandrovich, Chief Researcher of the department of feed and feeding of farm animals Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, North-Western Research Institute of Dairy and Pasture Animal Husbandry (Russia, 160555, Vologda, the village of Molochnoye, Lenin Street, 14); Doctor of Agricultural Sciences, E-mail: gennadiy000@mail.ru

Zoteev Vladimir Stepanovich, Professor of the Department of «Animal Science» of the Samara State Agrarian University (Russia, 446442, Samara region, Kinel, urban settlement Ust-Kinelsky, st. Uchebnaya, 2); Doctor of Biological Sciences, Professor, E-mail: Vladimir.zoteev@yandex.ru

Sanin Andrey Aleksandrovich, Researcher, Samara State Agrarian University (Russia, 446442, Samara region, Kinel, urban settlement Ust-Kinelsky, st. Uchebnaya, 2); Candidate of Agricultural Sciences; Tel. +79276031776

Информация об авторах

Варакин Александр Тихонович, профессор кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); доктор сельскохозяйственных наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/00000003-0375-7108>; E-mail: varakinat58@mail.ru

Епифанов Виктор Геннадьевич, профессор кафедры кормления РГАУ-МСХ имени К.А. Тимирязева (Россия, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49); доктор биологических наук, профессор; Тел. 8 903 173 07 09

Симонов Геннадий Александрович, главный научный сотрудник отдела кормов и кормления сельскохозяйственных животных Вологодского научного центра РАН, Северо-Западного научно-исследовательского института молочного и лугопастбищного хозяйства (Россия, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, 14); доктор сельскохозяйственных наук; E-mail: gennadiy000@mail.ru

Зотеев Владимир Степанович, профессор кафедры «Зоотехния» Самарского государственного аграрного университета (Россия, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2); доктор биологических наук, профессор, E-mail: Vladimir.zoteev@yandex.ru

Санин Андрей Александрович, научный сотрудник Самарского государственного аграрного университета (Россия, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2); кандидат сельскохозяйственных наук, Тел. 8 927 603 17 76

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-17

MISSENSE MUTATIONS IN THE CODING REGION OF THE GH AND LEP GENES ASSOCIATED WITH SIGNS OF GROWTH IN SOVIET MERINO SHEEP

L. N. Skorykh¹, N. S. Safonova¹, D. A. Kovalev², N. I. Efimova¹

¹Federal State Budget Scientific Institution

«North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center», Mikhailovsk

²Federal State Healthcare Institution «Stavropol Research Anti-Plague Institute», Stavropol

Received 10.09.2021

Submitted 15.11.2021

Summary

The paper presents the results of a study of the somatotropin (GH) and leptin (LEP) genes in Soviet merino sheep bred in the Stavropol Territory. Sequencing revealed missense mutations in the GH and LEP genes in the structure of the genome of sheep of the studied breed.

Abstract

Introduction. The preservation and rational use of the sheep gene pool is a very urgent problem of the development of sheep breeding in modern conditions. Mutton is an important food product all over the world, as it contains a valuable stearin complex, amino acids, saturated and unsaturated fatty acids,

enzymes, vitamins, macro- and microelements, which leads to a constant increase in the production of this type of meat in recent decades. This becomes possible with the help of marker-oriented selection tools. After all, hundreds of thousands of genetic markers have already been studied, distributed throughout the genome, which makes it possible to accurately identify the genotypes of animals bearing desirable phenotypic features, and on their basis to conduct breeding. **Object.** The object of the study is sheep of the Soviet Merino breed. **Materials and methods.** The research was carried out on the basis of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding - the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center» in the laboratories of the Federal State Healthcare Institution «Stavropol Research Anti-Plague Institute». Sampling was carried out under aseptic conditions. Blood for DNA isolation was obtained from the jugular vein of sheep (n=30). Combinations of primer pairs leading to one specific amplification signal were selected for all the studied SNPs. Sequencing was performed in accordance with the manufacturer's protocol, using the BigDye™ Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit reagents. **Results and conclusion.** A single nucleotide polymorphism has been identified in the coding part of the GH gene (c.476G>A), which leads to the replacement of Arg → Gln. The study of the LEP gene revealed a single nucleotide polymorphism also in the coding part (c.541G>T), responsible for the replacement of Val → Leu. This polymorphism has previously been identified in several breeds of sheep (New Zealand Merino, sheep breeds Romney Marsh, Kupworth, Corridale, Poll Dorset, Suffolk). Based on a comparison based on the results of weighing, animals with the GHST genotype have 5.0 and 7.6% more birth weight than homozygous genotypes. Also, at birth, animals with the LEP^{GG} genotype had a greater mass compared to carriers of the LEP^{GG} genotype by 9.1%. The results of the associative analysis of GH and LEP genotypes and growth signs confirm our hypothesis about the presence of the genetic potential of Soviet Merino sheep to improve lamb production.

Key words: growth hormone, leptin, sequencing, SNP, Soviet Merino.

Citation. Skorykh L. N., Safonova N. S., Kovalev D. A., Efimova N. I. Missense mutations in the coding region of the GH and LEP genes associated with signs of growth in soviet merino sheep. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2021. 4(64). 161-170 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-17.

Author's contribution. The author of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

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

УДК 591.151:636.32/.38.082.13

МИССЕНС-МУТАЦИИ В КОДИРУЮЩЕЙ ОБЛАСТИ ГЕНОВ GH И LEP, АССОЦИИРОВАННЫЕ С ПРИЗНАКАМИ РОСТА У ОВЕЦ ПОРОДЫ СОВЕТСКИЙ МЕРИНОС

Л. Н. Скорых¹, доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник

Н. С. Сафонова¹, младший научный сотрудник

Д. А. Ковалев², кандидат химических наук, заведующий лабораторией

Н. И. Ефимова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

¹ФГБНУ Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, г. Михайловск

²ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Ставрополь

Дата поступления в редакцию 10.09.2021

Дата принятия к печати 15.11.2021

Аннотация. В работе представлены результаты исследования генов соматотропина (GH) и лептина (LEP) у овец породы советский мерин, разводимых в Ставропольском крае. При секвенировании выявлены миссенс-мутации в генах GH и LEP в структуре генома овец изучаемой породы.

Актуальность. Сохранение и рациональное использование генофонда овец является весьма актуальной проблемой развития овцеводства в современных условиях. Баранина является важным продуктом питания во всем мире, так как содержит ценный стеариновый комплекс,

аминокислоты, насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, ферменты, витамины, макро- и микроэлементы, что приводит к постоянному росту производства этого вида мяса в последние десятилетия. Это становится возможным при помощи инструментов маркер-ориентированной селекции. Уже изучены сотни тысяч генетических маркеров, распределенных по всему геному, что позволяет точно идентифицировать генотипы животных, несущих желательные фенотипические особенности, и на их основе вести селекцию. **Объект.** Объектом исследования являются овцы породы советский меринос. **Материалы и методы.** Исследования проводились на базе Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в лабораториях ФКУЗ «Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт». Забор образцов проводился в асептических условиях. Кровь для выделения ДНК была получена из яремной вены овец (n=30). Для всех исследованных SNP были выбраны комбинации пар праймеров, приводящие к одному специфическому сигналу амплификации. Секвенирование проводили в соответствии с протоколом производителя, при помощи набора реагентов BigDye™ Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit. **Результаты и обсуждение.** Выявлен однонуклеотидный полиморфизм в кодирующей части гена GH (с.476G>A), который приводит к замене Arg → Gln. При исследовании гена LEP обнаружен однонуклеотидный полиморфизм также в кодирующей части (с.541G>T), ответственный за замену Val → Leu. Этот полиморфизм ранее был идентифицирован у нескольких пород овец (новозеландских мериносов, овец пород ромни-марш, купворт, корридейл, полл дорсет, суффолк). Основываясь на результатах взвешивания, делаем вывод о том, что у животных с генотипом GH^{CT} на 5,0 и 7,6 % больше масса при рождении, чем у гомозиготных генотипов. Также при рождении животные с генотипом LEP^{GT} имели большую массу по сравнению с носителями генотипа LEP^{GG} на 9,1 %. Результаты ассоциативного анализа генотипов GH и LEP и признаков роста подтверждают нашу гипотезу о наличии генетического потенциала овец породы советский меринос для улучшения производства баранины.

Ключевые слова: миссенс-мутации, породы овец, секвенирование, SNP, советский меринос, мясная продуктивность овец.

Цитирование. Скорых Л. Н., Сафонова Н. С., Ковалев Д. А., Ефимова Н. И. Миссенс-мутации в кодирующей области генов GH и LEP, ассоциированные с признаками роста у овец породы советский меринос. Известия НВ АУК. 2021. 4(64). 161-170. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-17.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современных экономических условиях чрезвычайно высока значимость мясной продуктивности овец. Баранина является важным продуктом питания, обладающим высокой питательной ценностью и отличными от других видов мяса высокими вкусовыми качествами, а также содержит белки, жиры (со значительным количеством стеаринового комплекса), ферменты, витамины, макро- и микроэлементы, аминокислоты, насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты [3, 4, 11].

В сельском хозяйстве хозяйственно полезные признаки, например, продуктивность, наследуются по сложному полигенному типу и находятся под контролем многих генов, расположенных в QTL-локусах, также они нередко располагаются на разных хромосомах [2, 5]. Несмотря на сообщения о высокой наследуемости признаков мясной продуктивности, изучение генетических маркеров и генов-кандидатов для улучшения мясной продуктивности поможет отобрать лучших животных в раннем возрасте с более широкими возможностями.

Повышение мясной продуктивности является приоритетным и основным направлением в селекции животноводческой отрасли. Важной частью национальных селекционных программ в большинстве стран с развитым животноводством являются

инструменты MAS (маркер-ассоциированная селекция) [8]. Соматотропин (GH) и лептин (LEP) являются ключевыми гормональными регуляторами энергетического обмена. Полиморфизм генов затрагивает все сферы продуктивности: репродуктивные качества, параметры мясной, шерстной, молочной продуктивности. Так, наиболее изученными являются группы животных крупного рогатого скота [10], коз [9] и овец [18].

По сравнению с фенотипическим отбором технологии селекции на основе генов имеют гораздо большую скорость генетического прироста или реакции. Это связано с тем, что информация о последовательности генов не зависит от окружающей среды [13].

Кроме того, такие технологии отбора значительно улучшат реакцию на отбор по признакам, которые остались позади или которые трудно улучшить с помощью традиционной технологии фенотипического отбора (признаки с низкой наследуемостью, признаки, которые сложно или дорого измерить, признаки, ограниченные полом) [19]. С другой стороны, конечно, были проведены многочисленные исследования связи мутаций с признаками мясной продуктивности у крупного рогатого скота [7, 15, 17], но намного меньше было исследовано по этим генам у овец. Соответственно необходимы исследования для выявления вариаций генов у овец и оценки их воздействия на продуктивность.

Следовательно, идентификация функциональных вариантов ДНК необходима для эффективных программ селекции. Это означает, что необходимо исследовать больше генов, расположенных в QTL [2, 5]. Целые гены, а не только части должны быть протестированы на целевых породах или видах, изучены генетические вариации и эпигенетических факторы, выгодные для производства.

Соматотропная ось, система контроля секреции гормона роста и его эндогенных факторов, участвующих в регуляции метаболизма и распределения энергии, имеет многообещающие возможности для получения экономически ценных качеств у сельскохозяйственных животных.

Особую роль в шерстном овцеводстве играет порода советский меринос, обладающая высокими продуктивными и наследственными качествами, а также оптимальным сочетанием высокой шерстной и мясной продуктивности [3].

Целью нашего исследования явилось изучение ассоциаций однонуклеотидных полиморфизмов генов соматотропина и лептина с признаками роста у овец породы советский меринос.

Объект исследования. Объектом исследования служили овцы породы советский меринос (Россия).

Материалы и методы. Экспериментальная часть исследований проводилась на базе Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» и в лабораториях ФКУЗ «Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт».

Забор образцов проводился в асептических условиях. Кровь для выделения ДНК была получена из яремной вены овец (n=30).

Генетический анализ проводился методом ПЦР и капиллярного секвенирования по Сэнгеру. Выделение ДНК осуществляли методом нуклеосорбции с использованием сертифицированного набора «ДНК сорб – В» (ИнтерЛабСервис, Россия).

Олигонуклеотидные праймеры для амплификации участков генов LEP, GH подбирались на основании результатов других исследований [12, 16]. Последовательность праймеров для амплификации участков генов GH: F: 5'-GAAACCTCCTTCCTCGCCC-3', R: 5'- CCAGGGTCTAGGAAGCCACA-3' и LEP: F: 5'- AGGAAGCACCTCTACGCTC -3', R: 5'- CTTCAAGGCTTCAGCACC -3'.

Секвенирование проводили при помощи генетического анализатора ABI PRISM 3500 Genetic Analyzer с применением набора реагентов BigDye™ Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit в соответствии с инструкцией производителя.

Для картирования использовалась сборка генома Oar_v4.0. Аннотирование генов выполнялось с использованием геномных браузеров Ensemble (www.ensembl.org) и NCBI (www.ncbi.nlm.nih.gov).

В данном исследовании также был проведен генетический анализ (изучение частот генотипов, частоты аллелей и генного разнообразия).

Результаты и обсуждение. В процессе молекулярно-генетического анализа фрагмента гена гормона роста (GH) у овец породы советский меринос выявлена несинонимичная замена с.476G>A (g.47485936C>T; p.Agn159Gln), которая находится в кодирующей части экзона V (рисунок 1). В кодирующей области экзона III гена лептин (LEP) выявлена несинонимичная замена – с.541G>T (g.92503453G>T; p.Val181Leu) (рисунок 1). Гомозиготный генотип LEP^{TT} не был обнаружен у животных этой породы, что сопоставимо с другими исследованиями у овец эдильбаевской породы, где также отсутствовал этот генотип LEP^{TT} [6].

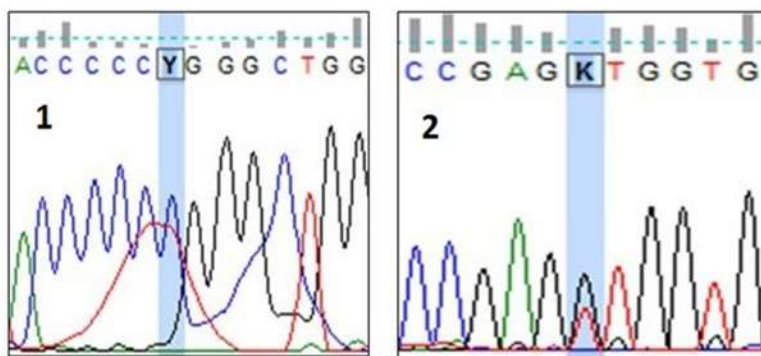


Рисунок 1 – 1) Фрагмент секвенограммы, включающий SNP (Y) в экзоне V гена GH gene у овец; 2) Фрагмент секвенограммы, включающий SNP (K) в экзоне III гена LEP у овец

Figure 1 - 1) A fragment of a sequenogram including SNP (Y) in exon V of the GH gene in sheep; 2) A fragment of a sequenogram including SNP (K) in exon III of the LEP gene in sheep

Следует отметить, что замена с.387G>T была обнаружена зарубежными исследователями у пород новозеландских мериносов, ромни-марш, купворт, корридейл, полл дорсет, суффолк, но данные о частоте встречаемости аллелей не приведены [20]. Также известно об обнаружении замены с.387G>T у овец индийской породы мальпура, но дальнейших ассоциаций с продуктивностью не установлено [12].

В исследовании идентифицировали по два отличительных паттерна: аллели G и T; C и T в генах GH и LEP соответственно, а распределение генотипов выражалось в следующем: три генотипа гена GH (CC, CT, TT с частотой встречаемости 0,533; 0,333; 0,134 соответственно) и два генотипа гена LEP (GG, GT с частотой встречаемости 0,733 и 0,267 соответственно).

Анализируя частоту встречаемости аллелей гена LEP, установили, что частота встречаемости референсного аллеля G в 2,7 раза выше частоты встречаемости мутантного аллеля T. В процессе анализа встречаемости аллелей гена GH выявлено, что встречаемость референсного аллеля C в 2,3 раза выше, чем аллеля T (таблица 1).

Степень гетерозиготности представляет собой средний процент гетерозиготных особей в популяции и характеризует уровень полиморфизма аллелей. Степень гетерозиготности генов GH и LEP у овец исследуемой породы составляет 0,427 и 0,244 соответственно (таблица 2). Так, высокая гетерозиготность гена GH свидетельствует о наибольшем генетическом разнообразии внутри популяции.

Таблица 1 – Частота аллелей и генотипов генов GH и LEP овец породы советский меринос (n = 30)

Table 1 – Frequency of alleles and genotypes of GH and LEP genes of Soviet Merino sheep (n = 30)

Показатель / Indicator	GH /C321T		LEP/G387T	
Частота генотипов / Frequency of genotypes	CC	0,533	GG	0,733
	CT	0,333	GT	0,267
	TT	0,134	TT	0
Частота аллелей / Fre- quency of alleles	C	0,70	G	0,86
	T	0,30	T	0,14
Степень гетерозигот- ности / Degree of heter- ozygosity	0,427		0,244	

У исследуемых животных генотипа GH^{CT} наблюдается более высокий темп роста в сравнении с генотипами GH^{CC} и GH^{TT}. Так, масса при рождении у овец с генотипом GH^{CT} была на 5,0 и 7,6 % ($p \leq 0,05$) больше, чем у гомозиготных особей GH^{CC} и GH^{TT} соответственно. К тому же овцы с генотипом GH^{CT} по показателям массы при отъеме были больше по сравнению с обеими группами гомозиготных носителей на 4,7 и 7,0 % соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Признаки роста овец породы советский меринос по генотипам генов GH и LEP

Table 2 – Signs of growth of Soviet Merino sheep by genotypes of GH and LEP genes

Ген / Gene	Генотип / Genotype	Признаки роста / Signs of growth		
		Масса при рожде- нии, кг / Weight at birth, kg	Среднесуточный при- рост, г / Average daily increase, g	Масса при отъеме, кг / Weight at wean- ing, kg
GH	CC	4,03±0,09	169,6±1,8	24,4±0,25
	CT	4,48±0,15*	175,75±2,04	25,6±0,31*
	TT	3,9±0,13	165,2±2,07*	23,8±0,24
LEP	GG	4,1±0,11	170,0±3,3	24,5±0,27
	GT	4,51±0,18	177,3±2,01	25,8±0,35*

Примечание – Достоверность различий с группой гомозигот обозначена: * – $p \leq 0,05$.

Note - The reliability of the differences with the homozygote group is indicated by: * - $p \leq 0.05$.

Овцы с генотипом LEP^{GT} отличаются более высокой массой при рождении на 9,1 % по сравнению с генотипом LEP^{GG}. В динамике находятся значения массы при отъеме: так, животные с генотипом LEP^{GT} лидируют по массе на 5,0 %.

Данные показатели подтверждают рост соответствующих значений среднесуточного прироста (таблица 3). Так, среднесуточный прирост у овец с генотипом GH^{CT} был на 3,5 и 6,0 % ($p \leq 0,05$) больше, чем у овец с гомозиготными генотипами GH^{CC} и GH^{TT} соответственно. При анализе данных среднесуточного прироста у животных с генотипом LEP^{GT} был больший показатель на 4,1 % по сравнению с LEP^{GG}.

Результаты этого исследования показали, что животные с полиморфизмом генов GH^{CT} и LEP^{GT} отличаются большими показателями массы тела при рождении и отъеме, а также среднесуточным приростом. Yu. A. Kolosov et al. (2017) [1] при исследовании полиморфных вариантов гена GH также наблюдали изменение массы тела у гетерозиготных овец сальской породы при рождении и в последующие возрастные периоды.

В результате нашего исследования было установлено, что присутствие несинонимичных замен g.47485936C>T и g.92503453G>T в генах GH и LEP оказало положительное влияние на параметры роста и развития анализируемой популяции овец.

Выводы. По результатам секвенирования в части ДНК идентифицировали миссенс-мутации, расположенные в кодирующих частях экзона III гена LEP и экзона V гена GH. Результаты ассоциативного анализа генотипов GH и LEP и признаков роста подтверждают нашу гипотезу о наличии генетического потенциала для улучшения производства баранины у овец породы советский меринос.

Четко наблюдались генетические вариации в продуктивности, что подчеркивает важность дальнейшего поиска маркеров для программ селекции в породе. На данный момент нет исследований, в которых изучалась бы связь между вариантами GH, LEP и мясными характеристиками овец породы советский меринос, что было обусловлено сравнением результатов текущих исследований.

Важно отметить, что существует предположение о возможном разделении генетических вариантов генов на «хороший» и «плохой» генотипы по признакам мясной продуктивности, что облегчит будущее разведение в направлении улучшения производства [14]. Это предложение может быть использовано в вариантах GH, LEP для достижения оптимального прогресса в производстве баранины от овец породы советский меринос. Поэтому овцы этой породы имеют большие возможности для генетического улучшения, если будет реализована программа отбора по этим генам-маркерам.

Библиографический список

1. Биотехнологические методы изучения полиморфизма гена гормона роста / Ю. А. Колосов [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. Т. 2. № 42. С. 82–86.
2. Леонова М. А., Гетманцева Л. В., Колосов А. Ю. Распределение частот аллелей и генотипов гена лейкемия ингибирующего фактора у свиней различных пород // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2. С. 534.
3. Мясная и шерстная продуктивность ярок породы советский меринос разных генотипов / Н. И. Ефимова [и др.] // Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию факультета технологического менеджмента. 2014. С. 35-40.
4. Продуктивные и воспроизводительные особенности баранов и маток создаваемого скороспелого типа мясо-шерстных овец / А. А. Омаров [и др.] // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2016. Т. 1. № 9. С. 140-144.
5. Рукин И. В., Пантюх Е. С., Груздев Д. С. Геномная селекция - будущее в разведении животных // Зоотехния. 2013. № 7. С. 8-9.
6. Сенина Р. Ю., Калашникова Л. А., Лушников В. П. Полиморфизм *lep387* в популяции овец эдильбаевской породы // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: материалы международной научно-практической конференции. Башкирский государственный аграрный университет; ООО «Башкирская выставочная компания», 2020. С. 160-163.
7. Akers R. M. Major advances associated with hormone and growth factor regulation of mammary growth and lactation in dairy cows // J. Dairy Sci. 2006. V. 89. P. 1222-1234.
8. Evaluating the effects of a single copy of a mutation in the myostatin gene (c.*1232G>A) on carcass traits in crossbred lambs / A. Y. Masri [et al.] // Meat Sci. 2011. V. 87(4). P. 412-418.
9. Genetic polymorphism of the leptin and receptor growth hormone in goats / N. M. V. Silva [et al.] // Archivos de Zootecnia. 2012. V. 61 (234). P. 187-195.
10. Identification of g.170G>A and g.332G>A mutations in exon 3 of leptin gene (*Bcln* and *Cail*) and their association with semen quality and testicular dimensions in Sanjabi rams / N. Hernandez [et al.] // Anim. Reprod. Sci. 2017. V. 179. P. 49–56.
11. Meat quality of designated South African indigenous goat and sheep breeds / P. A. Tshabalala [et al.] // Meat Science. 2003. V. 65. № 1. P. 563-570.
12. Meena A. S., Artabandhu Sahoo, Randhir Bhatt Polymorphism of the exon 3 of leptin gene in Malpura sheep // Article in Indian Journal of Animal Research. 2016.

13. Naqvi A. N. Application of molecular genetic technologies in livestock production: potentials for developing countries // *Advances in Biological Research*. 2007. V. 1. № 3-4. P. 72-84.
14. Novel genetic variation associated to CSN3 strongly affects rennet-induced milk coagulation / N. A. Poulsen [et al.] // *Int Dairy*. 2017. V. 71. P. 122-30.
15. Polymorphism of the growth hormone gene and its association with growth traits in Boer goat bucks / G. H. Hua [et al.] // *Meat Sci*. 2009. V. 81. P. 391-395.
16. Polymorphism of growth hormone gene and its association with wool traits in Egyptian sheep breeds. / M. Farag Ibrahim [et al.] // *African Journal of Biotechnology*. 2016. Vol. 15 (14). P. 549-556.
17. Sejrsen K., Purup M. Vestergaardm and J. Foldager. High body weight gain and reduced bovine mammary growth: Physiological basis and implications for milk yield potential // *Domestic Anim. Endocrinol*. 2000. V. 19. P. 93-104.
18. Sequencing and Polymorphism detection in growth hormone gene in Najdi Sheep and their association with milk production / M. Aqlan Faisal [et al.] // *Indian Journal Of Animal Research*. 2019. Vol. 53. Issue 4. B-920.
19. Van Eenennaam A. L. DNA-based biotechnologies // *Beef Sire Selection Manual*. The National Beef Cattle Evaluation Consortium. 2006. P. 66-73.
20. Zhou H., Hickford J. G. H., Gong H. Identification of Allelic Polymorphism in the Ovine Leptin Gene // *Molecular Biotechnology*. 2009. V. 41. P. 22-25.

Conclusions. Based on the results of sequencing in the DNA part, missense mutations located in the coding parts of exon III of the LEP gene and exon V of the GH gene were identified. The results of the associative analysis of GH and LEP genotypes and growth signs confirm our hypothesis that there is a genetic potential for improving mutton production in Soviet Merino sheep.

Genetic variations in productivity were clearly observed, which underlines the importance of further search for markers for breeding programs in the breed. At the moment, there are no studies that study the relationship between GH, LEP variants and meat characteristics in Soviet Merino sheep, which was due to a comparison of the results of current studies.

It is important to note that there is an assumption about the possible separation of genetic variants of genes into "good" and "bad" genotypes based on meat productivity, which will facilitate future breeding in the direction of improving production [20]. This offer can be used in GH, LEP variants to achieve optimal progress in the production of mutton from Soviet Merino sheep. Therefore, sheep of this breed have great opportunities for genetic improvement if a selection program for these marker genes is implemented.

References

1. Biotechnological methods for studying polymorphism of the growth hormone gene / Yu. A. Kolosov [et al.] // *Far Eastern Agrarian Bulletin*. 2017. Vol. 2. No. 42. P. 82-86.
2. Leonova M. A., Getmantseva L. V., Kolosov A. Yu. Frequency distribution of alleles and genotypes of the leukemia inhibitory factor gene in pigs of various breeds // *Modern problems of science and education*. 2015. No. 2. P. 534.
3. Meat and wool productivity of the bright breed Soviet merino of different genotypes / N. I. Efimova [et al.] // *The materials of the IX International Scientific and Practical Conference dedicated to the 85th anniversary of the Faculty of Technological Management Innovations and modern technologies in the production and processing of agricultural products*. 2014. P. 35-40.
4. Productive and reproductive features of rams and queens of the created precocious type of meat-wool sheep / A. A. Omarov [et al.] // *Collection of scientific papers of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat breeding*. 2016. Vol. 1. No. 9. P. 140-144.
5. Rukin I. V., Pantyukh E. S., Gruzdev D. S. Genomic selection - the future in animal breeding // *Zootechnia*. 2013. No. 7. P. 8-9.

6. Senina R. Yu., Kalashnikova L. A., Lushnikov V. P. lep387 polymorphism in the population of sheep of the Edilbaev breed // The current state, traditions and innovative technologies in the development of agriculture: materials of the international scientific and practical conference. Bashkir State Agrarian University; Bashkir Exhibition Company LLC, 2020. P. 160-163.
7. Akers R. M. Major advances associated with hormone and growth factor regulation of mammary growth and lactation in dairy cows // J. Dairy Sci. 2006. V. 89. P. 1222-1234.
8. Evaluating the effects of a single copy of a mutation in the myostatin gene (c.*1232G>A) on carcass traits in crossbred lambs / A. Y. Masri [et al.] // Meat Sci. 2011. V. 87(4). P. 412-418.
9. Genetic polymorphism of the leptin and receptor growth hormone in goats / N. M. V. Silva [et al.] // Archivos de Zootecnia. 2012. V. 61 (234). P. 187-195.
10. Identification of g.170G>A and g.332G>A mutations in exon 3 of leptin gene (Bcni and Cail) and their association with semen quality and testicular dimensions in Sanjabi rams / N. Hernandez [et al.] // Anim. Reprod. Sci. 2017. V. 179. P. 49-56.
11. Meat quality of designated South African indigenous goat and sheep breeds / P. A. Tshabalala [et al.] // Meat Science. 2003. V. 65. № 1. P. 563-570.
12. Meena A. S., Artabandhu Sahoo, Randhir Bhatt Polymorphism of the exon 3 of leptin gene in Malpura sheep // Article in Indian Journal of Animal Research. 2016.
13. Naqvi A. N. Application of molecular genetic technologies in livestock production: potentials for developing countries // Advances in Biological Research. 2007. V. 1. № 3-4. P. 72-84.
14. Novel genetic variation associated to CSN3 strongly affects rennet-induced milk coagulation / N. A. Poulsen [et al.] // Int Dairy. 2017. V. 71. P. 122-30.
15. Polymorphism of the growth hormone gene and its association with growth traits in Boer goat bucks / G. H. Hua [et al.] // Meat Sci. 2009. V. 81. P. 391-395.
16. Polymorphism of growth hormone gene and its association with wool traits in Egyptian sheep breeds. / M. Farag Ibrahim [et al.] // African Journal of Biotechnology. 2016. Vol. 15 (14). P. 549-556.
17. Sejrsen K., Purup M. Vestergaardm and J. Foldager. High body weight gain and reduced bovine mammary growth: Physiological basis and implications for milk yield potential // Domestic Anim. Endocrinol. 2000. V. 19. P. 93-104.
18. Sequencing and Polymorphism detection in growth hormone gene in Najdi Sheep and their association with milk production / M. Aqlan Faisal [et al.] // Indian Journal Of Animal Research. 2019. Vol. 53. Issue 4. B-920.
19. Van Eenennaam A. L. DNA-based biotechnologies // Beef Sire Selection Manual. The National Beef Cattle Evaluation Consortium. 2006. P. 66-73.
20. Zhou H., Hickford J. G. H., Gong H. Identification of Allelic Polymorphism in the Ovine Leptin Gene // Molecular Biotechnology. 2009. V. 41. P. 22-25.

Authors Information

Skorykh Larisa Nikolaevna, Chief Researcher of the Department of Sheep and Goat Breeding of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (Russia, Stavropol, 34 Chkalov lane, sq.48), Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, tel. 8(8652)26-03-12, e-mail: smu.sniizhk@yandex.ru

Safonova Nadezhda Sergeevna, Junior Researcher at the Laboratory of Immunogenetics and DNA Technologies of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (Russia, 355013, Stavropol, Tavrichesky Passage 3A), tel. 89187507221, e-mail: nadejda2383@yandex.ru

Kovalev Dmitry Anatolyevich, Head of the Biochemistry Laboratory of the Stavropol Anti-Plague Institute of Rospotrebnadzor (Russia, 355017, Stavropol, Mira str., 280, bldg. 2, sq. 47) Candidate of Chemical Sciences, tel. 8(865-2) 26-03-12, e-mail: kovalev_da.stv@list.ru

Efimova Nina Ivanovna, Leading Researcher of the Department of Sheep and Goat Breeding of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center (Russia, Stavropol, Pushkin str. 30, sq.11) Candidate of Agricultural Sciences, tel. 8 (8652) 71-95-58, e-mail: smu.sniizhk@yandex.ru

Информация об авторах

Скорых Лариса Николаевна, главный научный сотрудник отдела овцеводства и козоводства ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (РФ, г. Ставрополь, пер. Чкалова 34, кв.48), доктор биологических наук, доцент, тел. 8(8652)26-03-12, e-mail: smu.sniizhk@yandex.ru

Сафонова Надежда Сергеевна, младший научный сотрудник лаборатории иммуногенетики и ДНК-технологий ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (РФ, 355013, г. Ставрополь, проезд Таврический 3А), тел. 89187507221, e-mail: nadejda2383@yandex.ru

Ковалев Дмитрий Анатольевич, заведующий лабораторией биохимии ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора (РФ, 355017, г. Ставрополь, ул. Мира, 280, корп. 2, кв. 47) кандидат химических наук, тел. 8(865-2) 26-03-12, e-mail: kovalev_da.stv@list.ru

Ефимова Нина Ивановна, ведущий научный сотрудник отдела овцеводства и козоводства ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (РФ, г. Ставрополь, ул. Пушкина 30, кв. 11) кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8652) 71-95-58, e-mail: smu.sniizhk@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-18

HEMATOLOGICAL PARAMETERS AND RESISTANCE OF THE ORGANISM OF PIGGIES WHEN ADDING AMINO ACIDS AND ENZYMES TO THEIR DIET

O. V. Budtuev, O. D. Budtueva

Volgograd State Agrarian University

Received 01.03.2021

Submitted 24.11.2021

Summary

The article deals with the comparative morphological composition of blood, the effect of feeding animals on the composition of the blood, namely the use of threonine and enzyme preparations in the diet of the fattening pigs. This experiment was carried out on four groups of pigs - control, experimental I, experimental II and experimental III. The diet of the experimental groups was enriched with threonine and enzyme preparations. Comparative analysis of the content of erythrocytes, leukocytes and the hemoglobin in the blood made it possible to establish that the content of erythrocytes in the experimental groups varied in the range of $6.21-6.29 \times 10^{12} / l$. It was noted that the control group was inferior to I, II and III in the experimental group.

Abstract

Introduction. Due to the fact that feed makes up a large part of the total cost of pig production, one of the main ways to solve the problems of the state of production efficiency in the industry is to reduce the cost of feed. The purpose of this study was to collect and analyze data on the use of the amino acid threonine, celloviridin-B G20x and amylosubtilin G3x in fattening young pigs and study their effect on hematological parameters. The main component of pig feed is cereal grain, but it contains an insufficient amount of essential amino acids, in particular threonine. Pigs are monogastric animals, in their digestive tract there are no enzymes that break down complex polysaccharides of plant feed, this, as well as early weaning of animals, encourages the use of enzyme preparations. For this reason, the interest in studying the effect of threonine and enzyme preparations on the physiological parameters of young pigs is currently of interest. **Object.** The object of this research was young pigs. **Materials and methods.** Scientific research was carried out at the enterprise, which is the largest pork producer in the Southern Federal District - Joint Stock Company - Cossack Holding Company «Krasnodonskoe», which is located in the Ilovinsky district of the Volgograd region. aged 112 days, which were divided into 4 groups by the method of analogs pairs (control, I, II, III - experimental), 25 animals each. **Results and conclusions.** Comparative analysis of the content of erythrocytes, leukocytes and hemoglobin in the blood made it possible to establish that the content of erythrocytes in the experimental groups varied in the range of $6.21-6.29 \times 10^{12} / l$. It was noted that the control group was inferior to the experimental ones in this indicator. An analysis of the hemoglobin content in the blood of young pigs was also carried out and in the II experimental group was $118.07 \text{ g} / l$, which exceeded the control by 5.67 ($P < 0.01$), this analysis made it possible to determine the level of redox processes in the body and analysis of the level of total protein, albumin and globulins in the blood serum of the studied animals, the concentration of total protein in the control group is $79.53 \text{ g} / l$, which is 4.24% less than the experimental ones ($P < 0.01$), 4.61% ($P < 0.01$) and 4.04% ($P < 0.05$). The content of albumin in the control group was $34.10 \text{ g} / l$, which is lower than the experimental ones by 4.78%, 7.04% ($P < 0.05$) and 5.78% ($P < 0.05$), the level of globulins in the control group was $45.43 \text{ g} / l$, which is lower than

the experimental ones by 3.83%, 2.8% and 2.64%. Comparative analysis of the content of leukocytes in the blood showed that in the blood of young pigs in the control groups, the content of protective cells was lower by 1.64, 1.23 and 0.49% than in the blood of young pigs in the experimental groups, but the level of the compared indicators remained within the physiological norm. ... As a result of the research, a beneficial effect of the use of threonine and enzyme preparations in compound feeds of young pigs for fattening on the morphological and biochemical composition of blood was revealed.

Key words: *threonine, enzyme preparations, celloviridine-B, amylosubtilin, blood, piggies, hemoglobin, the red blood cells, the white blood cells, morphological composition of blood.*

Citation. Budtuev, O. V. Budtueva O.D. Hematological parameters and resistance of the organism of piggies when adding amino acids and enzymes to their diet. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4 (64). 170-178 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-18.

Author's contribution. All the authors a of this study the participated in the planning, execution, and analysis of the study results. All the authors of this article have read and approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors stated that there were no conflicts of interest.

УДК 636.084.1

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ОРГАНИЗМА ПОДСВИНКОВ ПРИ ДОБАВЛЕНИИ В ИХ РАЦИОН АМИНОКИСЛОТ И ФЕРМЕНТОВ

О. В. Будтуев, кандидат сельскохозяйственных наук

О. Д. Будтуева, кандидат сельскохозяйственных наук

Волгоградский ГАУ, г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 01.03.2021

Дата принятия к печати 24.11.2021

Актуальность. Себестоимость кормов составляет большую часть от себестоимости общей продукции свиноводства, в связи с этим одним из главных путей решения проблем повышения эффективности производства отрасли является удешевление стоимости кормов. Целью настоящего исследования являлось проведение сбора и анализа данных по применению аминокислоты треонина, целловиридин–В Г20х и амилосубтилина Г3х при откорме молодняка свиней и исследование их влияния на гематологические показатели. Основным компонентом комбикормов свиней является зерно злаковых культур, однако оно содержит недостаточное количество незаменимых аминокислот, в частности треонина. Свиньи – моногастричные животные, в их пищеварительном тракте нет ферментов, которые расщепляют сложные полисахариды растительного корма. Эта особенность, а также ранний отъем животных побуждают к использованию ферментных препаратов. По этой причине в настоящее время заинтересованность в изучении воздействия треонина и ферментных препаратов на физиологические показатели молодняка свиней представляет интерес. **Объект исследования.** Объектом данного исследования являлся молодняк свиней. **Материалы и методы.** Научные исследования проводили на предприятии, являющемся крупнейшим производителем свинины в Южном федеральном округе – АО КХК «Краснодонское», которое находится в Иловлинском районе Волгоградской области. Научный эксперимент проводили на молодняке свиней породы крупная белая, использовали 100 голов молодняка свиней на откорме крупной белой породы в возрасте 112 дней, животных методом пар-аналогов разделили на 4 группы (контрольная, I, II, III – опытные) по 25 голов в каждой. **Результаты и выводы.** Сравнительный анализ содержания в крови эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина позволил установить, что содержание эритроцитов в подопытных группах варьировалось в диапазоне $6,21-6,29 \times 10^{12}/л$. Отмечено, что контрольная группа уступала опытным по данному показателю. Также был проведен анализ содержания гемоглобина в крови молодняка свиней, он составил во II опытной группе – 118,07 г/л, что превышало контрольную на 5,67 ($P < 0,01$). Данный анализ позволил определить уровень окислительно-

восстановительных процессов организма и анализ уровня общего белка, альбуминов и глобулинов в сыворотке крови исследуемых животных, концентрация общего белка в контрольной группе – 79,53 г/л, что меньше опытных на 4,24 % ($P<0,01$), 4,61 % ($P<0,01$) и 4,04 % ($P<0,05$). Уровень содержания альбуминов контрольной группы составил 34,10 г/л, что ниже опытных на 4,78 %, 7,04 % ($P<0,05$) и 5,78 % ($P<0,05$), уровень содержания глобулинов в контрольной группе составил 45,43 г/л, что ниже опытных на 3,83 %, 2,8 % и 2,64 %. Сравнительный анализ содержания в крови лейкоцитов показал, что в крови молодняка свиней контрольной групп содержание защитных клеток было ниже на 1,64, 1,23 и 0,49 % по сравнению с молодняком свиней опытных групп, однако уровень сравниваемых показателей оставался в границах физиологической нормы. В результате исследований было выявлено благотворное влияние использования треонина и ферментных препаратов в комбикормах молодняка свиней на откорме на морфологический и биохимический состав крови.

Ключевые слова: *треонин, ферментные препараты, целловиридин-В Г20х, амилосубтилин, подсвинки, гематологические показатели подсвинков, биохимический состав крови подсвинков.*

Цитирование. Будтуев О. В., Будтуева О. Д. Гематологические показатели и резистентность организма подсвинков при добавлении в их рацион аминокислот и ферментов. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 170-178. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-18.

Авторский вклад. Авторы данного исследования участвовали в организации, выполнении и анализе результатов исследования. Все авторы данной статьи изучили и утвердили представленный итоговый вариант.

Конфликт интересов. Конфликт интересов отсутствовал.

Введение. Добавление в рацион свиней синтетических аминокислот позволит уменьшить конверсию корма, а также снизить уровень токсинов микрофлоры кишечника.

При оптимальном соотношении содержания аминокислот уменьшение уровня сырого протеина в кормах свиней ведет к снижению загрязненности природной среды.

В традиционных рецептах комбикормов в свиноводстве треонин – вторая лимитирующая кислота, основной функцией которой является синтез белка. Кроме этого она участвует в обеспечении физиологических функций системы пищеварения, а именно в образовании муцина и протеинов слизистой оболочки, как следствие выполняет важную функцию в поддержании оптимального течения пищеварительных процессов и нормализации защитной функции ЖКТ [9].

Применение более дешевых кормов в рационах животных и получение при этом высоких результатов позволяет использование ферментов [10].

Ряд зарубежных и отечественных ученых доказали положительное влияние применения ферментных препаратов на использование питательных веществ корма, гематологические показатели и продуктивные качества свиней [2, 3].

Переваримость основана на биологических реакциях, в большинстве случаев катализаторами этих реакций являются ферменты.

Цель исследования – изучение морфологического состава крови молодняка свиней, что позволит оценить уровень обменных процессов организма животных.

Объект исследования. В данном исследовании объектом являлся молодняк свиней на откорме.

Свиньи используют из кормового рациона больше половины треонина, в связи с тем что он является составной частью иммуноглобулинов, треонин – важное звено в работе иммунной системы.

Во время увеличения нагрузки на иммунитет животных большее количество треонина расходуется на образование белков муцина, в результате чего возрастает вероятность возникновения дефицита треонина для роста.

Ферменты – биологически активные вещества органического происхождения, являются катализаторами биохимических реакций, которые возникают в организме животных, а также способствуют расщеплению высокомолекулярных питательных веществ рациона.

Целловиридин В Г20х – продукт микробной культуры *Trichoderma reesei*, ферментный препарат, который повышает эффективность переваривания клетчатки. Ускоряет метаболизм гомополисахаридов, растительных клеток до моносахаридов. По данным производителя, целловиридин В Г20х увеличивает доступность углеводов, белков и жира для воздействия ферментов желудочно-кишечного тракта; улучшает переваривание и всасывание полезных веществ в тонком отделе кишечника; предотвращает негативное воздействие антипитательных веществ, оказывающих влияние на всасывание; корректирует микробиом кишечника благодаря уменьшению вязкости и увеличению содержания моносахаридов; возмещает недостаток пищеварительных ферментов на первых стадиях развития и во время стресса, когда формирование ферментов собственного организма ограничено.

Использование незаменимой аминокислоты треонин и ферментного препарата целловиридин В Г20х в кормлении свиней позволит скорректировать рацион, улучшить качество мяса и увеличить продуктивность свиней.

Материалы и методы. Эксперимент был проведен в АО КХК «Краснодонское» Иловлинского района Волгоградской области. В научном эксперименте использовали 100 голов молодняка свиней на откорме породы крупная белая, возраст молодняка свиней 112 дней, животных методом пар-аналогов распределили на 4 группы (контрольная, I, II, III – опытные), в каждой группе содержалось по 25 животных. Рационы кормления молодняка свиней были одинаковыми и соответствовали нормам ВИЖ.

Для того чтобы найти оптимальный уровень соотношения треонина, целловиридина-В Г20х и амилосубтилина Г3х, были подобраны дозы препаратов. Опыт был разделен на три периода: подготовительный, переходный и главный. Исследования крови проводили в главном периоде, в котором свиньям контрольной группы скармливали хозяйственный рацион (комбикорм СК-6, СК-7).

В опытных группах рационы различались содержанием ферментных препаратов. Так, I опытная группа получала хозяйственный рацион и треонин (1,8 кг/т комбикорма), II опытная – хозяйственный рацион, треонин (1,8 кг/т комбикорма) и целловиридин-В Г20х (100 г/т комбикорма), III опытная – хозяйственный рацион треонин (1,8 кг/т комбикорма), целловиридин-В Г20х (100 г/т комбикорма) и амилосубтилина Г3х (300 г/т комбикорма).

Для изучения морфологического состава крови кровь брали из вены хвоста утром в пробирку с трилоном-Б.

Собранные аналитические данные были обработаны статистически с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel, кроме того, был проведен анализ достоверности по статистическим критериям Стьюдента в трех уровнях достоверной вероятности $P < 0,001$, $P < 0,01$ и $P < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Морфологический и биохимический состав крови зависит от полноценного и правильного питания, при выполнении этих условий он постоянен [8].

Количество и качество эритроцитов находится во взаимосвязи с содержанием в крови гемоглобина, уровня обменных процессов, протекающих в организме, эти показатели напрямую влияют на интенсивность роста и развития животных [4].

Как видно из рисунка 1, в результате опыта гематологические показатели крови в опытных группах были выше в сравнении с контрольной на 1,7-4,1 %.

Уровень гемоглобина в крови молодняка свиней наибольшим был отмечен во II опытной группе, в которой к хозяйственному рациону добавляли треонин и целловиридин – В Г20х, что составило 6,57 г/л.

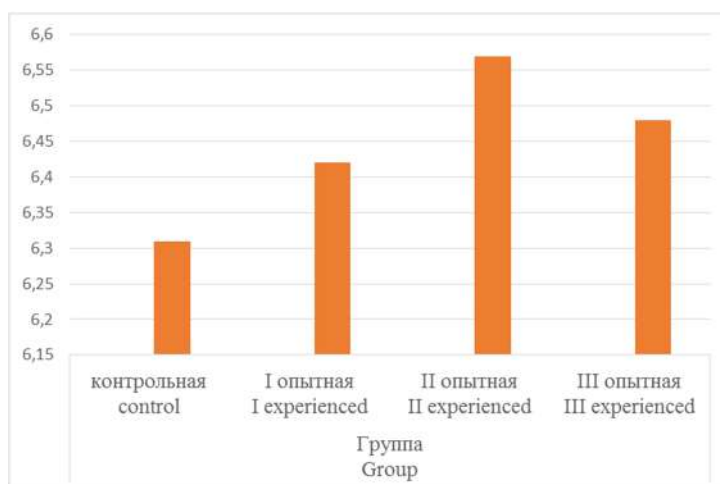


Рисунок 1 – Содержание эритроцитов в крови подопытных подсвинков, 10¹²/л

Figure 1 – The content of a red blood in cells in the blood of the experimental piglets, 10¹²/l

Иммунитет играет роль защитника живых организмов от воздействия вредного воздействия внешней среды, именно благодаря иммунитету организм сохраняет свое биологическое своеобразие и единство.

За иммунный ответ в организме отвечают белые кровяные тельца – лейкоциты, которые различаются по форме и задачам [5].

В крови молодняка свиней объём защитных клеток в контрольной и опытных группах различался: так, опытные группы были выше контрольной на 0,49, 1,23 и 1,64 % по группам соответственно. Исследуемый показатель оставался в пределах физиологической нормы (рисунок 2).

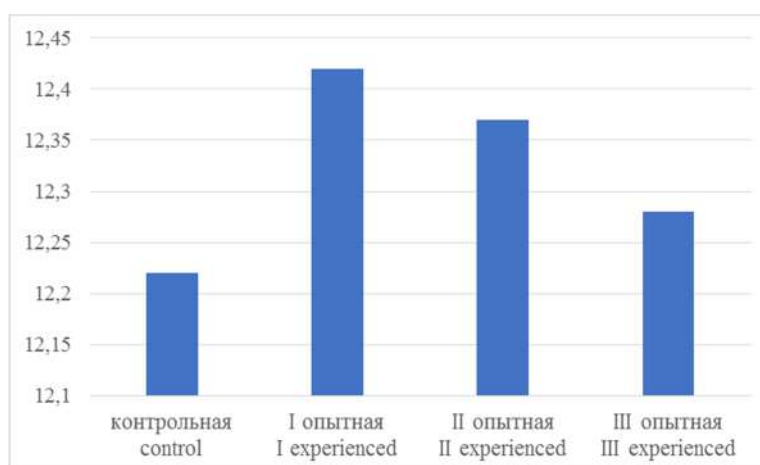


Рисунок 2 – Содержание лейкоцитов в крови подопытных подсвинков, 10⁹/л

Figure 2 – The content of the white and blood cells in the blood of the experimental piglets, 10⁹/l

На уровень гемоглобина влияет суммарное количество красных кровяных клеток крови [1].

Основная функция гемоглобина – перенос кислорода к тканям, выведение углекислого газа и регуляция кислотно-основного состояния организма.

В наших исследованиях уделялось особое внимание данному показателю. Содержание гемоглобина в крови исследуемых животных обусловлено количеством поступившего в организм треонина и ферментных препаратов (рисунок 3).

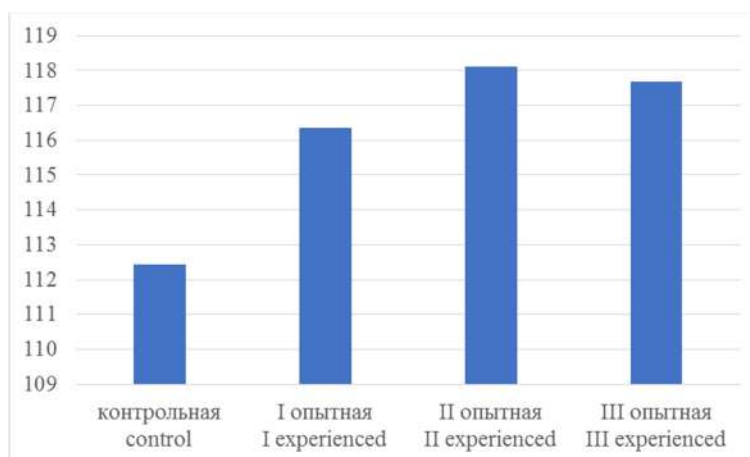


Рисунок 3 - Содержание гемоглобина в крови подопытных подсвинков, г/л

Figure 3-Hemoglobin content in the blood of experimental piglets, g/l

Исследованиями установлено повышение содержания в крови гемоглобина в опытных группах подсвинков, в рационы которых были включены аминокислота треонин и ферментные препараты: целловиридин–В Г20х и амилосубтилин Г3х.

Результаты анализа показали, что в крови подсвинков контрольной группы содержание гемоглобина составляло 112,44 г/л, что уступало показателям I опытной на 3,93 ($P<0,05$), II опытной группы – на 5,67 ($P<0,01$), III опытной группы – на 5,25 ($P<0,05$).

Для того чтобы провести оценку уровня белкового метаболизма и функционирования отдельных систем и органов животных, проводят анализ сыворотки крови и плазмы, рассматривают количество общего белка и его фракций [8] (таблица 1).

Таблица 1 – Количество общего белка, альбуминов и глобулинов в крови исследуемых молодняка свиней (n=3) ($M\pm m$)

Table 1 – The amount of a total protein, albumins and globulins in the blood of the studied a piglets (n=3) ($M\pm m$)

Показатель / Indicator	Общий белок, г/л / Total protein, g / l	Альбумины, г/л / Albumins, g / l		Глобулины, г/л / Globulins, g / l		А/Г коэффициент / A / G coefficient
			% к общему белку / % of total protein		% к общему белку / % of total protein	
Контрольная / Control	79,53±0,49	34,10±0,50	42,87±0,50	45,43±0,41	57,13±0,50	0,75±0,01
I опытная группа / I experimental group	82,90±0,35**	35,73±0,71	43,10±0,68	47,17±0,76	56,90±0,68	0,76±0,02
II опытная группа / II experimental group	83,20±0,47**	36,50±0,29*	43,87±0,29	46,70±0,40	56,13±0,29	0,78±0,01
III опытная группа / III experimental group	82,73±0,55*	36,10±0,46*	43,63±0,41	46,63±0,38	56,37±0,41	0,77±0,01

Оценка данных таблицы 1 показала, что количество общего белка в крови опытных групп выросло на 4,24 % ($P<0,01$), 4,61 % ($P<0,01$) и 4,02 % ($P<0,05$) в сравнении с контрольной группой. Также было отмечено повышение уровня альбуминов на 4,78 %, 7,04 %; ($P<0,05$) и 5,87 %; ($P<0,05$) и глобулинов – на 3,83 %, 2,80 % и 2,64 % в опытных группах по сравнению с контрольной группой.

В ходе исследований наблюдалось увеличение количества гемоглобина, лейкоцитов и эритроцитов. Количество общего белка, альбуминов и глобулинов в сыворотке крови также имело тенденцию к увеличению, однако данные показатели не выходили за границы физиологической нормы, что подтверждает возможность применения треонина и ферментных препаратов в кормлении свиней для улучшения их продуктивности.

Выводы. Считаем, что включение в рацион молодняка свиней треонина и ферментных препаратов необходимо для обеспечения оптимального роста, поддержания жизнедеятельности и здоровья животных.

Морфологический и биохимический состав крови молодняка свиней, в рационах которых содержались треонин, целловиридин–В Г20х и амилосубтилин Г3х, отличался более высоким содержанием в периферической крови: эритроцитов – на 1,7-4,1 %; лейкоцитов – на 0,49-1,64 %; гемоглобина – на 3,48-5,68 %; общего белка – на 4,02-4,61 %; альбуминов – на 4,78-7,04 %; глобулинов – на 2,64-3,83 %.

Изучаемые показатели не выходили за границы физиологической нормы.

Исходя из этого мы делаем вывод, что введение в рацион аминокислоты треонин и ферментных препаратов: целловиридин–В Г20х и амилосубтилин Г3х оказало положительное влияние на физиологические процессы животных.

Библиографический список

1. Биохимические показатели крови свиней при оценке качественных характеристик мяса / В. И. Водяников, И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина [и др.] // Свиноводство. 2019. № 1. С. 31-35.
2. Обеспечение потребности свиней в лизине, метионине и треонине с учетом их всасываемости в кишечнике / Е. Н. Головкин [и др.] // Сборник научных трудов СКНИИЖ. 2020. № 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-potrebnosti-sviney-v-lizine-metionine-i-treonine-s-uchetom-ih-vsasyvaemosti-v-kishechnike>.
3. Разработка и использование премиксов в кормлении сельскохозяйственных животных / С. И. Николаев, О. Ю. Брюхно, А. К. Карапетян, М. А. Шерстюгина // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию образования ВолГАУ. 2014. С. 200-204.
4. Татаркина Н. И. Использование питательных веществ рационов ремонтным молодняком крупной белой породы свиней // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 2 (30). <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-pitatelnyh-veschestv-ratsionov-remontnym-molodnyakom-krupnoy-beloj-porody-sviney>.
5. Физиологические показатели и резистентность организма баранчиков при скормлении гранулированных экструдированных комбикормов-концентратов / Н. Г. Чамурлиев, А. С. Филатов, А. С. Шперов, Р. Н. Муртазаева, А. Р. Амирханян // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 247-251.
6. Ходырева И. А. Продуктивные качества и гематологические показатели молодняка свиней при использовании пробиотика «Биохелп» // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017. № 20 (1). <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnye-kachestva-i-gematologicheskie-pokazateli-molodnyaka-sviney-pri-ispolzovanii-probiotika-biohelp>.
7. Шкаленко В. В. Влияние биологически активных кормовых добавок "Лактумин", "Лактофит" и "Лактофлекс" на гематологические показатели молодняка свиней // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2 (42). С. 147-152.

8. Ao X., Yoo D. H., Kim I. H. Effects of dietary electrolyte balance on reproductive performance and blood profiles in sows // *Animal Feed Science and Technology*. 2020. Vol. 259. P. 210-218.

9. Effects of dietary gallic acid on growth performance, diarrhea incidence, intestinal morphology, plasma antioxidant indices, and immune response in weaned piglets / L. Cai, Y. P. Li, Z. X. Wei [et al.] // *Animal Feed Science and Technology*. 2020. Vol. 261. P. 53-64.

10. Effects of dietary glycine selenium nanoparticles on loin quality, tissue selenium retention, and serum antioxidation in finishing pigs / Y. Zheng, W. Dai, X. Hu, Z. Hong // *Animal Feed Science and Technology*. 2019. Vol. 254. P. 43-45.

Conclusions. We believe that the inclusion of threonine and enzyme preparations in the diet of piglets is necessary to ensure optimal growth, maintain the vital activity and health of animals.

The morphological composition of the blood of piglets whose diets contained threonine, celloviridine-B G20x and amylosubtilin G3x was characterized by a higher content in peripheral blood:

- of red blood cells by 1.7 – to 4.1%;
- white blood cells by 0.49 – 1.64%;
- hemoglobin at 3.48 – 5.68%;
- total protein by 4.02-4.61%;
- albumins at 4.78-7.04%;
- globulins by 2.64-3.83%.

Not all the studied parameters exceeded the limits of the physiological norm.

Based on this, we can conclude that the introduction of the amino acid threonine and the enzyme preparations celloviridin-B G20x and amylosubtilin G3x into the diet had a positive effect on the physiological processes of animals.

References

1. Biochemical indicators of pig blood in the assessment of the quality characteristics of meat / V. I. Vodyannikov, I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina [et al.] // *Pig farming*. 2019. No. 1. P. 31-35.

2. Ensuring the needs of pigs in lysine, methionine and threonine taking into account their absorption in the intestine / E. N. Golovko [et al.] // *Collection of scientific works of SKNIIZH*. 2020. № 2. <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-potrebnosti-sviney-v-lizine-metionine-i-treonine-s-uchetom-ih-vsasyvaemosti-v-kishechnike>.

3. Development and use of premixes in the feeding of agricultural animals / S. I. Nikolaev, O. Yu. Bryukhno, A. K. Karapetyan, M. A. Sherstyugina // *Scientific bases of the strategy for the development of agriculture and rural territories in the WTO: proceedings of the International Scientific and Practical conference dedicated to the 70th anniversary of the formation of VolGAU*. 2014. P. 200-204.

4. Tatarkina N. I. The use of nutrients in the diets of repair young animals of a large white breed of pigs // *Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy*. 2019. No. 2 (30). <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-pitatelnyh-veschestv-ratsionov-remontnym-molodnyakom-krupnoy-beloj-porody-sviney>.

5. Physiological parameters and resistance of the rams ' organism during feeding of granulated extruded feed concentrates / N. G. Chamurlijev [et al.] // *Proceedings of the XVIII agrouniversity complex: science and higher professional education*. 2018. No. 3 (51). P. 247-251.

6. Khodyreva I. A. Productive qualities and hematological indicators of young pigs when using probiotic "Biohelp" // *Actual problems of intensive development of animal husbandry*. 2017. № 20 (1). <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnye-kachestva-i-gematologicheskie-pokazateli-molodnyak-sviney-pri-ispolzovanii-probiotika-biohelp>.

7. Shalenko V. V. Influence of biologically active feed additives "Lactumin", "Lactofit" and "Lactoflex" on the hematological parameters of young pigs // Proceedings of the XVIII agrouniversity complex: science and higher professional education. 2016. No. 2 (42). P. 147-152.

8. Ao X., Yoo D. H., Kim I. H. Effects of dietary electrolyte balance on reproductive performance and blood profiles in sows // Animal Feed Science and Technology. 2020. Vol. 259. P. 210-218.

9. Effects of dietary gallic acid on growth performance, diarrhea incidence, intestinal morphology, plasma antioxidant indices, and immune response in weaned piglets / L. Cai, Y. P. Li, Z. X. Wei [et al.] // Animal Feed Science and Technology. 2020. Vol. 261. P. 53-64.

10. Effects of dietary glycine selenium nanoparticles on loin quality, tissue selenium retention, and serum antioxidation in finishing pigs / Y. Zheng, W. Dai, X. Hu, Z. Hong // Animal Feed Science and Technology. 2019. Vol. 254. P. 43-45.

Author's Information

Budtuev Oleg Valerievich, Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology of Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy pr., 26), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5669-0130> tel. 8 987-650-57-45, e-mail: olegbudtuev@yandex.ru.

Budtueva Olga Dmitrievna, Associate Professor of the Department of Feeding and Breeding of Agricultural Animals of Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy pr., 26), Candidate of Agricultural Sciences ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2498-5257>, tel. 8 937-701-33-53 e-mail: budtuevaolga@mail.ru.

Информация об авторах

Будтуев Олег Валерьевич, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5669-0130> тел. 8 987-650-57-45, e-mail: olegbudtuev@yandex.ru.

Будтуева Ольга Дмитриевна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2498-5257>, тел. 8 937-701-33-53 e-mail: budtuevaolga@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-19

EVALUATION OF HOMEOSTASIS PARAMETERS OF CALVES AS ONE OF THE CRITERIA OF THE PHARMACODYNAMIC EFFECTS OF SELENOLINE

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 27.10.2021

Submitted 19.11.2021

Summary

The article provides data on the use of a new injectable selenium-containing preparation selenoline in calves at the age of 3 months. In the framework of a preclinical pharmacodynamic study, the effect of selenoline on blood homeostasis was studied. It was determined that organic selenium, which is a part of the preparation, had a pronounced effect on a number of morphological and biochemical parameters of blood, acting as a modulator of metabolic processes in the body of animals.

Abstract

Introduction. The trend in the development of modern domestic animal husbandry, based on the improvement of technological methods of cultivation and operation, ensuring an increase in productivity, a reduction in material costs and veterinary load, is associated with the risks of an increase in the discrepancy between the physiological parameters of a certain type of animals and the available parameters of their feeding and maintenance, which contributes to the development of an imbalance in all metabolic processes of the body and, as a consequence, an increase in

pathological changes, which are the initiators of the launch of many diseases in the pathogenesis, accompanied by the activation of lipid peroxidation products, aggravated by concomitant metabolic disorders. Glutathione peroxidase, a selenium-dependent component of the body's protection system against free radicals, is a fundamental factor in protection against destructive transformation of polyunsaturated fatty acid peroxides formed in the process of free radical oxidation. In addition to participating in the processes of antioxidant protection, selenium also performs other biological functions, affecting, among other things, the general metabolic status of the animal body. **Object.** The object of research was the preparation selenoline – a solution of diacetophenonyl selenide (DAFS–25) in *oleum vegetabilis* with the 2% concentration of the active ingredient. **Materials and methods.** For the research, 4 groups of 3-month-old calves with an average body weight of 100-105 kg were formed, 10 animals in each group. The design of the experiment included intramuscular administration of selenoline for 90 days at doses of 2.5 and 5.0 ml twice a month with an interval of 14 days and 10.0 ml once a month. The control group was injected with 2.5 ml of soybean oil once every 30 days. The morpho-hematological blood profile was studied on a device for veterinary hematology, taking into account 18 sample parameters of the Mythic 18 model. The determination of the main biochemical parameters of the blood serum was carried out on an automatic chemical analyzer «open system» of the universal type Vitalab Flexor Junior for photometric tests of diagnostic measurements in blood serum samples in combination with reagents ELITechGroup Solutions (France) and Analyticon Biotechnologies AG (Germany). The dynamics of selenium in the biological environment (blood serum) was determined on an atomic-adsorption analyzer «Kvant-2» with the calibration method GKNZh.30.00.000 MP, Limited liability company «Kortek». **Results and conclusions.** The injection of selenoline according to the experiment algorithm (90 days at doses of 2.5 and 5.0 ml twice a month and 10.0 ml once a month) predetermined the normalization of the level of formed blood cells and leukocyte formula, which was manifested by an increase in erythrocytes according to the experimental groups by 7.6; 11.6 and 29.3%; leukocytes – by 10.5; 18.4 and 32.1% in comparison with the indicators of the control group. Hemoglobin level increased by 12.0; 15.3 and 11.1%. When assessing the biochemical profile of the blood serum of experimental calves, an increase in the concentration of total protein by 16.0; 15.3 and 18.6% was found, as well as an increase in urea and creatinine – by 26.8 ($p \leq 0.01$), 40.8; 22.7% ($p \leq 0.05$) and 32.1; 20.1 and 51.7% ($p \leq 0.01$), respectively. The concentration of glucose in the groups in the dynamics increased by 26.1; 25.0 ($p \leq 0.05$) and 29.2%; triglycerides – by 31.3; 33.3 and 50.0% ($p \leq 0.05$), cholesterol – by 23.0; 25.9 ($p \leq 0.01$) and 37.0%, respectively. In the group of control analogs, the values changed only in terms of triglycerides (by 23.1%) and cholesterol (by 7.6%). In the experimental groups, a decrease in enzymatic activity was noted: in aspartate aminotransferase – by 39.9% ($p \leq 0.05$), 47.5% ($p \leq 0.05$) and 41.0%, respectively. The ALT concentration decreased in 2.27 (group 1) and 2.04 (group 3) ($p \leq 0.05$) times. In the second group, a decrease was observed at the level of a trend, amounting to 5.6% without reliable values of indicators. Over the entire research period, the concentration of Se in the groups increased in 8.7-9.6 times. At the same time, the reliability of differences ($p < 0.05$; $p < 0.01$) according to the Student's parametric criterion of the arithmetic mean values of selenium in the blood serum of calves, which were injected parenterally with selenoline in a comparative aspect with animals that were injected with soybean oil, was noted in all periods of the study.

Keywords: calves, selenoline, pharmacodynamics, morphological parameters of blood, biochemical parameters of blood, selenium.

Citation. Grin V. A., Semenenko M. P., Kuzminova E. V. Evaluation of homeostasis parameters of calves as one of the criteria of the pharmacodynamic effects of selenoline. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4 (64). 178-188 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-19.

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

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

УДК 619:615:636.2.083.087

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ГОМЕОСТАЗА КРОВИ ТЕЛЯТ КАК ОДНОГО ИЗ КРИТЕРИЕВ ФАРМАКОДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ СЕЛЕНОЛИНА**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 27.10.2021

Дата принятия к печати 19.11.2021

Актуальность. Тенденция развития современного отечественного животноводства, базирующаяся на совершенствовании технологических приемов выращивания и эксплуатации, обеспечивающих увеличение продуктивности, сокращение материальных затрат и ветеринарной нагрузки, сопряжена с рисками роста несоответствия между физиологическими параметрами определённого вида животных и имеющимися параметрами их кормления и содержания, что способствует развитию дисбаланса всех обменных процессов организма и как следствие – нарастанию патологических сдвигов, являющихся инициаторами запуска в патогенезе многих заболеваний, сопровождающихся активацией продуктов перекисного окисления липидов, отягченных сопутствующими метаболическими нарушениями. Основопологающим фактором защиты от деструктивной трансформации пероксидов полиненасыщенных жирных кислот, образующихся в процессах свободнорадикального окисления, является глутатионпероксидаза – селензависимый компонент системы протекции организма от свободных радикалов. Кроме участия в процессах антиоксидантной защиты, селен выполняет и другие биологические функции, влияя, в том числе, и на общий метаболический статус организма животных. **Объект.** Объектом исследований явился препарат селенолин (Selenoline) – раствор диацетофенонилселенида (ДАФС–25) *in oleum vegetabilis* с концентрацией 2 % по действующему веществу. **Материалы и методы.** Для проведения исследования было сформировано 4 группы телят 3-месячного возраста со средней массой тела 100-105 кг по 10 животных в группе. Дизайн эксперимента предусматривал внутримышечное введение селенолина в течение 90 дней в дозах 2,5 и 5,0 мл два раза в месяц с интервалом в 14 дней и 10,0 мл один раз в месяц. Контрольной группе один раз в 30 дней инъектировали соевое масло в дозе 2,5 мл. Морфо-гематологический профиль крови изучался на приборе для ветеринарной гематологии с учетом 18 параметров образцов модели Mythic 18. Определение основных биохимических показателей сыворотки крови проводилось на автоматическом химическом анализаторе «открытая система» универсального типа Vitalab Flexor Junior для проведения фотометрических тестов диагностических измерений в образцах сыворотки крови в сочетании с реагентами ELITechGroup Solutions (France) и «Аналитикон БиотехнолоджиЗ АГ» (Germany). Динамику селена в биологической среде (сыворотке крови) определяли на атомно-адсорбционном анализаторе «Квант-2» с методикой поверки ГКНЖ.30.00.000 МП ООО «Кортек». **Результаты и выводы.** Инъекционное введение препарата селенолин, согласно алгоритму опыта (90 дней в дозах 2,5 и 5,0 мл два раза в месяц и 10,0 мл один раз в месяц), предопределяло нормализацию уровня форменных клеток крови и лейкоцитарной формулы, что проявилось увеличением эритроцитов по опытным группам на 7,6; 11,6 и 29,3 %; лейкоцитов – на 10,5; 18,4 и 32,1 % в сравнении с показателями контрольной группы. Уровень гемоглобина повысился на 12,0; 15,3 и 11,1 %. При оценке биохимического профиля сыворотки крови опытных телят установлено увеличение концентрации общего белка на 16,0; 15,3 и 18,6 %, мочевины и креатинина – соответственно на 26,8 ($p \leq 0,01$); 40,8; 22,7 % ($p \leq 0,05$) и 32,1; 20,1 и 51,7 % ($p \leq 0,01$). Концентрация глюкозы по группам в динамике увеличилась на 26,1; 25,0 ($p \leq 0,05$) и 29,2 %; триглицеридов – на 31,3; 33,3 и 50,0 % ($p \leq 0,05$), холестерина – на 23,0; 25,9 ($p \leq 0,01$) и 37,0 % соответственно. В группе контрольных аналогов значения изменились только по уровню триглицеридов (на 23,1 %) и холестерина (на 7,6 %). В опытных группах отмечено снижение ферментной активности: аспаратаминотрансферазы – на 39,9 % ($p \leq 0,05$), 47,5 % ($p \leq 0,05$) и 41,0 % соответственно. Концентрация АЛТ уменьшилась в 2,27 (1 группа) и 2,04 (3 группа) ($p \leq 0,05$) раза. Во второй группе снижение наблюдалось на уровне тенденции, составив 5,6 % без достоверных значений показателей. За весь исследовательский период со-

держание Se по группам увеличилось в 8,7-9,6 раза. При этом достоверность различий ($p < 0,05$; $p < 0,01$) по параметрическому критерию Стьюдента средних арифметических значений селена в сыворотке крови телят, которым парентерально вводили селенолин в сравнительном аспекте с животными, которым вводили соевое масло, отмечалась во все периоды исследования.

Ключевые слова: показатели крови телят, селенолин, фармакодинамика, морфологические показатели крови телят, биохимические показатели крови телят.

Цитирование. Гринь В. А., Семененко М. П., Кузьминова Е. В. Оценка параметров гомеостаза крови телят как одного из критериев фармакодинамических эффектов селенолина. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 178-188. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-19.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Отечественное сельскохозяйственное производство России на сегодняшний день стоит на пути интенсивного развития, основной задачей которого является обеспечение населения страны безопасной и экологически чистой животноводческой продукцией за счет оптимизации выращивания и откорма, внедрения интенсивных методов и прогрессивных технологий производства мяса, молока и другой продукции, а также снижения затрат на ветеринарных животноводства [3, 6].

Однако тенденция интенсификации современного отечественного животноводства, базирующегося на совершенствовании технологических приемов выращивания и эксплуатации, обеспечивающих увеличение продуктивности, сокращение материальных затрат и ветеринарной нагрузки, сопряжена с рисками роста несоответствия между физиологическими параметрами определённого вида животных и имеющимися параметрами их кормления и содержания. И эта сложившаяся специфика способствует развитию дисбаланса всех обменных процессов организма и, как следствие, – нарастанию патологических сдвигов, являющихся инициаторами запуска в патогенезе многих заболеваний, и в первую очередь заболеваний основного органа детоксикации – печени [1, 10].

Первопричины возникновения гепатопатий весьма разнообразны, однако пусковые механизмы развития патологических процессов в печени, как правило, идентичны и способствуют деструкции клеточных элементов печени и снижению антиоксидантной защиты клеток, приводя к значительному замедлению элиминации многих ксено- и эндобиотиков [7, 11]. При этом любые изменения, развивающиеся в гепатоцитах, сопровождаются активацией процессов липопероксидации, обусловленной клеточной гипоксией. Усиленное образование свободнорадикальных соединений приводит к дисбалансу окислительных–антиокислительных процессов и далее – к гиперреакции антиоксидантной системы, что обуславливает истощение механизмов антиоксидантной защиты. Свободные радикалы обладают чрезвычайно высокой реакционной способностью к биodeградации субклеточных структур важных групп биологических молекул, в том числе гепатоцитов. Конечным результатом такого воздействия может стать гибель клеток печени [2]. Следовательно, активация продуктов перекисного окисления липидов является одним из ведущих механизмов развития гепатопатий, отягченных сопутствующими метаболическими нарушениями, возникающими у животных. Причем тяжесть патологического процесса будет зависеть от способности антиоксидантной системы (АОЗ) организма снижать уровень свободных радикалов, воздействующих на орган, приводя к регрессии процессов воспаления в печени, а также нормализации функционального состояния гепатоцитов [5, 8, 13, 14].

Основополагающим фактором защиты от деструктивной трансформации пероксидов полиненасыщенных жирных кислот, образующихся в процессах свободнорадикального окисления, является глутатионпероксидаза – селензависимый компонент си-

стемы протекции организма от свободных радикалов. Кроме участия в процессах антиоксидантной защиты, селен выполняет и другие биологические функции, которые реализуются при его соединении с белками и белковыми комплексами при посредстве антиоксидантных механизмов. Он стимулирует многие процессы обмена веществ, обеспечивает иммуномодулирующий эффект и регуляторную функцию в действии тиреоидных гормонов; входит в состав многих витаминов, ферментов [4], положительно влияет на систему репродукции; участвует в окислительно-восстановительных процессах, катализирует пластические процессы в организме [9, 12, 15].

При этом, проводя клинико-фармакологические изыскания возможной способности селена оказывать селективное гепатопротекторное действие, в первую очередь необходимо исследовать механизмы его влияния на определенные биологические процессы организма животных, в связи с чем целью настоящего исследования явилось изучение влияния инъекционной формы селеносодержащего препарата на основные показатели крови молодняка крупного рогатого скота в рамках доклинического фармакодинамического исследования.

Материалы и методы. Селенолин – инъекционная форма раствора диацетофенилселенида (ДАФС–25) *in oleum vegetabilis* с концентрацией 2 % по действующему веществу. Фармакодинамические эффекты препарата селенолин оценивались по изменениям метаболического статуса молодняка крупного рогатого скота, для чего было сформировано 4 группы телят 3-месячного возраста со средней массой тела 100-105 кг по 10 животных в группе. Дизайн эксперимента предусматривал внутримышечное введение селенолина по следующей схеме (таблица 1). Длительность опытного периода составила 90 дней.

Оценка результатов эксперимента проводилась по динамике изменений основных констант морфо- и биохимического гомеостаза крови телят. Морфо-гематологический профиль крови изучался на приборе для ветеринарной гематологии с учетом 18 параметров образцов модели Mythic 18. Определение основных биохимических показателей сыворотки крови проводилось на автоматическом химическом анализаторе «открытая система» универсального типа Vitalab Flexor Junior для проведения фотометрических тестов диагностических измерений в образцах сыворотки крови в сочетании с реагентами ELITechGroup Solutions (France) и «Аналитикон Биотехнологизис АГ» (Germany). Динамику селена в биологической среде (сыворотке крови) определяли на атомно-адсорбционном анализаторе «Квант-2» с методикой поверки ГКНЖ.30.00.000 МП ООО «Кортек». Достоверность различий между группами показателей определялась с помощью парного t- критерия (параметрического критерия Стьюдента).

Таблица 1 – Схема опыта (n=10)

Table 1 – Scheme of the experiment (n=10)

Группа / Group	Кратность введения / Multiplicity of introduction	Доза препарата, мг/кг массы тела/мл / Dose of the preparation, mg / kg of body weight / ml
1 Опытная / 1 Experimental	Селенолин – два раза в месяц с интервалом в 14 дней (всего 6 инъекций) / Selenoline – twice a month with an interval of 14 days (6 injections in total)	0,1/2,5
2 Опытная / 2 Experimental	Селенолин – два раза в месяц с интервалом в 14 дней (всего 6 инъекций) / Selenoline – twice a month with an interval of 14 days (6 injections in total)	0,2/5,0
3 Опытная / 3 Experimental	Селенолин – 1 раз в 30 дней (всего 3 инъекции) / Selenoline – once in 30 days (3 injections in total)	0,4/10,0
Контрольная / Control	Соевое масло – 1 раз в 30 дней (всего 3 инъекции) / Soybean oil – once in 30 days (3 injections in total)/	0,1/2,5

Результаты и выводы. Полученные в ходе исследования результаты показали, что парентеральное введение селенолина телятам оказывает положительное влияние на морфологический состав крови (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние селенолина на морфологические показатели крови телят ($M \pm m$; $n=5$)

Table 2 – Influence of selenoline on morphological parameters of blood телят ($M \pm m$; $n=5$)

Период исследований / показатели Research period / indicators	Группы / Groups			
	1 опытная / 1 experimental	2 опытная / 2 experimental	3 опытная / 3 experimental	контрольная / control
Возраст / Age	3 месяца / 3 months			
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Erythrocytes, $10^{12}/l$	6,18 $\pm$ 0,15	6,27 $\pm$ 0,12	6,11 $\pm$ 0,14	6,34 $\pm$ 0,09
Лейкоциты, $10^9/л$ / Leukocytes, $10^9/l$	6,24 $\pm$ 0,10	6,21 $\pm$ 0,15	6,19 $\pm$ 0,13	6,23 $\pm$ 0,16
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	97,84 $\pm$ 0,13	97,90 $\pm$ 0,15	98,0 $\pm$ 0,10	97,14 $\pm$ 0,18
Возраст / Age	4 месяца / 4 months			
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Erythrocytes, $10^{12}/l$	6,59 $\pm$ 0,10	6,85 $\pm$ 0,13	6,22 $\pm$ 0,17	6,68 $\pm$ 0,15
Лейкоциты, $10^9/л$ / Leukocytes, $10^9/l$	6,80 $\pm$ 0,17	7,27 $\pm$ 0,15	6,91 $\pm$ 0,17	6,33 $\pm$ 0,09
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	98,42 $\pm$ 0,10	98,65 $\pm$ 0,13	98,58 $\pm$ 0,13	97,75 $\pm$ 0,17
Возраст / Age	5 месяцев / 5 months			
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Erythrocytes, $10^{12}/l$	7,70 $\pm$ 0,19	8,14 $\pm$ 0,17*	7,55 $\pm$ 0,10*	6,38 $\pm$ 0,10
Лейкоциты, $10^9/л$ / Leukocytes, $10^9/l$	7,39 $\pm$ 0,10	7,58 $\pm$ 0,12	7,42 $\pm$ 0,18*	6,91 $\pm$ 0,17
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	108,0 $\pm$ 0,03*	112,25 $\pm$ 0,17*	106,18 $\pm$ 0,14*	98,02 $\pm$ 0,15
Возраст / Age	6 месяцев / 6 months			
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Erythrocytes, $10^{12}/l$	6,65 $\pm$ 0,10	7,00 $\pm$ 0,09*	7,90 $\pm$ 0,10*	6,65 $\pm$ 0,10
Лейкоциты, $10^9/л$ / Leukocytes, $10^9/l$	6,83 $\pm$ 0,13	7,35 $\pm$ 0,13	8,18 $\pm$ 0,13*	6,80 $\pm$ 0,13
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g/l	109,60 $\pm$ 0,18*	112,85 $\pm$ 0,13*	108,78 $\pm$ 0,15*	99,52 $\pm$ 0,15

Степень достоверности * $p \leq 0,05$ по отношению к контролю

По уровню эритроцитов в опытных группах отмечена положительная динамика их увеличения во все периоды с максимальным повышением в пятимесячном возрасте. Так, количество эритроцитов через месяц использования селенолина в 1 опытной группе увеличилось на 6,6 %, во второй – на 9,3 %. В третьей группе телят значимого повышения не наблюдалось. Однако и у контрольных аналогов в первый месяц эксперимента выявлялся рост числа эритроцитов – на 5,3 % относительно фоновых значений.

Но уже через 60 дней в крови молодняка уровень эритроцитов значимо увеличился – на 24,6; 29,8 ($p \leq 0,05$) и 23,5 % соответственно, притом что в группе контроля количество клеток красной крови находилось в границах фоновых значений.

К 6-му месяцу жизни телят концентрация эритроцитов в 1 и 2 опытных группах начала снижаться (на 13,6 и 14,0 % соответственно), однако если рассматривать весь экспериментальный период, то среднее количество эритроцитов в этих группах увеличилось

на 7,6 и 11,6 % без учета пиков роста по месяцам, тогда как в группе, в которой доза селенолина составила 0,4 мг/кг массы тела, динамика роста эритроцитов к концу исследований достигла максимальных значений – 29,3 %. В контрольной группе за все время опыта статистических изменений по эритроцитам установлено не было (повышение регистрировалось на уровне тенденции – 4,9-5,3 %).

Аналогичная картина в группах отмечена и по уровню клеток белой крови. Уровень лейкоцитов по учетным месяцам в первой опытной группе вырос на 10,5 % с пиком роста в 19,6 % на 5-м месяце жизни телят, во второй опытной группе – на 18,4 %, с пиком роста на 22,1 % соответственно. В третьей опытной группе увеличение к концу исследований составило 32,1 % ($p \leq 0,05$) без значительных скачков по периодам.

По уровню гемоглобина максимальное увеличение отмечено во второй опытной группе – 15,3 %. В других группах телят данный показатель за экспериментальный период вырос на 12,0 (1 опытная) и 11,1 % (3 опытная). В данном случае говорить о прямой корреляционной зависимости между концентрацией гемоглобина и количеством эритроцитов можно только относительно первой опытной группы, однако общая картина гематологических показателей крови телят указывает на то, что под действием селенолина, независимо от дозировки и кратности введения, происходит активизация клеточного синтеза в костном мозге на фоне стимуляции гемопоэза.

При оценке параметров белкового обмена у телят установлено, что в начале экспериментального периода в организме животных наблюдалась умеренная гипопроотеинемия, характеризующаяся снижением уровня общего белка в среднем на 10,2 %. Однако инъекционное введение органического селена способствовало активизации белкового метаболического профиля в сторону устойчивого динамического увеличения. В конце исследований концентрация общего белка в опытных группах увеличилась на 16,0; 15,3 и 18,6 %. Достоверность различий по содержанию белка в сыворотке крови опытных телят отмечалась с 5-месячного возраста. При этом следует отметить, что максимальное увеличение данного показателя наблюдалось в группе с наибольшей концентрацией введения селенолина.

Аналогичные результаты были получены по уровню мочевины и креатинина. За период исследования уровни данных метаболитов белкового обмена по опытным группам увеличились с высокой степенью достоверности на 26,8 ($p \leq 0,01$); 40,8; 22,7 % ($p \leq 0,05$) (мочевина) и 32,1; 20,1 и 51,7 % ($p \leq 0,01$) (креатинин) соответственно.

Влияние дозовой зависимости селенолина на углеводно-жировой обмен и показатели ферментной активности печени телят представлены в таблице 3.

Установлено, что в группах телят, которым селенолин применялся в повышенных дозах, на протяжении всего эксперимента значения таких показателей, как глюкоза, триглицериды и холестерин, были более высокими, чем в группе, в которой препарат вводился в дозе 0,1 мг/кг массы тела. При этом концентрация глюкозы по группам в динамике увеличилась на 26,1; 25,0 ($p \leq 0,05$) и 29,2 %; триглицеридов – на 31,3; 33,3 и 50,0 % ($p \leq 0,05$) и холестерина – на 23,0; 25,9 ($p \leq 0,01$) и 37,0 % соответственно. В группе контрольных аналогов значения изменились только по уровню триглицеридов (на 23,1 %) и холестерина (на 7,6 %). С другой стороны, в этих же группах отмечено снижение ферментной активности. Так, уровень аспартатаминотрансферазы у животных первой группы за период исследований снизился на 39,9 % ($p \leq 0,05$), второй – на 47,5 % ($p \leq 0,05$) и третьей – на 41,0 % соответственно. Концентрация АлАТ уменьшилась в 2,27 (1 группа) и 2,04 (3 группа) ($p \leq 0,05$) раза. Во второй группе за весь период наблюдения значения аланинаминотрансферазы значительным колебаниям не подвергались. Снижение наблюдалось на уровне тенденции и составило 5,6 % без достоверных значений показателей.

Таблица 3 – Влияние селенолина на показатели углеводно-жирового и ферментного обмена телят (M±m n=5)

Table 3 – Influence of selenoline on the parameters of carbohydrate-fat and enzyme metabolism of calves (M±m n=5)

Период исследования / Research period/indicators	Группы /Groups			
	1 опытная / 1 experimental	2 опытная / 2 experimental	3 опытная / 3 experimental	контрольная / experimental
Возраст / Age	3 месяца / 3 months			
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol / l	2,3±0,13	2,4±0,11	2,4±0,09	2,4±0,07
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides mmol / l	0,16±0,01	0,15±0,02	0,16±0,02	0,13±0,03
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol / l	2,6±0,14	2,7±0,1	2,7±0,09	2,6±0,07
АсАт, Ед/л / AST, U/l	108,4±3,2	103,5±4,8	99,1±2,7	92,0±1,9
АлАт, Ед/л / ALT, U/l	25,4±1,1	19,5±2,0	22,3±0,9	27,9±0,15
Щелочная фосфатаза, Ед/л / Alkaline phosphatase, U/l	172,9±4,8	186,7±5,3	188,5±2,4	176,1±5,5
Возраст / Age	4 месяца / 4 months			
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol / l	2,4±0,17	2,6±0,13	2,7±0,12	2,3±0,10
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides mmol / l	0,16±0,05	0,17±0,03	0,21±0,01	0,15±0,03
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol / l	2,7±0,13	3,0±0,07*	2,9±0,05	2,5±0,04
АсАт, Ед/л / AST, U/l	95,5±2,9	98,7±2,7	100,3±3,6	94,8±2,4
АлАт, Ед/л / ALT, U/l	19,4±1,0	18,3±0,9	15,7±0,7**	23,0±1,1
Щелочная фосфатаза, Ед/л / Alkaline phosphatase, U/l	180,2±5,3	177,4±4,4	169,3±2,8	185,1±3,4
Возраст / Age	5 месяцев / 5 months			
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol / l	2,5±0,09	2,7±0,08	2,7±0,05	2,5±0,03
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides mmol / l	0,18±0,01*	0,19±0,01	0,23±0,02	0,13±0,01
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol / l	2,9±0,12	3,1±0,06	3,3±0,38	2,7±0,08
АсАт, Ед/л / AST, U/l	83,6±2,2	97,1±4,6	93,4±3,14	98,4±4,71
АлАт, Ед/л / ALT, U/l	13,5±0,8	17,7±0,8	11,6±0,7**	20,4±0,9
Щелочная фосфатаза, Ед/л / Alkaline phosphatase, U/l	125,1±2,2	148,0±6,1	160,4±5,4	153,7±3,9
Возраст / Age	6 месяцев / 6 months			
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol / l	2,9±0,24	3,0±0,19*	3,1±0,14	2,4±0,08
Триглицериды, ммоль/л / Triglycerides mmol / l	0,21±0,03	0,20±0,02	0,24±0,02*	0,16±0,01
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol / l	3,2±0,32	3,4±0,17**	3,7±0,08	2,8±0,24
АсАт, Ед/л / AST, U/l	65,1±1,98*	54,3±0,56*	58,9±1,47	72,4±2,17
АлАт, Ед/л / ALT, U/l	14,2±0,9	18,4±1,0	10,9±0,7*	18,5±0,5
Щелочная фосфатаза, Ед/л / Alkaline phosphatase, U/l	138,4±4,0	125,5±3,16	130,7±2,87	128,1±2,75

Степень достоверности * p≤0,05; ** p≤0,01 по отношению к контролю

Хотя по степени активности щелочной фосфатазы по группам также прослеживалось снижение (на 20,2; 32,8 и 30,7 % соответственно), достоверность ни на одном из этапов исследований подтверждена не была. В данном случае показатель ЩФ нельзя рассматривать как признак корреляционной зависимости к значениям селена в организме, поскольку у телят до четырех месяцев уровень щелочной фосфатазы физиологически высокий и обусловлен интенсивным ростом костной ткани, что подтверждалось снижением концентрации данного фермента и у животных контрольной группы (на 27,3 %).

При оценке содержания селена в сыворотке крови телят можно отметить, что внутримышечное введение различных доз селенолина способствовало увеличению данного микроэлемента в группах уже через месяц применения препарата в 2,4; 3,6 и 4,5 раза. В пятимесячном возрасте его концентрация возросла еще в 1,66; 1,72 и 1,35 раза. Максимальное содержание селена в сыворотке крови телят, выявленное в конце экспериментального периода, отмечалось в первой опытной группе. Увеличение составило 2,4 раза. По другим группам концентрация селена выросла в 1,37 и 1,57 раза. За весь исследовательский период содержание Se по группам увеличилось в 8,7-9,6 раза. При этом достоверность различий по уровню селена в сыворотке крови опытных телят по сравнению с контрольными аналогами отмечается во все периоды исследования ($p < 0,05$; $p < 0,01$).

Выводы. Таким образом, можно сделать вывод о том, что органический селен в составе препарата оказал выраженное действие на ряд показателей крови, выступая как модулятор гомеостаза организма животных. При этом наиболее оптимальной профилактической схемой следует считать внутримышечное введение животным селенолина в дозе 0,2 мг/кг массы тела один раз в две недели в течение 2-3 месяцев.

Библиографический список

1. Кузнецов В. М., Ревина Г. Б., Асташенкова Л. И. Повышение устойчивости высокопродуктивных молочных коров к функциональным нарушениям печени // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2017. № 3. С. 88-90.
2. Лысенко В. И. Оксидативный стресс как неспецифический фактор патогенеза органических повреждений // Медицина неотложных состояний. 2020. № 1. С. 24-34.
3. Огородников П. И., Коваленко Г. Л., Спешилова И. В. Внедрение современного сервиса оборудования ферм молочного скотоводства как фактор динамического развития производства молока // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 2 (42). С. 70-72.
4. Остапчук П. С., Зубоченко Д. В., Куевда Т. А. Роль антиоксидантов и использование их в животноводстве и птицеводстве (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 2. С. 103-117.
5. Поносов С. В. Диагностика окислительного стресса у импортного крупного рогатого скота // Пермский аграрный вестник. 2016. № 1. С. 104-106.
6. Проблемы обеспечения здоровья высокопродуктивных коров в промышленном животноводстве и практические пути ее решения / А. А. Евглевский, С. Н. Турнаев, В. Ю. Тарасов [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 26-30.
7. Профилактика и лечение массовых незаразных болезней у крупного рогатого скота / А. Я. Батраков, Т. К. Донская, С. В. Винникова [и др.] // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2015. № 4. С. 118-121.
8. Рапиев Р. А., Маннапова Р. Т. Биохимический статус организма животных как компенсаторно-регуляторная реакция на фоне действия стресса // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-12. С. 2663-2666.
9. Роль селена в жизнедеятельности растений, животных и человека / А. Ф. Титов, Н. М. Казнина, Т. А. Карапетян, Н. В. Доршакова, В. Н. Тарасова // Успехи современной биологии. 2021. Т. 141. № 5. С. 443-456.
10. Система фармакопрофилактики заболеваний печени у высокопродуктивного молочного скота / Е. В. Кузьминова, М. П. Семененко, С. И. Кононенко, Н. Н. Забашта // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 4. С. 121-132.

11. Этиология и клиническое проявление гепатоза у коров / А. А. Воинова, С. П. Ковалев, В. А. Трушкин, Г. С. Никитин // Международный вестник ветеринарии. 2017. № 4. С. 91-96.

12. Brigelius-Flohé R. The evolving versatility of selenium in biology // *Antioxid Redox Signal*. 2015. № 1; 23(10). P. 757-60.

13. Jadeja R. N., Devkar R. V., Nammi S. Oxidative Stress in Liver Diseases: Pathogenesis, Prevention, and Therapeutics // *Oxid Med Cell Longev*. 2017. 8341286.

14. Puppel K., Kapusta A., Kuczyńska B. The etiology of oxidative stress in the various species of animals, a review // *J Sci Food Agric*. 2015. № 30; 95 (11). P. 2179-84.

15. Zhang Y., Yu D., Zhang J. The role of necroptosis and apoptosis through the oxidative stress pathway in the liver of selenium-deficient swine // *Metallomics*. 2020. № 1; 12(4). P. 607-616.

Conclusion. Thus, it can be concluded that organic selenium in the composition of the drug had a pronounced effect on a number of blood parameters, acting as a modulator of homeostasis in the animal body. In this case, the most optimal prophylactic regimen should be considered the intramuscular administration of selenoline to animals at a dose of 0.2 mg / kg of body weight once every two weeks for 2-3 months.

References

1. Kuznetsov V. M., Revina G. B., Astashenkova L. I. Increasing the resistance of highly productive dairy cows to liver functional disorders // *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2017. № 3. P. 88-90.

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. Ogorodnikov P. I., Kovalenko G. L., Speshilova I. V. Introduction of modern technical service of equipment for dairy cattle breeding as a factor in the dynamic development of milk production // *Bulletin of the agro-industrial complex of the Upper Volga region*. 2018. № 2 (42). P. 70-72.

4. Ostapchuk P. S., Zubochenko D. V., Kuyevda T. A. The role of antioxidants and their use in animal husbandry and poultry farming (review) // *Agricultural Science of the Euro-North-East*. 2019. Vol. 20. № 2. P. 103-117.

5. Ponomarev S. V. Diagnostics of oxidative stress in imported cattle // *Perm Agrarian Bulletin*. 2016. № 1. P. 104-106.

6. Problems of ensuring the health of highly productive cows in industrial animal husbandry and practical ways of solving it / A. A. Evglevsky, S. N. Turnaev, V. Yu. Tarasov [et al.] // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2017. № 4. P. 26-30.

7. Prevention and treatment of mass non-communicable diseases in cattle / A. Ya. Batrakov, T. K. Donskaya, S. V. Vinnikova [et al.] // *Issues of legal regulation in veterinary medicine*. 2015. № 4. P. 118-121.

8. Rapiyev R. A., Mannapova R. T. Biochemical status of the organism of animals as a compensatory-regulatory reaction on the background of stress // *Fundamental research*. 2013. № 10-12. P. 2663-2666.

9. The role of selenium in the life of plants, animals and humans / A.F. Titov, N.M. Kaznina, T.A. Karapetyan, N.V. Dorshakova, V.N. Tarasova // *Advances in modern biology*. 2021. – Vol. 141. – № 5. – P 443-456.

10. The system of pharmacoprophylaxis of liver diseases in highly productive dairy cattle / E. V. Kuzminova, M. P. Semenenko, S. I. Kononenko, N. N. Zabashta // *News of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2019. № 4. P. 121-132.

11. Etiology and clinical manifestation of hepatosis in cows / A. A. Voinova, S. P. Kovalev, V. A. Trushkin, G. S. Nikitin // *International veterinary bulletin*. 2017. № 4. P. 91-96.

12. Brigelius-Flohé R. The evolving versatility of selenium in biology // *Antioxid Redox Signal*. 2015. № 1; 23(10). P. 757-60.

13. Jadeja R. N., Devkar R. V., Nammi S. Oxidative Stress in Liver Diseases: Pathogenesis, Prevention, and Therapeutics // *Oxid Med Cell Longev*. 2017. 8341286.

14. Puppel K., Kapusta A., Kuczyńska B. The etiology of oxidative stress in the various species of animals, a review // J Sci Food Agric. 2015. № 30; 95 (11). P. 2179-84.

15. Zhang Y., Yu D., Zhang J. The role of necroptosis and apoptosis through the oxidative stress pathway in the liver of selenium-deficient swine // Metallomics. 2020. № 1; 12(4). P. 607-616.

Authors Information

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:

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, заведующий отделом фармакологии федерального государственного бюджетного научного учреждения «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350004, г. Краснодар ул. 1-я Линия, 1), доктор ветеринарных наук, доцент,

ORCID: 0000-0001-8266-5900, E-mail: sever291@mail.ru.

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.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-20

ORGANIC RABBIT HUSBANDRY AS A PERSPECTIVE ACTIVITY IN THE AGRICULTURAL PRODUCTS MARKET

G.N. Zvereva, D.A. Grebneva

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 06.07.2021

Submitted 12.11.2021

Summary

The article examines the emergence of a new segment of the traditional food market - organic products. The emphasis is placed on the production of organic rabbit meat as one of the few areas where there are no regulated conditions for its production and the requirements for the production of organic meat are partially met. The research uses the latest results of developments of the world's leading scientists in the theoretical and applied fields. The analysis of the volume of the world market of organic products and the structure of its consumption is presented. It is noted that the market of organic rabbit meat in the Russian Federation is actively developing. Trends of the Russian market of organic rabbit meat are revealed. Attention is drawn to the fact that the production of organic rabbit meat is cost-effective due to uniform the kindlings and minimal costs. The benefits of rabbit meat in comparison with other types of meat, as well as its useful properties, are shown. It is established that the most cost-effective is the production of organic rabbit meat with intensive technology.

Abstract

Introduction of the study is due to: the emergence of a new segment of the traditional food market - organic products or «environmentally friendly»; increasing consumption of organic products: more than 2 times the growth rate of the food market as a whole. The demand for organic products is inelas-

tic in income and is predetermined by modern trends in healthy nutrition arising from the desire of consumers to increase their life expectancy and their well-being; the entry into force of Federal Law No. 280, since the organic industry in the Russian Federation has become legally protected, it has its own "face" in the form of a single state logo, as well as the mandatory formation of a single state register of producers; rabbit farming is one of the activities in view of the minimum conditions in cultivation technology, in which the requirements for the production of organic meat are already partially met. **Object.** State, trends, regularities and conditions of organic products market development. **Materials and methods.** An analysis of the available literary sources showed that in modern conditions information on the world practice of organic production is presented mainly in reports on the development of the agro-industrial complex of different countries, in global network resources, in articles of scientific journals on this topic. The following methods were used in the study of this problem: monographic, statistical, empirical, calculation-constructive. **Results and conclusion.** Based on a theoretical study, it has been proved that organic rabbit as a promising area takes place in the market of agricultural products, this circumstance reflects the strategic goal of the development of agribusiness, affects technology and management processes, and this activity is oriented to existing needs. The analysis of trends in the world and domestic organic products market made it possible to form a number of recommendations for the development of this area of activity in accordance with the needs of the economy. The assessment of the development of the organic direction implies a favorable general economic and institutional environment. This circumstance must also be taken into account because the modern development of the Russian economy is associated with import substitution and export orientation. Thus, positioning rabbit meat as an organic product, subject to the conditions and production technology specified in the federal law on organic products, will positively affect the finally competitive ability of this type of activity and agriculture as a whole. The expansion of organic production (rabbits) in family farms undoubtedly contributes to the increase in the socio-economic condition of agribusiness and the consolidation of the population in rural areas.

Key words: *organic products, organic products market, legal framework, organic rabbit breeding, factors of organic products consumption, positioning of organic products, intensive technology of rabbit meat production.*

Citation. Zvereva G.N., Grebneva D.A. Organic rabbit husbandry as a perspective activity in the agricultural products market Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2021. 4(64). 188-200 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-20.

Author's contribution. The author of this study collected material, analyzed the facts and wrote the paper.

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

УДК 637.5:339.1

ОРГАНИЧЕСКОЕ КРОЛИКОВОДСТВО КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВИД ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА РЫНКЕ АГРАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Г. Н. Зверева, кандидат экономических наук, доцент
Д. А. Гребнева, преподаватель

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 06.07.2021

Дата принятия к печати 12.11.2021

Актуальность исследования обусловлена появлением нового сегмента традиционного продовольственного рынка – органической продукции, или «экологически чистой»; ростом потребления органической продукции: более чем в 2 раза превышает темпы роста продовольственного рынка в целом. Спрос на органические продукты неэластичен по доходам и определен современными тенденциями в здоровом питании, возникающими из стремления потребителей увеличить продолжительность своей жизни и ее благополучие; вступлением в силу ФЗ №280, так как отрасль органического производства в РФ стала нормативно защищенной, у нее появилось свое «лицо» в виде единого государственного логотипа, а также обязательное формирование единого государственного реестра производителей; кролиководство – один из

видов деятельности ввиду минимальных условий в технологии выращивания, в котором уже частично соблюдены требования по производству именно органического мяса. **Объект.** Состояние, тенденции, закономерности и условия развития рынка органической продукции. **Материалы и методы.** Анализ имеющихся литературных источников показал, что в современных условиях информация о мировой практике органического производства представлена преимущественно в докладах о развитии агропромышленного комплекса различных стран, в глобальных сетевых ресурсах, в статьях научных журналов по данной тематике. При исследовании данной проблемы использовались следующие методы: монографический, статистический, эмпирический, расчетно-конструктивный. **Результаты и выводы.** На основе теоретического исследования было доказано, что органическое кролиководство как перспективный вид экономической деятельности занимает определенное место на рынке сельскохозяйственной продукции, это обстоятельство отражает стратегическую цель развития АПК, влияет на технологические и управленческие процессы, и данная деятельность ориентирована на существующие потребности. Проведенный анализ тенденций развития мирового и отечественного рынка органической продукции позволил сформировать ряд рекомендаций по развитию данного вида деятельности в соответствии с потребностями экономики. Оценка развития органического направления предполагает благоприятную общую экономическую и институциональную среду. Это обстоятельство также необходимо учитывать, поскольку современное развитие российской экономики связано с импортозамещением и экспортной ориентацией. Таким образом, позиционирование мяса кролика как органического продукта при соблюдении условий и технологии производства, указанных в Федеральном законе «Об органической продукции», положительно скажется в конечном итоге на конкурентоспособности данного вида деятельности и сельского хозяйства в целом. Расширение органического производства (кроликов) в семейных хозяйствах, несомненно, способствует повышению социально-экономического состояния агробизнеса и консолидации населения в сельской местности.

Ключевые слова: *органик-продукция, рынок органической продукции, органическое кролиководство, факторы потребления органической продукции, позиционирование органик-продукции, интенсивные технологии производства мяса кроликов.*

Цитирование. Зверева Г. Н., Гребнева Д. А. Органическое кролиководство как перспективный вид деятельности на рынке аграрной продукции. Известия НВ АУК. 2021. 4(64). 188-200. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-20.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Органическая продукция во всем мире становится все более востребованной у многих слоев населения [2, 11, 13, 26], что и обусловило появление нового сегмента традиционного продовольственного рынка – органической продукции или «экологически чистой» [1, 15].

Анализируя мировой рынок органической продукции, отмечаем, что темпы роста спроса на нее ускоряются [6, 21] и в 2021 году могут составить 16 %, то есть эта продукция становится все более популярной (рисунок 1).

По прогнозам Grand View Research, темпы роста рынка органик-продукции составят 10-12 % в год, что к 2025 году выразится в 212-230 млрд долларов. Таким образом, к 2025 году объем рынка органических продуктов может составить от 3 до 5 % от мирового рынка аграрной продукции [5].

Рост потребления органической продукции более чем в 2 раза превышает темпы роста продовольственного рынка в целом. Прежде всего, это связано как с увеличением числа потребителей, так и с ростом проникновения продукции в их корзину.

Основные потребители – городские жители с высоким или средним уровнем достатка, заботящиеся о своем здоровье. Фактическое потребление далеко от насыщения и будет расти по мере роста доходов и снижения себестоимости органической продукции [7, 9, 24].

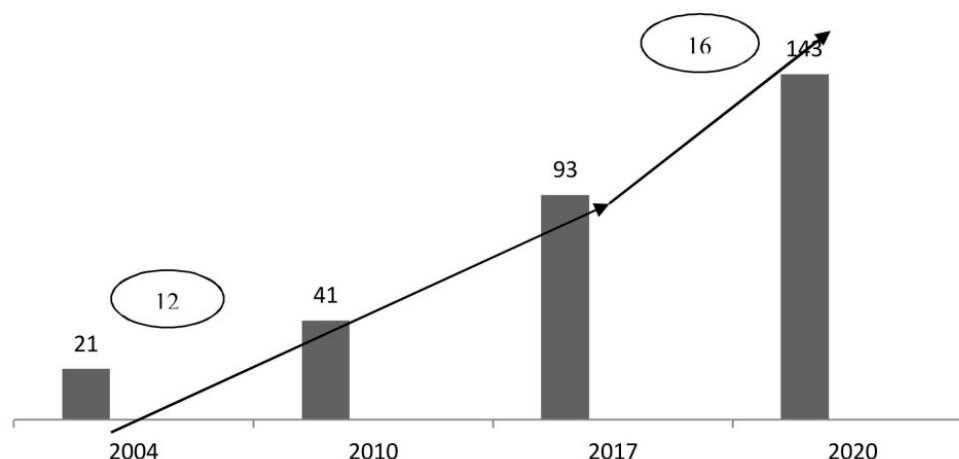


Рисунок 1 – Объем мирового рынка органической продукции, млрд EUR в 2004-2020 гг.

Figure 1 – The global market for organic products, billion EUR, years 2004-2020

На сегодня 77 % потребления экопродукции формируют 6 стран, но спрос присутствует во всех странах, где, согласно статистическим наблюдениям, его ежегодный прирост достигает приблизительно 30-50 % в год [14, 25, 27] (рисунок 2).

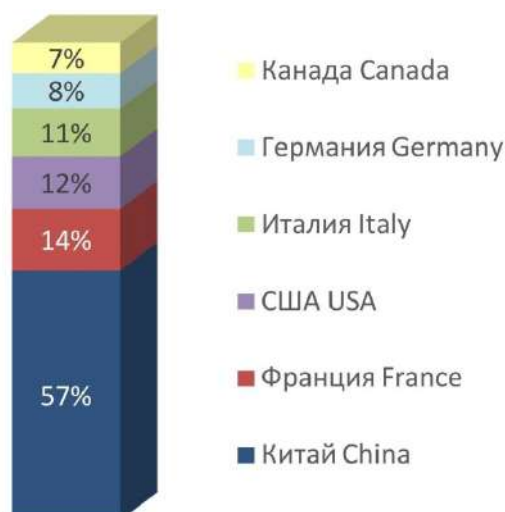


Рисунок 2 – Структура мирового потребления органической продукции в 2019-2020 гг., %

Figure 2 – Structure of global consumption of organic products in 2019-2020, %

Потребление растет не только в развитых «богатых» странах, а в целом во всех регионах, включая и «бедные» страны, например, в Европе: Латвия, Литва – более 50 % в год, Украина, Болгария – примерно 30 % в год; на рынке Азии: Китай – 50 %, Индия – 30 % [7]. Таким образом, можно сделать вывод о том, что спрос на органическую продукцию отличается неэластичностью по доходу и обусловлен современными тенденциями здорового питания, возникающими вследствие желания потребителей увеличить продолжительность своей жизни и повысить ее благополучие.

Особую актуальность исследованию придает то, что с 01.01.2020 года на территории РФ вступил в силу Федеральный закон №280-ФЗ «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Это означает, что отрасль органического производства стала нормативно защищенной, у нее появилось свое «лицо» в виде единого государственного логотипа, а также обязательное формирование единого государственного реестра производителей [8].

Согласно требованиям к производству органической продукции, обозначенным в федеральном законе, необходима коренная перестройка технологии производства, учитывающая различные аспекты органики. Поэтому в мясной индустрии такой переход, например, в передовых промышленных птицеводческой и свиноводческой подотраслях займет достаточно много времени, тогда как одним из направлений быстрого перехода может служить производство органической крольчатины ввиду минимальных условий в технологии выращивания, в которых уже частично соблюдены требования к производству именно органического мяса [3].

Благодаря скороспелости и высокой интенсивности размножения кролики могут дать в сравнительно короткий срок значительное количество диетического мяса, которое легко усваивается организмом. Как ценный диетический продукт, не вызывающий аллергических реакций, оно рекомендуется детям, людям пожилого возраста, а также тем, кто страдает различного рода заболеваниями.

Однако сегодня в России практически полностью отсутствуют племенные хозяйства и предприятия, занимающиеся промышленным кролиководством, а тем более органическим. Основная часть производителей мяса кролика сосредоточена в мелких частных подворьях, которые не влияют на рынок. Доля импортной продукции глубокой заморозки составляет 85 % [6], причем основным поставщиком мяса кролика в Россию до недавнего времени оставался Китай, чья продукция не соответствует рекомендациям здорового питания.

Объект исследования: состояние, тенденции, закономерности и условия развития рынка органической продукции, возникновение нового сегмента традиционного продовольственного рынка – органической продукции. Сделан акцент на производстве органической крольчатины как одном из немногих видов деятельности, в котором нет регламентированных условий содержания для ее получения и частично соблюдены требования по производству именно органического мяса.

Материалы и методы. Анализ имеющихся литературных источников показал, что в современных условиях информация о мировой практике производства органической продукции представлена преимущественно в отчетах о развитии агропромышленного комплекса разных стран, в глобальных сетевых ресурсах, в статьях научных журналов по данной тематике. Среди иностранных авторов следует отметить А. Говарда, Лорд Нортборна, который в своей книге «Looktotheland» (1940 г.) впервые ввел термин «organicfarming» – «органическое сельское хозяйство», а также Р. Штайнера, И.В. Балфора, Д. Родейла и др.

Исследованиями в области экологизации сельского хозяйства, формирования основ органического сельскохозяйственного производства занимались отечественные ученые XVIII-XX вв. - А. Т. Болотов, В. Р. Вильямс, И. М. Комов, Д. Н. Прянишников, А. Н. Энгельгардт, П. А. Костычев, В. В. Докучаев, а также современные ученые: А. А. Жученко, А. С. Миндрин, З. В. Никитина, М. Н. Сулин, В. Н. Хлыстун, обосновавшие стратегию адаптивного землепользования, а также И. Н. Буздалов, В. И. Данилов-Данильян, А. В. Голубев, И. М. Потравный, Н. В. Чепурных и др.

Теоретические основы в направлении производства органической продукции были исследованы многими отечественными учеными-агряриями, наибольший вклад из которых внесли: В. В. Алакоз, И. Н. Буздалов, В. А. Кундиус, Н. В. Комов, Э. Н. Крылатых, О. Б. Лепшке, В. В. Милосердов, А. С. Миндрин, К. И. Панкова, А. В. Петриков, Э. А. Сагайдак, А. А. Харитонов, В. И. Хлыстун, А. М. Югай и др.

Значительный вклад также внес коллектив авторов из числа сотрудников научно-исследовательских организаций РФ, принявших участие в международном проекте RUDECO (по программе TEMPUS), результаты которого были представлены отчетом о развитии рынка органической продукции в РФ.

Национальный органический союз с недавнего времени занимается выпуском научно-аналитических отчетов по состоянию органического рынка в РФ, представляет исследовательский интерес перечень российских органических производителей на 1 августа 2020 года.

При исследовании данной проблемы применялись следующие методы: монографический, статистический, эмпирический, расчетно-конструктивный.

Результаты и обсуждение. В России Союз органического земледелия проанализировал запросы по теме органического сельского хозяйства в Яндекс-статистике – к концу 2019 года сложилось большое ожидание потребителей: по ключевым словам «органические продукты купить» количество запросов с декабря 2017 года возросло почти в 50 раз – со 173 до 8643 в ноябре 2019 года, то есть потребители не только интересуются темой органических продуктов, но активно ищут их, чтобы приобрести [4].

Неоднократно отмечено и покупателями, и специалистами в сфере органических продуктов, что торговые сети используют тренд свежих, натуральных и фермерских продуктов и подменяют ими органические продукты, смешивают понятия. Несмотря на публичные заявления, специализированные полки органических продуктов пока так и не появились в федеральных торговых сетях. В Союзе органического земледелия считают, что есть позитивные предпосылки, чтобы ситуация постепенно менялась. Единый государственный логотип органической продукции поможет выделить органическую продукцию на полках, а единый государственный реестр позволит получать открытые сведения о производителях по номеру сертификата. Система становится прозрачной, что будет способствовать очищению торговли от фальсификата.

Рынок мяса в России показывает неоднозначную динамику. Это связано с турбулентностью в мировой экономике, а также с соответствующими процессами на российском рынке. В 2019 году произведено на 4,8 % продукции больше, чем в 2018 году (10,2 млн тонн), что свидетельствует об увеличении объемов производства. На сегодня в стране доля отечественной продукции на рынке крольчатины составляет 72 %. Более 2/3 всего производства приходится на ЛПХ и мелкие фермерские хозяйства [6]. В 2020 году, согласно статистическим данным, темпы роста производства мяса составили 4,3 % даже несмотря на пандемию COVID-19.

По результатам исследования отмечено, что в 2019 году объем потребления кроличьего мяса составил 5,7 тыс. тонн, это на 49 % больше по сравнению с предыдущим годом. При этом самые большие объемы продаж были зафиксированы в Центральном, Приволжском и Сибирском округах [6].

Важно отметить, что сфера кролиководства в настоящий момент в РФ активно развивается. В первую очередь это объясняется растущим спросом на крольчатину как на вид мяса, наиболее полно соответствующий органической продукции [17, 18, 22].

Кролиководство является высокорентабельной отраслью при соблюдении технологической культуры производства. В 2017 году поголовье кроликов в России составило 4,46 млн голов. В убойном весе в том же году было произведено 21,8 тыс. тонн

мяса. Разведением кроликов в стране традиционно занимаются хозяйства населения, на долю которых в 2017 году пришлось 86,2 % общего объема производства мяса кроликов и зайцев, – 18,8 тыс. тонн из 21,8 тыс. тонн. С 2013 года по 2017 год производство выросло в 2,7 раза: с 1,1 до 3 тыс. тонн. Производителей подталкивает к инвестициям буквально пустующий рынок. Если ранее крольчатина продавалась только на рынках, то в последние годы кроликов начал массово предлагать ритейл (розничная торговля). Это увеличило доступность крольчатины для покупателя и спровоцировало рост спроса. Дополнительный толчок в развитии отечественное кролиководство получило в 2014-2015 годах после введения продовольственного эмбарго и ослаблению рубля, приведшим к подорожанию зарубежной продукции [6, 12].

По мнению специалистов по кролиководству, разводить кролей можно во всех регионах страны. Однако в наибольшей мере оно получило развитие в Центральном, Уральском и Южном федеральных округах – в этих регионах разводят животных с целью получения мяса, чему способствует мягкий климат и низкие затраты на обустройство мест содержания. В южных регионах кролей нередко разводят в ямах, в этом случае содержание сводится к минимальным усилиям, связанным со своевременным кормлением и контролем состояния здоровья [19, 28].

По результатам исследования выявлены тенденции российского рынка мяса кроликов:

- емкость рынка за 2020 год составила 17,5 тыс. тонн продукции;
- самый большой объем производства наблюдается в хозяйствах населения (13,5 тыс. тонн или 82,8 %);
- доля сельскохозяйственных организаций – 11,3 %;
- доля индивидуальных предпринимателей и КФХ – 5,8 % от общего поголовья;
- от года к году наблюдается рост объемов продаж;
- поголовье кроликов растет, по данным на 2019 год, оно превысило отметку в 3700 тыс. голов;
- спрос превышает предложение, наблюдается дефицит (неудовлетворенный спрос около 320 тыс. тонн);
- по мнению экспертов, отечественный рынок находится в этапе формирования, прогнозируется рост спроса;
- основной импортер – Китай;
- наибольшее производство мяса кролика наблюдается в Приволжском федеральном округе;
- наибольшее потребление мяса кролика наблюдается в Приволжском федеральном округе;
- период окупаемости вложенных средств в этой сфере бизнеса короче, чем в птицеводстве;
- низкие входные барьеры в отрасль;
- низкая конкуренция;
- позиционирование мяса кроликов как органической продукции.

В Волгоградской области промышленное кролиководство успешно развивают фермеры: более 2 тонн мясной продукции в неделю, сотрудничество с крупнейшими торговыми сетями и звание единственного в России селекционного центра – таких результатов волгоградские кролиководы добились всего за пять лет.

Кролиководческая ферма появилась в Среднеахтубинском районе пять лет назад. Сделать это им помог опыт итальянских партнеров, именно там более рентабельными считаются фермы закрытого типа клеточного содержания [6].

При производстве органической крольчатины особое внимание уделяется кормам без консервантов, стимуляторов роста, возбуждителей аппетита, а также бесстрессовым условиям содержания и транспортировки, запрещено использование гормонов роста и антибиотиков. Натуральные корма для кроликов – залог успеха в производстве натуральных продуктов питания (экологически чистом производстве) [20].

Важной особенностью состава крольчатины является то, что тушка кролика содержит до 85 % мяса. Польза крольчатины в сравнении с другими видами мяса ощутима (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав крольчатины в сравнении с другими видами мяса

Table 1 – Chemical composition of rabbit meat in comparison with other types of meat

Вид мяса и его кондиция / Type of meat and its condition	Содержится в мясе, % / Found in meat, %			
	воды / water	белка / protein	жира / fat	зола / ash
Крольчатина / Rabbit meat:				
жирная / fat	59,8	20,2	18,9	1,1
тощая / scrawny	69,7	20,9	3,0	1,4
Птица / Poultry meat:				
жирная / fat	70,9	18,5	9,3	0,9
тощая / scrawny	70,2	19,7	1,4	1,4
Свинина / Pork:				
жирная / fat	47,5	14,5	37,5	0,7
тощая / scrawny	72,5	20,1	6,3	1,1
Телятина / Veal:				
жирная / fat	72,3	18,9	29,5	1,3
тощая / scrawny	77,8	20,0	1,0	1,2
Говядина / Beef:				
жирная / fat	56,2	18,0	25,5	0,8
тощая / scrawny	75,5	20,5	2,8	1,2

По химическому составу мясо кролика наиболее приближено к телятине и говядине, но превосходит их по более высокому содержанию белка. Что, например, очень подходит спортсменам при организации их питания и подготовке к соревнованиям. А почти 90 %-ная усвояемость и отсутствие аллергических реакций делает этот вид мяса незаменимым в детском питании.

Главные полезные свойства крольчатины представлены в таблице 2.

В наше время промышленное кролиководство для предпринимателей является достаточно перспективным бизнесом, а для инвесторов – выгодной инвестицией. Наиболее экономически выгодным остается производство крольчатины при интенсивной технологии, так как кролики отличаются высокой плодовитостью и скороспелостью: от одной крольчихи можно получить за год более 8-9 окролов, что составляет примерно 60-65 крольчат (по 7-9 крольчат в одном помете), около 60-70 кг чистого мяса. Такая технология позволяет максимально использовать биологические свойства кроликов, которые одновременно обеспечивают максимальную производительность и рентабельность (100-150 %) производства крольчатины.

Следует учесть, что по интенсивной технологии на эффективность производства крольчатины влияют определенные факторы: кормление – 65-70 %, порода и методы работы с ней – 20-25 %, условия содержания (помещение, клетки, микроклимат и т.д.) – 10-15 % [22].

Таблица 2 – Полезные свойства крольчатины

Table 2 – Useful properties of rabbit meat

Чёткое разделение между мясом и жиром / Clear separation between meat and fat	Это делает само мясо достаточно плотным и твёрдым, а к тому же легко позволяет отделить жировую прослойку. Если кролик был очень хорошо откормленным, то жировые прослойки могут содержаться и в самой мышечной ткани. Однако в этом случае они только положительно влияют на вкус и состав крольчатины, делая их мягче и нежнее. / This makes the meat itself quite dense and firm, and also easily allows you to separate the fat layer. If the rabbit was very well-fed, then the fat layers may be contained in the muscle tissue itself. However, in this case, they only have a positive effect on the taste and composition of rabbit meat, making them softer and more tender.
Низкая калорийность крольчатины / Low calorie rabbit meat	Во многом благодаря тому, что кроличий жир содержит мало калорий, энергетическая ценность мяса кролика в полтора раза меньше, чем баранины, и в два раза меньше, чем у свинины. Поэтому именно мясо кролика полезно есть при попытках похудеть или сохранить фигуру. This is largely due to the fact that rabbit fat is low in calories. The energy value of rabbit meat is one and a half times less than that of lamb, and two times less than that of pork. Therefore, it is useful to eat rabbit meat when trying to lose weight or maintain a figure.
Мясо кролика усваивается нашим организмом почти на 90 % / Rabbit meat is absorbed by our body by almost 90 %	Состав мяса кролика содержит значительно меньше "балласта" - различных сухожилий и костей. The composition of rabbit meat contains much less "ballast" - various tendons and bones.
В состав крольчатины входят все аминокислоты, которые человек должен получать с пищей / The composition of rabbit meat includes all the amino acids that a person should receive from food	Можно сказать, что составом кролика можно заменить все остальные виды мясных продуктов, и организму от этого станет только лучше. / The composition of the rabbit can replace all other types of meat products, and the body will only get better from this.
Мясо кролика не вызывает аллергии / Rabbit meat does not cause allergies	По этому качеству его можно сравнить разве что с составом телятины. / For this quality it can be compared only with the composition of veal.

Таким образом, предпосылками производства органической крольчатины являются:

- возможность импортозамещения;
- привлекательность входа на рынок отечественной органической продукции;
- устойчивый спрос на продукцию;
- наличие возможности диверсификации производства;
- возможность повышения конкурентоспособности отечественного производства.

Выводы. На основании теоретического исследования доказано, что органическая крольчатина как перспективный вид деятельности имеет место быть на рынке аграрной продукции, это обстоятельство отражает стратегическую цель развития агробизнеса, затрагивает технологию и управленческие процессы, и эта деятельность ориентирована на существующие потребности.

Анализ тенденций мирового и отечественного рынка органической продукции позволил сформировать ряд рекомендаций по развитию данного вида деятельности в соответствии с потребностями экономики.

Оценка развития органик-направления предполагает благоприятную общеэкономическую и институциональную среду. Данное обстоятельство необходимо учитывать еще и потому, что современное развитие экономики РФ связано с импортозамещением и экспортоориентированностью.

Таким образом, позиционирование крольчатины как органической продукции при соблюдении условий и технологии производства, указанных в федеральном законе об органической продукции, положительно скажется на конкурентоспособности данного вида деятельности и сельского хозяйства в целом. Расширение органического производства (крольчатины) в семейных фермах, несомненно, способствует увеличению социально-экономического состояния АПК и закреплению населения в сельской местности.

Библиографический список

1. Аварский Н. Д., Таран В. В., Девин В. К. Производство и реализация органических продуктов питания в России в контексте современных маркетинговых тенденций на мировом рынке // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 11. С. 74-81.
2. Архипова В. А., Кулагина А. Г. Становление и развитие российского рынка продукции органического сельского хозяйства // Экономика и предпринимательство. 2018. № 2 (91). С. 738-742.
3. Ковалева И. В., Семина Л. А. Роль экологического менеджмента в формировании и развитии рынка органической продукции агроориентированного региона // Экономика и предпринимательство. 2018. № 1 (90). С. 234-237.
4. Любовецкая А. Органическое сельское хозяйство в России: поехали! // Сельскохозяйственные вести. 2020. № 1. <https://agri-news.ru/zhurnal/2020/12020/organicheskoe-zemledelie/organicheskoe-selskoe-hozyajstvo-v-rossii-poexali.html>
5. Органический рынок России в 2020 г. (по данным Национального органического союза РФ. <https://rosorganic.ru/files/Analiz%20organic%20RF%202020%20%D0%B3.pdf>
6. Перспективы развития органического сельского хозяйства в России: исследование SBS CONSULTING. URL: https://www.sbs-consulting.ru/upload/Organic_agriculture_perspectives_in_Russia_Mar2019%20.pdf
7. Рущицкая О. А., Воронин Б. А., Кундиус В. А. Производство и рынок органической сельскохозяйственной продукции // Экономика и предпринимательство. 2018. № 9 (98). С. 567-570.
8. Рыжкова С. М. Актуальные проблемы правового обеспечения рынка органической продукции в России // АПК: Экономика, управление. 2018. № 5. С. 30-39.
9. Соколова Ж. Е., Аварский Н. Д., Таран В. В. Развитие рынка органической продукции в Австрии в условиях глобальных климатических изменений // Экономика сельского хозяйства России. 2017. № 5. С. 92-105.
10. Соколова Ж. Е., Таран В. В. Россия на мировом рынке органической продукции: возможности и проблемы в контексте национальной и продовольственной безопасности // Экономика и предпринимательство. 2017. № 8-3 (85). С. 159-167.
11. Ставцев А. Н., Ланкин А. С., Натаров Д. С. Индексный анализ тенденций на европейском рынке органической продукции и перспективы его развития в России // Экономика сельского хозяйства России. 2018. № 7. С. 93-97.
12. Таран В. В., Соколова Ж. Е. Институциональный фактор развития мирового рынка органической продукции // Экономика и предпринимательство. 2017. № 11 (88). С. 50-61.
13. Цуциева О. Т., Туаева Л. Р. Развитие мирового рынка продукции органического сельского хозяйства // Экономика и предпринимательство. 2017. № 4-2 (81). С. 513-515.
14. Чарыкова О. Г. Зарубежный опыт и перспективы развития рынка органической продукции в России // Динамика отраслевых рынков и перспективы их развития в экономике современной России сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 179-181.
15. Acs S., Berentsen P.B.M., de Wolf M. Comparison of traditional and organic farming systems in the Netherlands using bio-economic modeling // Biological agriculture and horticulture. 2007. № 24. Pp. 341-361.

16. Al-Taie W.A.A., Rahal M.K.M., Al-Sudani A.S.A., Al-Farsi K.A.O. Study of organic food consumption in the United Arab Emirates // Sage Open. 2015. № 5 (2).
17. Ankamah-Yeboah I., Nielsen M., Nielsen R. Price premium of organic salmon in Danish retail sale // Ecological Economics. 2016. № 122. Pp. 54-60.
18. Arisoy H. Impact of agricultural supports on competitiveness of agricultural products // Agric. Econ. Czech. 2020. № 66. Pp. 286-295.
19. Bengtsson J., Ahnström J., Weibull A.-C. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis // Journal of Applied Ecology. 2005. № 42. Pp. 261-269.
20. Berentsen P.B.M., Kovacs K., van Asseldonk M.A.P.M. Comparing risk in conventional and organic dairy farming in the Netherlands: An empirical analysis // Journal of dairy science. 2012. № 95. Pp. 3803-3811.
21. Bonfiglio A., Arzeni A., Bodini A. Assessing eco-efficiency of arable farms in rural areas // Agricultural Systems. 2017. № 151. Pp. 114-125.
22. Chien L., Chi S. An integrated data envelopment approach for evaluating the meat companies efficiency // Agric. Econ. Czech. 2019. № 65. Pp. 470-480.
23. Conti S. Effects of organic vs. conventional farming system on yield and quality of strawberry grown as an annual or biennial crop in southern Italy // Scientia Horticulturae. 2014. № 180. Pp. 63-71.
24. Crowder D. W., Reganold J. P. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2015. № 112. Pp. 7611-7616.
25. Czyżewski B., Matuszczak A., Muntean A. Approaching environmental sustainability of agriculture: environmental burden, eco-efficiency or eco-effectiveness // Agric. Econ. Czech. 2019. № 65. Pp. 299-306.
26. Czyżewski B., Matuszczak A., Muntean A. Impact of agricultural policy on the environmental sustainability of European agriculture // Journal of environmental protection and ecology. 2018. № 19. Pp. 426-434.
27. Krause J., Machek O. A comparative analysis of organic and conventional farmers in the Czech Republic // Agric. Econ. Czech. 2018. № 64. Pp. 1-8.
28. Smolik J. D. Productivity and Profitability of Conventional and Alternative Farming Systems: A Long-Term On-Farm Paired Comparison // Journal of Sustainable Agriculture. 1997. № 9. Pp. 63-79.
29. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming / P. Maeder [et al.] // Science. 2002. № 296. Pp. 1694-1697.

Conclusions. On the basis of theoretical research, it is proved that organic rabbit meat as a promising direction takes place on the market of agricultural products, this circumstance reflects the strategic goal of agribusiness development, affects technology and management processes, and this activity is focused on existing needs.

Analysis of trends in the global and domestic organic products market allowed us to form a number of recommendations for the development of this area of activity in accordance with the needs of the economy.

Assessment of the development of the organic direction assumes a favorable General economic and institutional environment. This circumstance should also be taken into account because the current development of the Russian economy is associated with import substitution and export orientation.

Thus, positioning rabbit meat as an organic product in compliance with the conditions and production technology specified in the Federal law on organic products will have a positive impact on the competitiveness of this type of activity and agriculture in General. The expansion of organic production (rabbit meat) in family farms undoubtedly contributes to an increase in the socio-economic status of the agro-industrial complex and the consolidation of the population in rural areas.

References

1. Avarsky N. D., Taran V. V., Devin V. K. Production and sale of organic food products in Russia in the context of modern marketing trends on the world market // Economics of agricultural and processing enterprises. 2018. № 11. Pp. 74-81.

2. Arkhipova V. A., Kulagina A. G. Formation and development of the Russian market of organic agriculture Products // Economics and entrepreneurship. 2018. № 2 (91). Pp. 738-742.
3. Kovaleva I. V., Semina L. A. The role of environmental management in the formation and development of the organic products market in the agro-oriented region // Economics and entrepreneurship. 2018. № 1 (90). Pp. 234-237.
4. Lyubetskaya A. Organic agriculture in Russia: let's go! // Agricultural news. <https://agri-news.ru/zhurnal/2020/12020/organicheskoe-zemledelie/organicheskoe-selskoe-xozyajstvo-v-rossii-poexali.html>
5. The organic market of Russia in 2020 (according to the National Organic Union of the Russian Federation. <https://rosorganic.ru/files/Analiz%20organic%20RF%202020%20%D0%B3.pdf>
6. Prospects for the development of organic agriculture in Russia / research SBS CONSULTING. https://www.sbsconsulting.ru/upload/Organic_agriculture_perspectives_in_Russia_Mar2019%20.pdf
7. Rosicka O. A., Voronin B. A., Kundius V. A. Production and market of organic agricultural products // Economics and entrepreneurship. 2018. № 9 (98). Pp. 567-570.
8. Ryzhkova S. M. Actual problems of legal support of the organic products market in Russia // Agro-industrial complex: Economics, management. 2018. No. 5. Pp. 30-39.
9. SokolovaZh. E., Avarsky N. D., Taran V. V. Development of the organic Products market in Austria in the context of global climate change // Economy of agriculture in Russia. 2017. No. 5. Pp. 92-105.
10. Sokolova Zh. E., Taran V. V. Russia on the world market of organic products: opportunities and challenges in the context of national and food security // Economics and entrepreneurship. 2017. № 8-3 (85). Pp. 159-167.
11. Stavtsev A. N., Lankin A. S., Natarov D. S. Index analysis of trends in the European organic Market and prospects for its development in Russia // Economy of agriculture in Russia. 2018. No. 7. Pp. 93-97.
12. Taran V. V., Sokolova Zh. E. Institutional factor of development of the world market of organic Products // Economics and entrepreneurship. 2017. № 11 (88). Pp. 50-61.
13. Tsutsieva O. T., Tuaeva L. R. Development of the world market of organic agriculture products // Economics and entrepreneurship. 2017. № 4-2 (81). Pp. 513-515.
14. Charykova O. G. Foreign experience and prospects of organic products market development in Russia // Dynamics of industry markets and prospects for their development in the economy of modern Russia collection of articles of the all-Russian scientific and practical conference. 2018. Pp. 179-181.
15. Acs S., Berentsen P.B.M., de Wolf M. Comparison of traditional and organic farming systems in the Netherlands using bio-economic modeling // Biological agriculture and horticulture. 2007. № 24. Pp. 341-361.
16. Al-Taie W.A.A., Rahal M.K.M., Al-Sudani A.S.A., Al-Farsi K.A.O. Study of organic food consumption in the United Arab Emirates // Sage Open. 2015. № 5 (2).
17. Ankamah-Yeboah I., Nielsen M., Nielsen R. Price premium of organic salmon in Danish retail sale // Ecological Economics. 2016. № 122. Pp. 54-60.
18. ArisoyH. Impact of agricultural supports on competitiveness of agricultural products // Agric. Econ. Czech. 2020. № 66. Pp. 286-295.
19. Bengtsson J., Ahnström J., Weibull A.-C. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis // Journal of Applied Ecology. 2005. № 42. Pp. 261-269.
20. Berentsen P.B.M., Kovacs K., van Asseldonk M.A.P.M. Comparing risk in conventional and organic dairy farming in the Netherlands: An empirical analysis // Journal of dairy science. 2012. № 95. Pp. 3803-3811.
21. Bonfiglio A., Arzeni A., Bodini A. Assessing eco-efficiency of arable farms in rural areas // Agricultural Systems. 2017. № 151. Pp. 114-125.
22. Chien L., Chi S. An integrated data envelopment approach for evaluating the meat companies efficiency // Agric. Econ. Czech. 2019. № 65. Pp. 470-480.

23. Conti S. Effects of organic vs. conventional farming system on yield and quality of strawberry grown as an annual or biennial crop in southern Italy // *Scientia Horticulturae*. 2014. № 180. Pp. 63-71.
24. Crowder D. W., Reganold J. P. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2015. № 112. Pp. 7611-7616.
25. Czyżewski B., Matuszczak A., Muntean A. Approaching environmental sustainability of agriculture: environmental burden, eco-efficiency or eco-effectiveness // *Agric. Econ. Czech*. 2019. № 65. Pp. 299-306.
26. Czyżewski B., Matuszczak A., Muntean A. Impact of agricultural policy on the environmental sustainability of European agriculture // *Journal of environmental protection and ecology*. 2018. № 19. Pp. 426-434.
27. Krause J., Machek O. A comparative analysis of organic and conventional farmers in the Czech Republic // *Agric. Econ. Czech*. 2018. № 64. Pp. 1-8.
28. Smolik J. D. Productivity and Profitability of Conventional and Alternative Farming Systems: A Long-Term On-Farm Paired Comparison // *Journal of Sustainable Agriculture*. 1997. № 9. Pp. 63-79.
29. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming / P. Maeder [et al.] // *Science*. 2002. № 296. Pp. 1694-1697.

Author's Information

Zvereva Galina Nikolaevna, associate professor of department of management and logistics in the agroindustrial complex, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetsky av., 26), PhD in economics, tel. 8 (8442) 41-13-84, e-mail: gzvereva@list.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7558-7078>

Grebneva Darya Aleksandrovna, educator of department of management and logistics in the agroindustrial complex, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetsky av., 26), tel. 8(8442) 41-13-84, e-mail: bulanova.34@yandex.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3775-1169>

Информация об авторах

Зверева Галина Николаевна, доцент кафедры «Менеджмент и логистика в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д.26), кандидат экономических наук, тел. 8 (8442) 41-13-84, e-mail: gzvereva@list.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7558-7078>

Гребнева Дарья Александровна, преподаватель кафедры «Менеджмент и логистика в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д.26), тел. 8 (8442) 41-13-84, e-mail: bulanova.34@yandex.ru.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3775-1169>

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-21

HISTOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE KIDNEYS OF 15-WEEK-OLD YOUNG EGG CHICKENS UNDER WHITE AND MONOCHROMATIC ILLUMINATION

I. V. Siyanova, E. Y. Zalyubovskaya, M. S. Mansurova

Federal State Budget Scientific Institution

«Far Eastern Zonal Scientific Research Veterinary Institute», Blagoveshchensk

Received 20.06.2021

Submitted 09.11.2021

The research was carried out in accordance with the research plan for 2021-2022.

FGBNU Dalzniv (No. 0819-2019-0007)

Summary

The article shows the results of the use of white and monochromatic lighting in the workshop of rearing young laying hens in the period from the daily age to the age of 15 weeks. The results of the biochemical analysis of the blood serum of 30 -, 60-and 90-day-old chickens showed the content of creat-

inine and uric acid closer to normal in the bird under white light, in comparison with monochromatic light. In hens with white light after decapitation, the kidneys are more hyperemic, histological examination revealed the predominance of focal venous-capillary completeness in the cortical and medullary substance of the kidney lobes, while the established signs of tubulointerstitial nephritis were less pronounced compared to birds raised under monochromatic lighting.

Abstract

Introduction. To reduce the waste of chickens during the growing period from the day-old age until the transfer to the workshops of adult laying hens, it is of great importance to control the parameters of the microclimate in the poultry house. One of the parameters of the microclimate is the color temperature of the light sources. The use of monochromatic lamps for a long period of rearing chickens from the age of one day to the age of 15 weeks can have a negative impact on the functional state of their internal organs, in particular the organs of the urinary system. **Object.** The object of research was a repair young egg hens of the «Dekalb White» breed. **Materials and methods.** Five experiments were conducted over a period of five years. In each experiment, four groups of day-old chickens of 200 heads each were formed. Young animals up to 15 weeks of age were kept in cages with different color lighting in conditions of gradually decreasing daylight hours from 24: 00 to 12: 00 hours a day and the illumination level from 50-30 to 7-6 lux. For lighting, compact fluorescent lamps of white, yellow, green and blue colors were used, with a luminous flux of 760 lm. In chickens aged 30, 60 and 90 days, a biochemical analysis of blood serum for the content of creatinine and uric acid was performed. Blood was taken from 10 chickens from each group. In each experiment, an anatomical study of the kidneys of hens at the age of 15 weeks, slaughtered by decapitation, was performed. In one of the experiments, 24 hens were slaughtered for histological examination, 6 heads from each group. **Results and conclusions.** In all groups of chickens aged 30, 60 and 90 days, an increase in creatinine and uric acid was determined by 44.0-48.6% of the age norms, which indicated a decrease in the functional activity of the kidneys. In young animals under white light at different ages, the amount of creatinine and uric acid is more often lower by 17.1 and 21.1%, respectively, and closer to normal than in chickens under monochromatic lamps. When slaughtered in young hen, grown under white light, the buds had a darker, red-brown color, without significant differences in absolute weight with the birds of the other groups. In the histological study at young hen under white light, in comparison with monochromatic, the kidney tissue is somewhat more blood-filled, due to larger foci of venous-capillary fullness in the cortical and medullary substance of the lobules. In young hen of different groups, regardless of the color of the light, signs of tubulointerstitial nephritis - an inflammatory lesion of the structures of the renal tubulointerstitial were determined. In the sections of the kidney tissue, the presence of small and large foci of inflammatory leukocyte infiltrate, with its accumulation in the interstitial spaces, was established. In the foci of infiltration, the basal membrane and epithelium of the tubules and collecting tubules are often damaged. The structure of the renal glomeruli is not disturbed, glomeruli were rarely found in a state of atrophy, more in a state of hypertrophy. In birds under white light, in comparison with monochromatic light, there was a tendency to reduce the number of foci of leukocyte infiltrate by 1.69-2.59 times, while quantity large foci with an area of more than 600.0-650.0 microns were less by 0.8-2.2 times. According to the results of the study, it is concluded that the preferred use of white lighting during the rearing of repair young egg chickens from the daily to 15-week age in conditions of gradually decreasing daylight and illumination.

Key words: *chickens, monochromatic lighting, morphometric parameters of kidney tissue.*

Citation. Siyanova I. V., Zalyubovskaya E. Y., Mansurova M. S. Histological characteristics of the kidneys of 15-week-old young egg chickens under white and monochromatic illumination. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 200-209 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-21.

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

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

УДК 636.5

**ГИСТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧЕК
15-НЕДЕЛЬНОГО МОЛОДНЯКА ЯИЧНЫХ КУР
ПРИ БЕЛОМ И МОНОХРОМАТИЧЕСКОМ ОСВЕЩЕНИИ****И. В. Сиянова**, кандидат биологических наук**Е. Ю. Залюбовская**, кандидат сельскохозяйственных наук**М. С. Мансурова***ФГБНУ Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт,
г. Благовещенск, Россия*

Дата поступления в редакцию 20.06.2021 Дата принятия к печати 09.11.2021

***Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2022 гг.
ФГБНУ ДальЗНИВИ (№0819-2019-0007)***

Актуальность. Для уменьшения отхода яичных цыплят в период выращивания с суточного возраста и до момента перевода в цеха взрослых кур-несушек большое значение имеет контроль параметров микроклимата в птичнике. Одним из параметров микроклимата является цветовая температура источников освещения. Использование монохроматических ламп в течение длительного периода выращивания цыплят с суточного возраста до возраста 15 недель может оказать негативное влияние на функциональное состояние их внутренних органов, в частности органов мочеполовой системы. **Объект.** Объектом исследований являлся ремонтный молодняк яичных кур породы Декалб Уайт. **Материалы и методы.** Проведено пять опытов в течение пяти лет. В каждом опыте формировали четыре группы суточных цыплят по 200 голов в каждой. Молодняк до 15-недельного возраста содержали в клетках при разном по цвету освещении в условиях постепенно сокращающегося светового дня с 24:00 до 12:00 часов в сутки и уровня освещенности от 50-30 до 7-6 лк. Для освещения использовали компактные люминесцентные лампы белого, желтого, зеленого и голубого цвета, со световым потоком на уровне 760 лм. У цыплят в возрасте 30, 60 и 90 суток произведен биохимический анализ сыворотки крови на содержание креатинина и мочевой кислоты. Взятие крови осуществляли у 10 голов из каждой группы. В каждом опыте проводили анатомическое исследование почек молодняка в возрасте 15 недель, забитого с использованием метода декапитации. В одном из опытов для выполнения гистологического исследования забито 24 курочки, по 6 голов из каждой группы. **Результаты и выводы.** Во всех группах цыплят в возрасте 30, 60 и 90 суток определен подъем креатинина и мочевой кислоты на 44,0-48,6 % от возрастных норм, что свидетельствовало о снижении функциональной активности почек. У молодняка при белом освещении в разных возрастах количество креатинина и мочевой кислоты зачастую ниже на 17,1 и 21,1 %, соответственно, и ближе к норме, чем у цыплят при монохроматических лампах. При забое у курочек при белом освещении почки имели более темный, красно-коричневый цвет, без значительных различий по абсолютной массе с птицей остальных групп. При гистологическом исследовании у молодняка при белом освещении, в сравнении с монохроматическим, ткань почек более кровенаполнена за счет более крупных очагов венозно-капиллярного полнокровия в корковом и мозговом веществе долек. У курочек разных групп, вне зависимости от цвета освещения, определены признаки тубулоинтерстициального нефрита – воспалительного поражения структур почечного тубулоинтерстиция. В срезах ткани почек установлено наличие мелких и крупных очагов воспалительного лейкоцитарного инфильтрата, с его скоплением в межканальцевых пространствах. В очагах инфильтрата базальная мембрана и эпителий канальцев и собирательных трубочек часто повреждены. Структура почечных клубочков не нарушена, довольно редко обнаруживались клубочки в состоянии атрофии, больше в состоянии гипертрофии. У птицы под белым освещением, в сравнении с монохроматическим, выявлена тенденция уменьшения количества очагов лейкоцитарного инфильтрата в 1,69-2,59 раза, при этом крупных очагов, имевших площадь более 600,0-650,0 мкм, определено меньше в 0,8-2,2 раза. По результатам исследования сделан вывод о предпочтительном использовании белого освещения в период выращивания ремонтного молодняка яичных кур с суточного по 15-недельный возраст в условиях постепенно сокращающегося светового дня и освещенности.

Ключевые слова: *молодняк яичных кур, монохроматическое освещение птичников, морфометрические параметры ткани почек кур.*

Цитирование. Сиянова И. В., Залюбовская Е. Ю., Мансурова М. С. Гистологическая характеристика почек 15-недельного молодняка яичных кур при белом и монохроматическом освещении. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 200-209. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-21.

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. Неизбежные потери от падежа яичного молодняка на птицеводческих предприятиях составляют 3-4 % от общего поголовья принятых на выращивание цыплят. Частыми причинами падежа являются болезни незаразной этиологии, различные патологические состояния организма молодняка [8, 13]. У павших цыплят диагностируют заболевания желудочно-кишечного тракта, мочекишный диатез, вторичные иммунодефицитные состояния, гиповитаминозы и пр. [3, 6, 15]. Для уменьшения отхода цыплят в период выращивания с суточного возраста и до момента перевода в цеха взрослых кур-несушек большое значение имеют профилактические мероприятия. Предпринимаемые профилактические меры базируются на данных глубокого анализа каждого из стресс-факторов внешней среды, влияющих на молодняк в птичнике [10, 16]. К числу физических факторов, оказывающих значительное влияние на рост и развитие цыплят, относится освещение. Птицефабрика сама решает, какой тип ламп использовать в системе освещения цехов. В перечне технических параметров, характеризующих источники света, большое значение для цыплят имеют световой поток, цветовая температура, мерцание, угол свечения, мощность. Каждый из данных параметров может оказать стрессовое воздействие на молодняк при его чрезмерном влиянии, превышающем пределы физиологической приспособляемости организма [7, 9, 14]. Цветовая температура ламп характеризует спектральный состав их излучения. Так как зрительный аппарат птицы отличается высокой спектральной чувствительностью, это должно учитываться при использовании монохроматических ламп в птичнике. Период выращивания яичных цыплят составляет 15-16 недель. Это довольно долгий период, важный для последующей продуктивности птицы. Воздействие монохроматического излучения в столь продолжительный срок может оказать значительное влияние на организм молодняка, что требует пристального внимания к качеству освещения в птичнике. В настоящее время изученность данного вопроса с использованием методов гистологического анализа довольно слаба.

Цель исследования заключалась в изучении влияния цветовой температуры источников освещения на морфологические характеристики ткани почек яичных цыплят, выращенных в условиях производства.

Материалы и методы. Объектом исследования являлся ремонтный молодняк яичных кур породы Декалб Уайт Белогорской птицефабрики Амурской области. В течение пяти лет нами были выполнены пять опытов. Для этого в каждом опыте мы формировали по четыре группы суточных цыплят по 200 голов в каждой. Молодняк до 15-недельного возраста содержали в клетках при разном по цвету освещении в условиях постепенно сокращающегося светового дня с 24:00 до 12:00 часов в сутки и уровня освещенности от 50-30 до 7-6 лк. В системе освещения цеха использовали компактные люминесцентные лампы (КЛЛ) белого, желтого, зеленого и голубого цвета со световым потоком на уровне 760 лм. Внутренние стенки клеток заделывали белым пластиком. Кормление и содержание молодняка соответствовало рекомендациям по выращиванию кур породы Декалб Уайт.

Материалом исследования в пяти опытах послужили пробы сыворотки крови молодняка, в одном из опытов – образцы ткани почек. Биохимический анализ сыворотки крови цыплят в возрасте 30, 60 и 90 суток включал определение содержания креатинина и мочевой кислоты. Креатинин определяли по методу Лоппера, псевдокинетическим двухточечным методом, основанным на реакции Яффе, мочевую кислоту – энзиматическим колориметрическим методом. Использовали биохимические анализаторы Stat Fax, диагностические наборы фирмы Витал. В каждом возрасте цыплят кровь брали у 10 голов из каждой группы. Анатомическое исследование внутренних органов молодняка осуществляли в каждом опыте по достижении ими возраста 15 недель. Для этого в группах выбирали по 3-5 курочек с одинаковой живой массой ($\pm 10,0$ г), средней для данного возраста. Взятие образцов ткани почек осуществили в одном из опытов, для чего было забито по 6 голов из каждой группы, всего 24 головы. Для забоя использован метод декапитации. При вскрытии осуществляли визуальную оценку почек с определением их абсолютной массы на весах Shinko Denshi CO. На гистологическое исследование образцы ткани почек брали из каудальной доли каждого органа, погружая в 10 %-ный раствор формалина. Гистологическое исследование проводили на базе ФГБНУ ДальЗНИВИ. Зафиксированные кусочки проводили через спирты, заливали в парафин. С блока получали по 3-5 срезов толщиной 5-6 мкм, окрашивали гематоксилином и эозином. Определение морфометрических показателей проводили в 10 полях зрения каждого из 3-5 срезов препарата, используя световой микроскоп Carl Zeiss (увеличение объектива 40), окуляр-микрометр МОВ-1-15. В срезах измеряли длинный и короткий диаметры почечных клубочков. Вычисляли площадь почечных клубочков: $S = \pi (a \cdot b)$ (мкм²), где a и b – длинный и короткий радиусы клубочков, соответственно; объем клубочков: $V = 0,523 \times D_1 \times D_2^2$ (мкм³), где D_1 и D_2 – длинный и короткий диаметры клубочка, соответственно [1]. Под капсулой долек почки определяли длинный и короткий диаметры просвета кровенаполненных капиллярных и венозных сосудов, учитывали количество таких сосудов. В паренхиме почки измеряли длинный и короткий диаметры очагов скопления клеточного инфильтрата, также учитывали количество очагов инфильтрата.

Экспериментальные данные обрабатывали с помощью программы Microsoft Excel [5]. Статистическую значимость различий средних величин оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. Результаты считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. При биохимическом анализе сыворотки крови у молодняка всех групп в возрасте 30, 60 и 90 суток количество креатинина превышало норму на 39,7-44,0 % (норма 25,0-50,0 мкм/л), мочевой кислоты на 7,3-48,6 % (норма 250,0-360,0 мкм/л), что свидетельствовало о снижении функциональной активности почек. При белом освещении в разных возрастах цыплят показатели креатинина чаще были ниже на 17,1 %, мочевой кислоты – на 21,1 %, и ближе к норме, чем в группах при монохроматических лампах.

При анатомическом исследовании почки 15-недельного молодняка красно-коричневого цвета, в большинстве опытов более темные у курочек при белом освещении. За весь период исследований абсолютная масса почек в группе при белом освещении в среднем составила $8,59 \pm 0,24$ г, при желтом – $8,37 \pm 0,35$, при зеленом – $8,14 \pm 0,24$ г, при голубом – $8,08 \pm 0,35$ г, то есть была на одном уровне во всех группах птицы. В группах колебание значений абсолютной массы почек наблюдалось в пределах 6,70-9,50 г во всех пяти опытах, то есть без значимых отклонений от физиологической нормы (7,0-9,0 г).

При микроскопии в корковом и мозговом веществе почек молодняка встречалось выраженное очаговое венозно-капиллярное полнокровие. Структурных изменений стенок артерий и артериол не наблюдалось. В просвете кровенаполненных венозных

сосудов, находившихся под капсулой долек почки, отмечали скопления лейкоцитов. Очагами густая клеточная инфильтрация обнаруживалась в паренхиме почки, располагаясь чаще всего вблизи выносящих вен. В крупных очагах инфильтрата проксимальные канальцы нефронов в состоянии атрофии. Просвет таких канальцев расширен, с наличием слабо выраженной бледно-розовой белковой массы, эпителий более уплотнен, отдельные эпителиоциты в состоянии некроза. Довольно редко скопление клеточного инфильтрата наблюдалось возле приносящих и выносящих артериол почечных клубочков, еще реже в строме вокруг капсул Шумлянско-Боумана. Капсулы единичных почечных телец склерозированы. Довольно редко встречались клубочки в состоянии атрофии, «лапчатые», чаще в состоянии гипертрофии – признака активного функционального состояния нефрона, с наличием расширенного мочевого пространства Боуменовской капсулы. Очаги лейкоцитарного инфильтрата наблюдали также в строме конусов мозгового вещества долек почек, между собирательными трубочками и протоками. За счет очагового скопления клеточного инфильтрата собирательные трубочки значительно раздвинуты, их просвет расширен, эпителий стенок истончен. На основании установленного при гистологическом исследовании доминирующего повреждения канальцев нефронов и собирательных трубочек, отсутствия активного вовлечения в патологический процесс почечных клубочков поставлен диагноз тубулоинтерстициального нефрита. Среди причин возникновения воспалительных процессов в ткани почек – воздействие инфекционных, метаболических, иммунных, токсических факторов [11, 12].

Наличие гиперемии ткани почек молодняка всех групп мы связали со способом забоя птицы посредством прижизненной декапитации. В своих исследованиях, проведенных на гильотинированных животных (кролики, кошки), Ковалевский Г. В. установил своеобразную картину перераспределения крови в почках с выраженной ауторегуляцией почечного кровообращения благодаря самостоятельной реактивности сосудов почек [4]. В сравнении с млекопитающими, у птиц существует особенность в кровоснабжении почек – наличие не только артериального афферентного кровоснабжения. Благодаря второму афферентному кровоснабжению через порталную почечную систему к почечным канальцам нефронов в перитубулярную капиллярную сеть может поступать венозная кровь, оттекающая от задних отделов кишечника и тазовых конечностей. Перераспределение кровотока осуществляется при помощи порталных клапанов, с направлением тока крови либо через почку, либо шунтированием кровотока в каудальную полую вену [2]. В нашем исследовании очаговое венозное и капиллярное полнокровие установлено как в корковом, так и в мозговом веществе долек почек молодняка. Интралобулярные вены в паренхиме коркового вещества и вокруг конусов мозгового вещества в основном кровенаполнены, как и капилляры, их окружающие. Капилляры, проходящие между собирательными трубочками и протоками мозгового вещества, чаще полнокровны. Более выраженное кровенаполнение коркового и мозгового вещества почек мы наблюдали у молодняка, выращенного с использованием белого освещения, что, вероятно, вызвано увеличением венозного афферентного кровоснабжения по порталной почечной системе (таблица 1).

У курочек под белым освещением очаги венозно-капиллярного полнокровия более обширны, резче выражено кровенаполнение мозгового вещества долек почки. И наоборот, состояние кровенаполнения ткани почек у молодых, содержавшихся под голубым освещением, более слабое, просвет выносящих вен чаще без наличия форменных элементов, полнокровие мозгового вещества встречалось реже.

У всех забитых в эксперименте курочек, вне зависимости от цвета освещения, при котором они были выращены, диаметр почечных клубочков был на одном уровне: максимальный колебался в пределах 3,56-3,85 мкм, минимальный – 0,98-1,08 мкм (таблица 1).

Таблица 1 – Морфометрическая характеристика ткани почек ремонтного молодняжка
яичных кур, возраст 15 недель, n=6, M±m

Table 1 – Morphometric characteristics of kidney tissue of repair young egg chickens,
age 15 weeks, n=6, M±m

Исследуемый параметр / Parameter under study	Группа / Group			
	контрольная / control (белые КЛЛ 4500–5500 К)	1-я опытная / 1st experimental (желтые КЛЛ 2800–3000 К)	2-я опытная / 2nd experimental (зеленые КЛЛ 530–550 нм)	3-я опытная / 3rd experimental (бело-голубые КЛЛ 6500 К)
Просвет сосудов капиллярно-венозного русла под капсулой долек почки / Lumen of the vessels of the capillary-venous bed under the capsule of the kidney lobules:				
длинный диаметр, мкм / large diameter, microns	40,97±3,12	36,99±1,27	30,59±2,93	33,83±2,46*
короткий диаметр, мкм / short diameter, microns	19,55±1,14	17,91±1,26	16,52±1,00	17,15±1,32
Площадь, мкм ² / Area, microns ²	30,09±3,63	24,50±2,47	18,76±2,50*	21,78±3,07
Количество полнокровных со- судов / Number of full-blood vessels	88,67±20,69	79,83±18,17	47,67±14,62*	62,00±12,32*
Размеры почечных клубочков / Size of the renal glomeruli:				
длинный диаметр, мкм / large diameter, microns	45,97±4,15	40,91±0,97	46,07±1,74	43,02±1,52
короткий диаметр, мкм / short diameter, microns	34,84±2,53	31,22±0,70	34,64±1,58	32,76±0,94
Площадь, мкм ² / Area, microns ²	60,71±10,21	47,00±2,03	59,08±4,78	51,97±3,18
Объем, мкм ³ / Volume, microns ³	69,94±17,26	45,93±2,90	64,94±7,87	53,50±4,79

Примечание: * p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001

Наличие скопления лейкоцитов в капиллярах, находившихся под капсулой почки, мы связываем с реакцией перераспределительного лейкоцитоза после убоя птицы. При изучении морфометрических показателей, характеризующих воспалительные процессы в ткани почки, у курочек под белым освещением патологические изменения несколько менее выражены, чем под монохроматическим (таблица 2).

Таблица 2 – Морфометрическое исследование очагов воспалительного инфильтрата в ткани
почек ремонтного молодняжка яичных кур, возраст 15 недель, n=6, M±m

Table 2 – Morphometric study of foci of inflammatory infiltrate in the kidney tissue of repair young
egg chickens, age 15 weeks, n=6, M±m

Исследуемый параметр / Parameter under study	Группа / Group			
	контрольная / control (белые КЛЛ 4500–5500 К)	1-я опытная / 1st experimental (желтые КЛЛ 2800–3000 К)	2-я опытная / 2nd experi- mental (зеленые КЛЛ 530–550 нм)	3-я опытная / 3rd experimental (бело-голубые КЛЛ 6500 К)
Размеры очагов лейкоцитарного инфильтрата / The size of foci of leukocyte infiltrate:				
Длинный диаметр, мкм / Large diameter, microns	88,57±6,79	104,09±8,00	93,58±9,88	93,96±7,94
Короткий диаметр, мкм / Short diameter, microns	63,39±5,80	75,12±6,71	66,57±6,23	65,86±5,64
Площадь, мкм ² / Area, microns ²	212,67±37,94	296,24±45,87	239,77±46,04	235,15±43,07
Количество очагов / Number of foci	11,67±2,50	21,33±5,41	19,67±5,37	30,17±3,99**

Примечание: * p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001

Количество очагов лейкоцитарного инфильтрата, имевших площадь более 600,0-650,0 мкм², наблюдали в ткани почек молодняка при белых лампах в четырех случаях, при желтых и зеленых – в десяти-одиннадцати, при голубых лампах – в пяти случаях. В одном из препаратов группы при голубом освещении визуализировали самое крупное из наблюдавшихся нами скопление лейкоцитов площадью около 14 770,0 мкм².

Выводы. В пяти проведенных опытах у содержащегося под разным по цвету освещения ремонтного молодняка в возрасте 30, 60 и 90 дней количество креатинина и мочевой кислоты в сыворотке крови увеличивалось выше возрастной нормы на 39,7-44,0 и 7,3-48,6 %, соответственно, что свидетельствовало о снижении функциональной активности почек. При белом освещении у цыплят разного возраста показатели креатинина чаще были ниже на 17,1 %, мочевой кислоты – на 21,1 %, и ближе к норме, чем в группах при монохроматических лампах. При анатомическом исследовании в большинстве проведенных опытов почки 15-недельного молодняка, выращенного при белом освещении, более гиперемированы, чем у птицы, содержащейся под монохроматическими лампами. Абсолютная масса почек у курочек при белом освещении на одном уровне с остальной птицей, колебание значений в группах находилось в пределах 6,70-9,50 г, что соответствовало норме. При световой микроскопии в срезах почек 15-недельных курочек при белом освещении очаговое венозно-капиллярное полнокровие в корковом и мозговом веществе более выражено, чем у птицы, выращенной под желтыми, зелеными и голубыми лампами. По результатам морфометрического анализа ткани почек, у молодок при белом освещении признаки тубулоинтерстициального нефрита менее выражены за счет меньшего количества очагов лейкоцитарной инфильтрации в перитубулярной зоне, однако установленные различия имели достоверную разницу только с группой птицы, содержащейся при голубом освещении ($p < 0,01$).

Библиографический список

1. Автандилов Г. Г. Медицинская морфометрия. Руководство. М.: Медицина, 1990. 384 с.
2. Боркивец Д. С. Система венозного оттока от почек и органов брюшной полости у кур кросса «Сибиряк-2» // Вестник Алтайского ГАУ. 2015. № 7 (129). С. 116-120.
3. Журов Д. О., Громов И. Н. Патоморфологическая диагностика нефропатий у кур // Вестник НГАУ. 2015. № 2. С. 94-100.
4. Ковалевский Г. В. Судебно-медицинская экспертиза. М., 1962. № 4. С. 6-13.
5. Мидлтон М. П. Анализ статистических данных с использованием Microsoft Excel для Office XP. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. 296 с.
6. Нуралиев Е. Р., Кочиш И. И. Применение фитобиотика «Провитол» для улучшения конверсии корма в промышленном птицеводстве // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 8 (154). С. 112-117.
7. Проблемы освещения птичников / В. В. Боцман, Н. В. Черный, И. С. Григорьян, Р. В. Шахбазян // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 2 (14). С. 3-11.
8. Турицина Е. Г. Морфология органов иммуногенеза кур при экстремальных состояниях неинфекционной этиологии // Вестник КрасГАУ. 2012. № 11. С. 148-153.
9. Фисинин В. И., Кавтарашвили А. Ш. Тепловой стресс у птицы. Сообщение II. Методы и способы профилактики и смягчения // Сельскохозяйственная биология. 2015. № 4. С. 431-443.
10. Шацких Е. В., Сурай П. Ф., Латыпова Е. Н. Морфологические показатели крови яичной птицы при введении в рацион Витаминаоцида и МеджикАнтистрессМикса // Аграрный вестник Урала. 2015. № 1 (131). С. 48-52.
11. Fathi-Hafshejani E., Baba Ahmadi M. Study of Kidney pathological Lesion of Laying Hens in Isfahan Province // Iranian Veterinary Journal. 2019. V. 15 (3). P. 41-47.
12. Florfenicol induces renal toxicity in chicks by promoting oxidative stress and apoptosis / X. Wang, C. Han, Y. Cui [et al] // Environ Sci Pollut. 2021. V. 28 (1). P. 936-946.
13. Khatoon A., Abidin Z. An extensive review of experimental ochratoxigenesis in poultry: II. Hemato-biochemical and immunological alterations along with other health issues. Toxin Reviews 0:0 // World's Poultry Science Journal. 2018. V. 74 (4). P. 1-19.

14. Melatonin modulates monochromatic light-induced melatonin receptor expression in the hypothalamus of chicks / L. Zhanga, F. Chenb, J. Caoa, Y. Donga, Z. Wanga, Y. Chena // *Acta Histochemica*. 2017. V. 119 (7). P. 733-739.

15. Pathology and management of gout in Giriraja breeder chicks / A. W. Lakkawar, R. Kumar, S. Venugopal, S. Uma, M. Sathiyaseelan, M. G. Nair, M. Sivakumar // *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2018. V. 6 (1). P. 550-554.

16. The role of the poultry industry on kidney and genitourinary health in Pakistan / S. Imtiaz, A. Alam, B. Salman [et al] // *Pak J Med Sci*. 2020. V. 36 (1). P. 67-74.

Conclusions. In five experiments, the amount of creatinine and uric acid in the serum blood chickens aged 30, 60 and 90 days increased above the age norm by 39.7-44.0 and 7.3-48.6%, respectively, in under different color lighting, which indicated a decrease in the functional activity of the kidneys. Under white light, the level of creatinine in chickens of different ages was more often lower by 17.1%, uric acid by 21.1%, and closer to normal, than in groups under monochromatic lamps. When anatomically examined, in most of the experiments conducted, the kidneys of 15-week-old young hens raised under white light are more hyperemic than in birds kept under monochromatic lamps. The absolute weight of the kidneys in chickens under white light was on the same level as the rest of the bird, the fluctuation of values in the groups was in the range of 6.70 - 9.50 g, which corresponded to the norm. Light microscopy in the kidney tissue of 15-week-old chickens under white light revealed a more pronounced focal venous-capillary fullness in the cortical and medullary substance of the kidney than in birds raised under yellow, green and blue lamps. According to the results of morphometric analysis of kidney tissue, the signs of tubulointerstitial nephritis in young birds under white light are less pronounced due to a smaller number of foci of leukocyte infiltration in the peritubular zone, but the established differences had a significant difference only with the group of birds kept under blue light ($p < 0.01$).

References

1. Avtandilov G. G. *Medicinskaya morfometriya*. Rukovodstvo. M.: Medicina, 1990. 384 p.
2. Borkivec D. S. Sistema venoznogo ottoka ot pohek i organov bryushnoj polosti u kur krossa "Sibiryak-2" // *Vestnik Altajskogo GAU*. 2015. № 7 (129). P. 116-120.
3. Zhurov D. O., Gromov I. N. Patomorfologicheskaya diagnostika nefropatij u kur // *Vestnik NGAU*. 2015. № 2. P. 94-100.
4. Kovalevskij G. V. *Sudebno-medicinskaya jkspertiza*. M., 1962. № 4. P. 6-13.
5. Midlton M. P. *Analiz statisticheskikh dannyh s ispol'zovaniem Microsoft Excel dlya Office XP*. M.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2005. 296 p.
6. Nuraliev E. R., Kochish I. I. Primenenie fitobiotika "Provitol" dlya uluchsheniya konversii korma v promyshlennom pticevodstve // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. № 8 (154). P. 112-117.
7. Problemy osvescheniya ptichnikov / V. V. Bocman, N. V. Chernyj, I. S. Gri-gor'yan, R. V. Shahbazyan // *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*. 2017. № 2 (14). P. 3-11.
8. Turicina E. G. Morfologiya organov immunogeneza kur pri jekstremal'nyh sostoyaniyah neinfekcionnoj etiologii // *Vestnik KrasGAU*. 2012. № 11. P. 148-153.
9. Fisinin V. I., Kavtarashvili A. Sh. Teplovoj stress u pticy. Soobschenie II. Metody i sposoby profilaktiki i smyagcheniya // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2015. № 4. P. 431-443.
10. Shackih E. V., Suraj P. F., Latypova E. N. Morfologicheskie pokazateli krovi yaichnoj pticy pri vvedenii v racion Vitaminoacida i MedzhikAntistressMiksa // *Agrarnyj vestnik Urala*. 2015. № 1 (131). P. 48-52.
11. Fathi-Hafshejani E., Baba Ahmadi M. Study of Kidney pathological Lesion of Laying Hens in Isfahan Province // *Iranian Veterinary Journal*. 2019. V. 15 (3). P. 41-47.
12. Florfenicol induces renal toxicity in chicks by promoting oxidative stress and apoptosis / X. Wang, C. Han, Y. Cui [et al] // *Environ Sci Pollut*. 2021. V. 28 (1). P. 936-946.
13. Khatoon A., Abidin Z. An extensive review of experimental ochratoxycosis in poultry: II. Hemato-biochemical and immunological alterations along with other health issues. *Toxin Reviews* 0:0 // *World's Poultry Science Journal*. 2018. V. 74 (4). P. 1-19.

14. Melatonin modulates monochromatic light-induced melatonin receptor expression in the hypothalamus of chicks / L. Zhanga, F. Chenb, J. Caoa, Y. Donga, Z. Wanga, Y. Chena // *Acta Histochemica*. 2017. V. 119 (7). P. 733-739.

15. Pathology and management of gout in Giriraja breeder chicks / A. W. Lakkawar, R. Kumar, S. Venugopal, S. Uma, M. Sathiyaseelan, M. G. Nair, M. Sivakumar // *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2018. V. 6 (1). P. 550-554.

16. The role of the poultry industry on kidney and genitourinary health in Pakistan / S. Imtiaz, A. Alam, B. Salman [et al] // *Pak J Med Sci*. 2020. V. 36 (1). P. 67-74.

Author's Information

Siyanova Irina Vladimirovna, senior researcher, Department «Livestock and poultry», Federal state budgetary scientific institution Far Eastern zonal research veterinary Institute (Russia, 675005, Amur region, Blagoveshchensk, st. North, 112), candidate of biological sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6183-8320>, 8-914-562-3012. E-mail: sijnova@mail.ru

Zalyubovskaya Elena Yuryevna, senior researcher, Department «Livestock and poultry» Federal state budgetary scientific institution Far Eastern zonal research veterinary Institute (Russia, 675005, Amur region, Blagoveshchensk, st. North, 112), candidate of agricultural sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4339-7912>, tel.: 8-914-579-4397, E-mail: dalznivilabbiohim@mail.ru

Mansurova Maria Salikhovna, researcher, Department «Livestock and poultry», Federal state budgetary scientific institution Far Eastern zonal research veterinary Institute (Russia, 675005, Amur region, Blagoveshchensk, st. North, 112), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1747-7799>, tel.: 8-909-812-3047, E-mail: dalznivilabbiohim@mail.ru

Информация об авторах

Сиянова Ирина Владимировна, старший научный сотрудник отдела «Животноводство и птицеводство» Дальневосточного зонального научно-исследовательского ветеринарного института (ФГБНУ ДальЗНИВИ) (РФ, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, д. 112), кандидат биологических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6183-8320>, тел. 8-914-562-3012. E-mail: sijnova@mail.ru

Залюбовская Елена Юрьевна, старший научный сотрудник отдела «Животноводство и птицеводство» Дальневосточного зонального научно-исследовательского ветеринарного института (ФГБНУ ДальЗНИВИ) (РФ, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, д. 112), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4339-7912>, тел.: 8-914-579-4397, E-mail: dalznivilabbiohim@mail.ru

Мансурова Мария Салиховна, научный сотрудник отдела «Животноводство и птицеводство» Дальневосточного зонального научно-исследовательского ветеринарного института (ФГБНУ ДальЗНИВИ) (РФ, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, д. 112), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1747-7799>, тел.: 8-909-812-3047, E-mail: dalznivilabbiohim@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-22

ANALYSIS OF BREED AND AGE PREDISPOSITION OF DOGS TO ENDOMETRITIS IN THE CITY OF NOVOCHERKASSK

V.V. Chekrysheva, N.O. Andros

*North Caucasian Zonal Research Institute - a branch of the Federal Budget Scientific Institution
«Federal Rostov Agrarian Scientific Center»*

Received 01.09.2021

Submitted 16.11.2021

Summary

The proposed article presents data on the breed and age predisposition of dogs to endometritis in the conditions of Novocherkassk city of Rostov region.

Abstract

Introduction. In the system of obstetric diseases of animals, uterine lesions occupy the first place and endometritis are the most common among them. Nowadays, more and more bitches suffer from this pathology. At the same time, there are high risks of loss of reproductive function, up to and including death. This is due to the fact that an increasing number of animals suffer from a number of immuno-

logical and endocrine disorders, in addition, it is necessary to timely and correctly diagnose this pathology. Endometritis is a disease caused by an inflammatory process in the surface layer of the endometrium, the inner mucous membrane of the body of the uterus. **Object.** The proposed article presents data on the breed and age predisposition of dogs to endometritis in the conditions of the city of Novocherkassk, Rostov region. The studies were carried out on the basis of the veterinary clinic of the North Caucasian Zonal Research Institute - a branch of the Federal Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center» and veterinary clinic «Irbis» in the period 2020 - 2021. **Materials and methods.** The study included 63 dogs of various breeds and ages. **Results and conclusions.** As a result of our studies, it was found that bitches over the age of 5 years are most prone to endometritis, which amounted to 60.3% of the number of animals studied. Young animals aged from 6 months to 2 years suffer from endometritis much less often (12.8%). Bitches of giant, large and medium breeds (Great Dane, Rottweiler, American Staffordshire Terrier, American Pit Bull Terrier, Labrador, Labrador Retriever, German Boxer), as well as mongrel dogs that have reached reproductive age, have a predisposition to endometritis (84.1%). Cases of endometritis in bitches of small and dwarf dog breeds were much less frequently reported - 15.9% of the total number of studied animals, while all bitches of small and dwarf breeds (Toy Terrier, Chihuahua, Sheltie, Corgi, Pomeranian) with a confirmed diagnosis of endometritis get sick with this pathology at the age of over 5 years and in most cases have problems with being overweight.

Keywords: dogs, carnivores, animals, endometritis, pathology, uterus, prevalence, morbidity, disease, breed, age.

Citation. Chekrysheva V.V., Andros N.O. Analysis of breed and age predisposition of dogs to endometritis in the city of Novocherkassk. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 209-215 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-22.

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 619:618:636.7

АНАЛИЗ ПОРОДНОЙ И ВОЗРАСТНОЙ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ СОБАК К ЭНДОМЕТРИТУ В ГОРОДЕ НОВОЧЕРКАССК

В. В. Чекрышева, кандидат ветеринарных наук
Н. О. Андрос, аспирант

Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт – филиал Федерального бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»,
г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 01.09.2021

Дата принятия к печати 16.11.2021

Актуальность. В системе акушерских заболеваний животных поражения матки занимают первое место, и среди них наиболее часто встречаются эндометриты. В наше время всё чаще суки страдают данной патологией. При этом высоки риски потери репродуктивной функции вплоть до летального исхода. Это связано с тем, что всё большее количество животных страдает от ряда иммунологических и эндокринных нарушений, кроме того, необходимо своевременно и верно диагностировать данную патологию. Эндометрит – это заболевание, вызванное воспалительным процессом в поверхностном слое эндометрия, внутренней слизистой оболочки тела матки. **Объект.** В предложенной статье представлены данные о породной и возрастной предрасположенности собак к эндометриту в условиях города Новочеркасск Ростовской области. Исследования проводились на базе ветеринарной клиники Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института – филиала ФГБНУ ФРАНЦ – и ветеринарной клиники «Ирбис» в период 2020-2021 гг. **Материалы и методы.** Исследованию подверглись 63 собаки различных пород и возрастов. **Результаты и выводы.** В результате проведенных нами исследований было установлено, что к эндометриту наиболее предрасположены суки в воз-

расте от 5 лет, что составило 60,3 % от числа исследованных животных. Значительно реже болеют эндометритом молодые животные в возрасте от 6 месяцев до 2 лет (12,8 %). Суки гигантских, крупных и средних пород (немецкий дог, ротвейлер, американский стаффордширский терьер, американский питбультерьер, лабрадор, лабрадор-ретривер, немецкий боксер), а также беспородные собаки, достигшие репродуктивного возраста, имеют предрасположенность к эндометриту (84,1 %). Значительно реже зарегистрированы случаи возникновения эндометрита у сук мелких и карликовых пород собак – 15,9 % от общего числа исследованных животных, при этом все суки мелких и карликовых пород (той-терьер, чихуахуа, шелти, корги, померанский шпиц) с подтвержденным диагнозом эндометрит заболевают данной патологией в возрасте старше 5 лет и в большинстве случаев имеют проблемы с лишним весом.

Ключевые слова: породы собак, болезни собак, эндометриты собак, патологии матки собак.

Цитирование. Чекрышева В. В., Андрос Н. О. Анализ породной и возрастной предрасположенности собак к эндометриту в городе Новочеркассск. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 209-215. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В системе акушерских заболеваний животных поражения матки занимают первое место, и среди них наиболее часто встречаются эндометриты. В наше время всё чаще суки страдают данным заболеванием, также высоки риски потери репродуктивной функции и летального исхода. Это связано с тем, что всё большее количество животных страдает от ряда иммунологических и эндокринных нарушений, кроме того, необходимо своевременно диагностировать данную патологию [11, 12].

Эндометрит – это заболевание, вызванное воспалительным процессом в поверхностном слое эндометрия, внутренней слизистой оболочки тела матки [3, 4, 6].

Основным фактором, провоцирующим эндометрит, считается эндокринное расстройство, повышающее уровень эстрогенов в крови собаки. Эта патология приводит к трансформации стенок сосудов. Наличие в матке патогенных организмов вызывает поражение эндометрия. Поэтому вторым фактором является вирусно-бактериальная инфекция, запускающая воспалительные процессы с интоксикацией организма собаки. Вагиниты, болезни половых органов, мочеполовой системы могут стать причиной заболевания [1, 8].

Другие факторы, влияющие на данную патологию:

- ложная щенность (беременность), тяжело проходящая два раза в год, сопровождающаяся сильным набуханием сосков, увеличением живота, набором веса и появлением молока;
- травмы репродуктивной системы, разрывы и эрозии на стенках матки, если собака вынашивала крупных щенков, различные патологии при родах;
- после родов плохо сокращающаяся матка не до конца очищается, что может привести к инфицированию;
- гибель щенков в момент родов или в утробе, неполное выведение или рассасывание плода, заражение во время родов нестерильными приборами;
- острые и хронические заболевания внутренних органов инфекционной и паразитарной этиологии;
- передача инфекции от кобеля суке во время вязки. Эндометрит проявится после проникновения инфекции из влагалища в полость матки собаки [2, 7].

Отмечают также факторы, способствующие развитию патологии: дефицит важных биологических элементов в организме собаки в период вынашивания щенков, недостаточная физическая нагрузка в период беременности [9].

Целью данной работы служит изучение данных породной и возрастной предрасположенности к эндометриту у собак в условиях города Новочеркасск.

Материалы и методы. Исследования проводились в городе Новочеркасск Ростовской области на базе ветеринарных клиник «Ирбис», а также СКЗНИВИ – филиала ФГБНУ ФРАНЦ. Наблюдениям подверглись 63 собаки, поступающие в ветеринарные лечебницы с диагнозом «эндометрит» в период 2020-2021 гг. В ходе исследований производился анализ данных амбулаторного журнала приема животных, а также анализ данных историй болезни. Диагноз эндометрит ставили комплексно, учитывая данные анамнеза, осмотра, пальпации брюшной стенки. В качестве специальных исследований использовали ультразвуковую диагностику брюшной полости, а также биохимический и общий клинический анализы крови.

Результаты и обсуждение. Для разрешения поставленной задачи произвели анализ данных историй болезни 63 собак с диагнозом эндометрит, которые поступают в ветеринарные клиники города Новочеркасск.

Таблица 1 – Анализ возрастной предрасположенности к эндометриту

Table 1 – Analysis of Age-Related Predisposition to Endometritis

Возрастной диапазон / Age range	Собаки / Dogs	
	количество голов / number of heads	%
от 6 месяцев до 2 лет / 6 months to 2 years	8	12,8 %
от 2 лет до 5 лет / 2 years to 5 years	17	26,9 %
старше 5 лет / older than 5 years	38	60,3 %

Из данных таблицы 1 видно, что чаще всего эндометрит встречается у сук старше 5 лет – 60,3 %. Так, из 63 исследуемых животных воспаление эндометрия отмечалось у 38 собак. У животных в возрасте от 2 лет до 5 лет эндометрит встречается в 26,9 % случаев. Из 63 исследуемых собак данная патология регистрировалась у 17 животных. Молодые животные в возрасте от 6 месяцев до 2 лет болеют заметно реже (12,8 %), при этом 8 сук из 63 заболевших животных были больны эндометритом.

На следующем этапе наших исследований мы проанализировали породную предрасположенность собак к заболеваемости эндометритом в городе Новочеркасск Ростовской области.

Исходя из данных таблицы 2 мы можем сделать вывод, что предрасположенность к эндометриту имеют суки гигантских, крупных и средних пород, а также беспородные животные (метисы). У собак мелких и карликовых пород эндометрит встречался значительно реже.

Таким образом, первое место по данной патологии, согласно нашим исследованиям, занимают беспородные собаки – 16 голов из 63, что составило 25,3 %. Второе место по частоте встречаемости эндометрита занимают собаки породы ротвейлер – это 15,9 %. Так, из 63 исследуемых животных 10 сук ротвейлеров были больны эндометритом. Следующие породы с частым возникновением воспаления эндометрия – американский стаффордширский терьер и лабрадор, по 11,1 % случаев. В ходе наших исследований установлено, что из 63 исследуемых собак данная патология была зарегистрирована у 7 сук американского стаффордширского терьера и 7 сук лабрадора и лабрадор-ретривера. Суки немецкого дога с заболеванием эндометрит встречались немного реже, чем американские стаффордширские терьеры и лабрадоры – 6 случаев из 63, что соста-

вило 9,6 %. По пять случаев эндометрита из 63 были зафиксированы у американского питбультерьера и чихуахуа, что составило 7,9 %. Суки немецкого боксера и той-терьера с воспалением эндометрия встречались значительно реже – по 2 животных из 63 исследуемых (3,2 %). Реже всего зарегистрированы случаи эндометрита у корги, шелти и померанского шпица – по 1,6 % соответственно. Так, из 63 исследуемых животных 1 случай данной патологии зафиксирован у корги, 1 случай у шелти и 1 случай у померанского шпица.

Таблица 2 – Анализ породной предрасположенности к эндометриту

Table 2 – Analysis of breed predisposition to endometritis

Порода / Breed	Собаки / Dogs	
	количество голов / number of heads	%
Метис / Mestizo	16	25,3 %
Немецкий дог / German dog	6	9,6 %
Чихуахуа / Chihuahua	5	7,9 %
Ротвейлер / Rottweiler	10	15,9 %
Американский стаффордширский терьер / American Staffordshire Terrier	7	11,1 %
Американский питбультерьер / American Pit Bull Terrier	5	7,9 %
Той-терьер / Toy Terrier	2	3,2 %
Лабрадор / лабрадор-ретривер / Labrador / Labrador Retriever	7	11,1 %
Немецкий боксер / German Boxer	2	3,2 %
Померанский шпиц / Pomeranian Spitz	1	1,6 %
Корги / Corgi	1	1,6 %
Шелти / Sheltie	1	1,6 %

В ходе наших исследований отмечено, что суки мелких и карликовых пород с подтвержденным диагнозом «эндометрит» заболевают данной патологией в возрасте старше 5 лет, а также 3 суки чихуахуа из 5 собак данной породы с подтвержденным диагнозом эндометрит и 2 суки той-терьера из 2 имели лишний вес (ожирение).

Выводы. В результате проведенных нами исследований установлено, что к эндометриту наиболее предрасположены суки в возрасте от 5 лет (60,3 %). Значительно реже болеют эндометритом молодые животные в возрасте от 6 месяцев до 2 лет (12,8 %). Суки гигантских, крупных и средних пород (немецкий дог, ротвейлер, американский стаффордширский терьер, американский питбультерьер, лабрадор, лабрадор-ретривер, немецкий боксер), а также беспородные собаки, достигшие репродуктивного возраста, имеют высокую предрасположенность к эндометриту (84,1 %). Реже зарегистрированы случаи возникновения эндометрита у сук мелких и карликовых пород собак (той-терьер, чихуахуа, шелти, корги, померанский шпиц) – 15,9 %, при этом все суки мелких и карликовых пород с подтвержденным диагнозом «эндометрит» заболевают данной патологией в возрасте старше 5 лет и в большинстве случаев имеют проблемы с лишним весом.

Библиографический список

1. Анализ заболеваемости собак эндометритом в городе Новочеркасск / Н. О. Юмина [и др.] // Молодежная наука: вызовы и перспективы: материалы IV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Макеевка: ДОНАГРА, 2021. Т. I. С. 366.
2. Исследование корреляции мастита и эндометрита у плотоядных / В. В. Чекрышева [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2019. № 12. С. 119-124.

3. Лечение гнойного эндометрита у собак / Б. Ху, Ю. А. Ватников, Е. В. Куликов, И. А. Попова [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2018. N 2 (35). С. 27-31.
4. Метод лечения гнойного эндометрита у собак с использованием блокаторов прогестероновых рецепторов и простагландинов F2 α / Б. Ху, Ю. А. Ватников, Н. В. Сахно [и др.] // Вестник аграрной науки. 2018. № 2. С. 47-51.
5. Опыт применения гирудотерапии при эндометритах у кошек и собак / Л. С. Рычапова [и др.] // Успехи современной науки и образования. 2017. № 3. С. 182-185.
6. Оценка репродуктивной функции собак после консервативного лечения хронического гнойного эндометрита (пиометры) / Ю. С. Мартынова [и др.] // Успехи современной науки. 2016. № 3. С. 112-114.
7. Распространение, факторы риска, патофизиология и современные аспекты терапии пиометры у собак / Г. П. Дюльгер, Ю. Г. Сибилева, П. Г. Дюльгер [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 88-105.
8. Чекрышева В. В., Гаркуша А. К. Сочетанная патология при эндометрите у собак // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 4. С. 153–156.
9. Эффективность нового средства для лечения эндометрита у животных / Л. Г. Войтенко [и др.] // Актуальные проблемы и методические подходы к диагностике, лечению и профилактике болезней животных: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. М., 2018. С. 40-43.
10. Contri A. Effectiveness of a modified administration protocol for the medical treatment of canin pyometra. 2014. P. 1-5.
11. Fieni F. Medical treatment for pyometra in dogs. 2014. P. 28-32.
12. Ros L. A. retrospective study of bitches with pyometra, medically treated with alogipristone // Theriogenology. 2014. Vol. 82. P. 1281-1286.

Conclusions. Our studies have shown that bitches over 5 years of age (60.3%) are most susceptible to endometritis. Young animals aged 6 months to 2 years (12.8%) suffer from endometritis much less frequently. Bitches of giant, large and medium breeds (German Great Dane, Rottweiler, American Staffordshire Terrier, American Pitbull Terrier, Labrador, Labrador Retriever, German Boxer), as well as non-bred dogs of reproductive age are highly prone to endometritis (84.1%). The cases of endometritis in bitches of small and dwarf dog breeds (Toy Terrier, Chihuahua, Sheltie, Corgi, Pomeranian Spitz) are less frequent - 15,9%, and all bitches of small and dwarf breeds with confirmed diagnosis of endometritis develop this pathology at the age over 5 years and in most cases have problems with overweight.

References

1. Analysis of the incidence of canine endometritis in Novocherkassk / N.O. Yumina, [et al.] // Youth Science: Challenges and Prospects: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists. Makeevka: DONAGRA, 2021. V. I. P. 366.
2. Study of the correlation of mastitis and endometritis in carnivores / V. V. Chekrysheva [et al.] // Vestnik KrasSAU. 2019. № 12. P. 119-124.
3. Treatment of purulent endometritis in dogs / B. Hu, V. A. Vatnikov, E. V. Kulikov, I. A. Popova [et al.] // Theoretical and applied problems of agroindustrial complex. 2018. N 2 (35). P. 27-31.
4. Method of treatment of purulent endometritis in dogs using progesterone receptor blockers and prostaglandins F2 α / B. Hu, Y.A. Vatnikov, N.V. Sakhno [et al.] // Bulletin of Agrarian Science. 2018. № 2. P. 47-51.
5. Experience of hirudotherapy in endometritis in cats and dogs / L. S. Rychapova [et al.] // Advances in modern science and education. 2017. № 3. P. 182-185.
6. Evaluation of reproductive function in dogs after conservative treatment of chronic purulent endometritis (pyometra) / Yu. S. Martynova [et al.] // Advances in Modern Science. 2016. № 3. P. 112-114.
7. Prevalence, risk factors, pathophysiology and modern aspects of therapy of pyometra in dogs / G. P. Dulger, Y. G. Sibileva, P. G. Dulger [et al.] // Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy. 2019. № 2. P. 88-105.

8. Chekrysheva V. V., Garkusha A. K. Combined pathology in endometritis in dogs // Bulletin of Michurin State Agrarian University. 2018. № 4. P. 153-156.
9. Effectiveness of a new remedy for the treatment of endometritis in animals / L. G. Voytenko [et al.] // Actual problems and methodological approaches to the diagnosis, treatment and prevention of diseases of animals: proceedings of the International scientific and practical conference. Moscow, 2018. P. 40-43.
10. Contri A. Effectiveness of a modified administration protocol for the medical treatment of canine pyometra. 2014. P. 1-5.
11. Fieni F. Medical treatment for pyometra in dogs. 2014. P. 28-32.
12. Ros L. A. retrospective study of bitches with pyometra, medically treated with aglepristone // Theriogenology. 2014. Vol. 82. P. 1281-1286.

Author's Information

Chekrysheva Victoria Vladimirovna, Candidate of Veterinary Sciences, Director, North Caucasian Zonal Scientific Research Veterinary Institute – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center». SPIN-code: 5247-5424.

Andros Natalya Olegovna, graduate student, North Caucasian Zonal Scientific Research Veterinary Institute – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center». SPIN-code: 2074-4698.

Информация об авторах

Чекрышева Виктория Владимировна кандидат ветеринарных наук, директор, Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт – филиал Федерального бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», veterinar1987@mail.ru; +7-908-511-01-39; 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, Ростовское шоссе, 0. SPIN-код: 5247-5424.

Андрос Наталья Олеговна, аспирант, Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский институт – филиал Федерального бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», nataliamanushina@yandex.ru, +7-928-190-69-52; 346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, Ростовское шоссе, 0. SPIN-код: 2074-4698.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-23

THE USE OF SILAGE HARVESTED WITH THE CONSERVANT «BEST-SIL» IN THE DIETS OF CATTLE

**S. V. Chekhranova, A. K. Karapetyan,
V. V. Ionov, S. N. Kupriyanov**

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 10.09.2021

Submitted 23.11.2021

Summary

This article presents the results of studying the effectiveness of using corn silage harvested with the introduction of the Best-Sil bioconservant in feeding dairy cows. The experiment was conducted on the basis of the Residential Complex «Korshevo» of the Limited Liability Company «EkoNivaAgro». Studies have established a positive effect of the use of the Best-Sil bioconservant on the chemical composition and organoleptic parameters of the finished feed, silage, which affected the increase in dairy productivity of cows

Abstract

Introduction. Full-fledged feeding of lactating animals is directly related to the quality of the harvested feed. One of the leading places in the feeding diet of dairy cattle is assigned to silage. It is possible to improve the nutritional value, feedability and safety of silage used in cow rations by introducing conservants during silage to stabilize the fermentation process and develop positive microflora in the silage. In this regard, it was decided to study the effectiveness of using corn silage harvested using the Best-Sil bioconservant in dosages of 1.0 g, 1.5 g and 2.0 g per ton of silage mass. **Object.** The object

of the study was dairy cows of the Holstein breed. **Materials and methods.** In the period from 2018 to 2021 in the conditions of the Residential Complex «Korshevo» of the Limited Liability Company «EkoNivaAgro» of the Bobrovsky district of the Voronezh region conducted a scientific and economic experiment. In the course of the work, classical and modern methods of zootechnical, hematological, biochemical and economic research were used with the use of modern certified equipment. The research used technological methods of keeping and feeding cows adopted at the enterprise. The research data obtained in the course of the work were processed biometrically with the determination of the reliability of the results according to the Student's criterion. **Results and conclusions.** During the research, a positive effect of the introduced conservant on the quality indicators of silage was revealed. There was an increase in the experimental versions of silage of dry matter by 5.30-9.66 %, crude protein – by 6.07-10.35 %, the proportion of lactic acid – by 0.85-1.17 %, a decrease in the proportion of butyric acid from 0.29% in the control version to 0.03-0.04% in the experimental ones. It was found that the content of mycotoxins in the silo prepared with the introduction of a bioconservant was significantly lower compared to the control variant. The use of experimental versions of silage in the diets of dairy cows contributed to an increase in average daily milk yields by 6.3-7.8 %, fat in milk by 0.08-0.12 %, protein-by 0.07-0.11 %.

Key words: *silage, conservant, diet, organic acids, mycotoxins, dairy productivity.*

Citation. Chekhranova S.V., Karapetyan A.K., Ionov V.V., Kupriyanov S.N. The use of silage harvested with the conservant «Best-Sil» in the diets of cattle. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 215-223 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-23.

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

Conflict of interests. The authors have declared no conflicts of interest.

УДК 636.084.523

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИЛОСА, ЗАГОТОВЛЕННОГО С КОНСЕРВАНТОМ «BEST-SIL», В РАЦИОНАХ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

С. В. Чехранова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А. К. Карапетян, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. В. Ионов, аспирант

С. Н. Куприянов, аспирант

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

Дата поступления в редакцию 10.09.2021

Дата принятия к печати 23.11.2021

Актуальность. Полноценное кормление лактирующих животных напрямую связано с качеством заготавливаемых кормов. Одно из ведущих мест в рационе кормления крупного рогатого скота молочного направления отводится силосу. Улучшить питательность, поедаемость и безопасность силоса, используемого в рационах коров, можно посредством внесения консервантов при силосовании для стабилизации процесса ферментации и развития положительной микрофлоры в силосе. В связи с этим было принято решение изучить эффективность применения силоса кукурузного, заготовленного с использованием биоконсерванта Best-Sil в дозировках 1,0 г, 1,5 г и 2,0 г на тонну силосуемой массы. **Объект исследования.** Объектом исследования стали дойные коровы голштинской породы. **Материалы и методы.** В период с 2018 по 2021 гг. в условиях ЖК «Коршево» ООО «ЭкоНиваАгро» Бобровского района Воронежской области был проведен научно-хозяйственный опыт. В ходе работы были использованы классические и современные методы зоотехнических, гематологических, биохимических и экономических исследований с применением современного сертифицированного оборудования. В исследованиях использовались технологические приемы содержания и кормления коров, принятые на предприятии. Данные исследований, полученные в ходе работы, были обработаны био-

метрически с определением достоверности результатов по критерию Стьюдента. **Результаты и выводы.** В ходе исследований было выявлено положительное влияние вносимого консерванта на качественные показатели силоса. Наблюдалось повышение в опытных вариантах силоса сухого вещества на 5,30-9,66 %, сырого протеина – на 6,07-10,35 %, доли молочной кислоты – на 0,85-1,17 %, снижение доли масляной кислоты с 0,29 % в контрольном варианте до 0,03-0,04 % в опытных. Было выявлено, что в силосе, заготовленном с внесением биоконсерванта, содержание микотоксинов было значительно ниже по сравнению с контрольным вариантом. Использование опытных вариантов силоса в рационах дойных коров способствовало увеличению среднесуточных удоев на 6,3-7,8 %, жира в молоке – на 0,08-0,12 %, белка – на 0,07-0,11 %.

Ключевые слова: силос, консервация силоса, биоконсерванты, «Best-Sil», рационы КРС, органические кислоты, микотоксины, молочная продуктивность КРС.

Цитирование. Чехранова С. В., Карапетян А. К., Ионов В. В., Куприянов С. Н. Использование силоса, заготовленного с консервантом «Best-Sil», в рационах крупного рогатого скота. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 215-223. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-23.

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. О конфликте интересов авторы не заявляли.

Введение. Организации правильного сбалансированного питания сельскохозяйственных животных и повышения показателей их продуктивности можно добиться за счет улучшения качества заготавливаемых кормов [4, 5, 9].

При этом в рационах крупного рогатого скота особая роль отводится сочным кормам. Для заготовки высококачественного силоса, а также сохранности питательных веществ при хранении и использовании животными применяют различные консерванты. Использование биоконсервирующих препаратов при силосовании основано на искусственном увеличении численности молочнокислых бактерий в зелёной массе в момент её закладки в целях активизации молочнокислого брожения. В настоящее время применение биоконсервантов при заготовке силосованных кормов является целесообразным, так как подобные препараты не только улучшают качество и сохранность силоса, но и повышают его потребление и переваримость животными [1, 7].

Цель работы – повышение молочной продуктивности коров при применении в рационах силоса, приготовленного с использованием биологического консерванта «Best-Sil».

Best-Sil – биоконсервант для силосования для улучшения качества и поедаемости силоса и сенажа, кукурузы, зерносенажа продуктивности сельскохозяйственных животных. Данный препарат содержит живые молочнокислые бактерии *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecium* и *Pediococcus pentosaceus*, а также наполнитель, включающий диоксид кремния, алюмосиликат, мальтодекстрин и сахарозу. За счет добавления Best-Sil в силосуемую массу удается достичь правильного процесса силосования естественным образом. Молочнокислые бактерии усиливают процесс силосования путем преобразования сахара из массы в молочную и уксусную кислоты, вследствие чего сдерживается рост плесеней и дрожжей и за счёт этого увеличивается время хранения кормов в аэробных условиях, улучшаются органолептические свойства корма, что способствует его поедаемости и повышению продуктивности животных.

Объект исследования. Объектом исследования стали лактирующие коровы голштинской породы.

Материалы и методы. В условиях ЖК «Коршево» ООО «ЭкоНиваАгро» Бобровского района Воронежской области с целью изучения влияния скармливания силоса кукурузного, заготовленного с использованием биоконсерванта Best-Sil, на молочную

продуктивность коров был проведён научно-хозяйственный опыт на животных голштинской породы. Коровы были подобраны в группы путем метода пар-аналогов. Продолжительность испытаний составила 210 дней. Опыт проводился по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема проведения опыта

Table 1 – Scheme of the experiment

Группа / Group	Количество, гол. / Number, heads	Характеристика кормления / Feeding characteristics	Изучаемые показатели / Studied indicators
1-контрольная / 1-control	10	Хозяйственный рацион (XP) с силосом без консерванта / Basic diet (BD) with silage without conservant	Химический состав силоса. Накопление микотоксинов в силосной массе.
2-опытная / 2-experimental	10	XP с силосом с консервантом Best-Sil в дозе 1,0 г на 1 т силоса / BD with silage with Best-Sil conservant in a dose of 1.0 g per 1 ton of silage	Молочная продуктивность, качественные показатели молока. / Chemical composition of silage. Accumulation of mycotoxins in the silage mass.
3-опытная / 3-experimental	10	XP с силосом Best-Sil в дозе 1,5 г на 1 т силоса / BD with silage with Best-Sil conservant in a dose of 1.5 g per 1 ton of silage	
4-опытная / 4-experimental	10	XP с силосом с консервантом Best-Sil в дозе 2,0 г на 1 т силоса / BD with silage with Best-Sil conservant in a dose of 2.0 g per 1 ton of silage	Milk productivity, milk quality indicators.

Коровы контрольной группы получали хозяйственный рацион, в состав которого входили силос кукурузный, приготовленный путём естественного брожения без консерванта, сенаж люцерновый, сено, зерно кукурузы, зерно пшеницы, ячмень, шрот соевый, шрот рапсовый, меласса, пивная дробина, жир защищенный, премикс и минеральные добавки. Различия в кормлении коров заключались в том, что животным опытных групп скармливали силос, заготовленный с использованием консерванта Best-Sil в разных дозировках: в 1-опытной группе – в дозе 1,0 г на 1 т силоса, во 2-опытной группе – в дозе 1,5 г на 1 т силоса, в 3-опытной группе – в дозе 2,0 г на 1 т силоса.

В ходе опыта изучали химический состав силоса, содержание органических кислот и накопление микотоксинов в силосной массе, а также молочную продуктивность коров.

Результаты и обсуждение. Зеленую массу кукурузы на силос в хозяйстве закладывали в 4 траншеи. В первую траншею закладывали измельченную зелёную массу кукурузы без консерванта, в остальные три – с консервантом, вносимым в дозах согласно схеме опыта. Все варианты закладки силоса осуществлялись по аналогичной технологии, принятой на предприятии.

Химический состав силоса, заготовленного без консерванта с использованием препарата Best-Sil в различных дозировках, представлен в таблице 2.

Количество сухого вещества силоса в контрольном варианте составило 339,20 г. В силосе, законсервированном с препаратом Best-Sil в дозировках 1,0 г на 1 т силоса, 1,5 г на 1 т силоса, 2,0 г на 1 т силоса, этот показатель был выше по сравнению с контрольным вариантом соответственно на 5,30; 7,32 и 9,66 %. По обменной энергии наблюдалась аналогичная ситуация: превосходство в пользу опытных вариантов силоса было на уровне 1,12; 1,59 и 2,05 % соответственно по сравнению с контролем. Внесе-

ние биоконсерванта способствовало увеличению сырого протеина в силосе. Так, в контрольном варианте силоса этот показатель в 1 кг сухого вещества составил 123,21 г, что меньше, чем в опытных вариантах на 6,07; 7,13 и 10,35 %. По сырому жиру, сахару, крахмалу наблюдалась аналогичная тенденция. Стоит отметить, что использование препарата Best-Sil способствовало снижению сырой клетчатки в силосе на 0,48; 1,39 и 2,05 % соответственно по сравнению с контролем.

Таблица 2 - Химический состав и питательная ценность силоса,
в 1 кг сухого вещества

Table 2 - Chemical composition and nutritional value of silage, in 1 kg of dry matter

Показатель / Indicator	Вариант силоса / Variant of silage							
	Контрольный / control	в % к контролю / in % to control	1-опытный / 1-experimental	в % к контролю / in % to control	2-опытный / 2-experimental	в % к контролю / in % to control	3-опытный / 3-experimental	в % к контролю / in % to control
Сухое вещество, г / Dry matter, g	339,20	100	357,18	105,30	364,03	107,32	371,97	109,66
Обменная энергия, МДж / Exchange energy, MJ	9,09	100	9,19	101,12	9,23	101,59	9,28	102,05
Сырой протеин (СП), г / Crude protein (CP), g	123,21	100	130,69	106,07	131,99	107,13	135,96	110,35
Растворимый сырой протеин в % от СП / Soluble crude protein in % of CP	67,00	100	71,43	106,61	67,84	101,25	72,86	108,74
Сырой жир, г / Crude fat, g	31,50	100	31,11	98,76	32,07	101,81	32,85	104,28
Сырая клетчатка, г / Crude fiber, g	221,20	100	220,94	99,88	218,12	98,61	216,66	97,95
Сахара, г / Sugar, g	16,10	100	10,67	66,30	10,82	67,22	11,03	68,52
Крахмал, г / Starch, g	20,60	100	22,69	110,14	23,13	112,27	23,19	12,57

Таким образом, внесение биоконсерванта Best-Sil при закладке силоса, используемого в кормлении коров, оказало положительное влияние на химический состав и питательность консервированного корма.

Количество и соотношение органических кислот в процессе брожения носит информативный характер при оценке качества силосования. Положительно на вкусовые качества корма влияет молочная кислота, а ее доля в сумме кислот указывает на эффективность молочнокислых бактерий при силосовании (включая действие консервантов) и тесно связана с потерями сухого вещества. Аэробную стабильность готового корма способна повышать уксусная кислота. Масляная кислота свидетельствует о порче корма, увеличении потерь сухого вещества и ухудшении его поедаемости [3, 8]. Содержание органических кислот в исследуемых образцах силоса представлено в таблице 3.

Основываясь на полученных результатах, можно сделать вывод, что используемый биоконсервант способствовал значительному увеличению как общего количества, так и доли молочной кислоты в готовом корме. Этот показатель в контрольном варианте силоса находился на уровне 7,12 %, в 1 опытном – 7,97 %, 2 опытном – 8,13 %, 3 опытном – 8,29 %, что выше по сравнению с контролем на 0,85; 1,01 и 1,17 % соответ-

ственно. Это позволило полностью предотвратить развитие маслянокислого брожения, которое наблюдалось в контроле. Содержание масляной кислоты в силосе, заготовленном без консерванта, составило 0,29 %, в вариантах силоса с внесением различных доз препарата Best-Sil наблюдалось снижение этого показателя до 0,03-0,04 %.

Таблица 3 – Содержание органических кислот в исследуемых образцах силоса, %

Table 3 – The content of organic acids in the studied silage samples, %

Показатель / Indicator	Вариант силоса / Variant of silage			
	Контрольный / Control	1-опытный / 1-experimental	2-опытный / 2-experimental	3-опытный / 3-experimental
Уксусная кислота / Acetic acid	2,29	1,98	1,91	1,87
Молочная кислота / Lactic acid	7,12	7,97	8,13	8,29
Масляная кислота / Butyric acid	0,29	0,04	0,04	0,03

Таким образом, применение биологического консерванта Best-Sil положительно повлияло на ферментативные процессы в силосе, что способствовало увеличению количества и доли молочной кислоты и ограничило развитие маслянокислого брожения.

Полноценное кормление сельскохозяйственных животных в первую очередь связано с технологиями выращивания и хранения кормового растительного сырья. Одной из важнейших проблем является поражение силоса микотоксинами – продуктами жизнедеятельности плесневых грибов [2, 6, 11]. В связи с этим нами были проведены испытания по определению содержания некоторых микотоксинов в исследуемых образцах силоса в конце срока хранения, результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Содержание микотоксинов в силосной массе в конце срока хранения, мг/кг

Table 4 - Mycotoxin content in the silage mass at the end of the storage period, mg/kg

Микотоксин / Mycotoxin	Вариант силоса / Variant of silage			
	Контрольный / Control	1-опытный / 1-experimental	2-опытный / 2-experimental	3-опытный / 3-experimental
Афлатоксин / Aflatoxin	0,0178	0,0091	0,0087	0,0081
Охратоксин / Ochratoxin	0,0870	0,0647	0,0602	0,0572
ДОН / Vomitoxin	2,150	1,68	1,54	1,49

В результате исследований содержания микотоксинов в конце срока хранения силоса было показано, что в вариантах с применением различных доз биоконсерванта Best-Sil происходило снижение количества афлатоксинов на 48,88; 51,12 и 54,49 % по сравнению с контролем соответственно, охратоксина – на 25,63; 30,80 и 34,25 % и ДОН – на 21,86; 28,37 и 30,70 %.

Следует отметить, что силос, приготовленный с использованием биоконсерванта Best-Sil, по сравнению с контролем обладал хорошими органолептическими свойствами, что способствовало более высокой поедаемости корма животными.

Для интенсификации молочного производства должны приниматься во внимание многие факторы, способствующие уменьшению или, наоборот, увеличению в молоке общего количества сухого вещества, в особенности молочного жира и белка. Основными критериями, позволяющими рассчитать эффективность влияния кормов и кормовых добавок, является молочная продуктивность и химический состав молока [10, 12].

В ходе исследований изучались молочная продуктивность и качественные показатели молока (таблица 5).

Таблица 5 – Молочная продуктивность коров и качество молока

Table 5 - Dairy productivity of cows and milk quality

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	Контрольный / Control	1-опытный / 1-experimental	2-опытный / 2-experimental	3-опытный / 3-experimental
Среднесуточный удой, кг / Average daily milk yield, kg	29,75 ± 1,25	31,63 ± 1,39	31,83 ± 1,24	32,08 ± 1,31
Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	3,47 ± 0,06	3,55 ± 0,07	3,57 ± 0,09	3,59 ± 0,08
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	3,26 ± 0,04	3,33 ± 0,05	3,36 ± 0,06	3,37 ± 0,02*
Сухое вещество, % / Dry matter, %	12,59 ± 0,14	12,97 ± 0,17	13,04 ± 0,14*	13,08 ± 0,16*
СОМО, % / Nonfat milk solids, %	9,12 ± 0,07	9,42 ± 0,09*	9,47 ± 0,08**	9,49 ± 0,08**
Лактоза, % / Lactose, %	4,88 ± 0,05	4,91 ± 0,07	4,92 ± 0,08	4,93 ± 0,06
Зола, % / Ash, %	0,980 ± 0,006	1,18 ± 0,007	1,19 ± 0,009	1,19 ± 0,006
Фосфор, % / Phosphorus, %	0,099 ± 0,001	0,101 ± 0,001	0,102 ± 0,001	0,102 ± 0,001
Кальций, % / Calcium, %	0,133 ± 0,001	0,135 ± 0,002	0,136 ± 0,001	0,136 ± 0,001

По полученным в ходе исследований данным можно отметить увеличение среднесуточных удоев коров, получавших в составе рационов силос, заготовленный с использованием биоконсерванта Best-Sil в дозировках 1,0; 1,5 и 2,0 г на тонну силосуемой массы. Так, преимущество в опытных группах по сравнению с контролем по среднему удою за сутки составило 6,32; 6,99 и 7,83 % соответственно. При этом наблюдалось увеличение и качественных показателей молока. По содержанию жира и белка лидировали коровы, получавшие силос с консервантом, разница в пользу опытных групп по сравнению с контролем составила: по жиру – 0,08; 0,10 и 0,12 %; по белку – 0,07; 0,10 и 0,11 %. В ходе исследований наблюдалось также повышение в молоке количества сухого вещества. Преимущество опытных групп над контролем было на уровне 0,38; 0,45 и 0,49 % соответственно. Аналогичная картина была и по содержанию в молоке СОМО, лактозы и золы.

Выводы. Внесение различных доз биоконсерванта Best-Sil при заготовке силоса из кукурузы способствовало улучшению качественных показателей готового корма, снижению содержания микотоксинов в силосе, увеличению среднесуточных удоев коров на 6,3-7,8 %, улучшению качественных показателей молока (повышение жира в молоке на 0,08-0,12 %, белка – на 0,07-0,11 %). Лучшие результаты были достигнуты при использовании силоса с дозой внесения консерванта 1,5 г и 2,0 г на тонну силосуемой массы.

Библиографический список

1. Влияние силоса, заготовленного с консервантом, на молочную продуктивность и качество молока коров / Н. Г. Чамурлиев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 183-189.
2. Динамика накопления микотоксинов в силосе на разных этапах хранения / Г. Ю. Лаптев [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2014. Т. 49. № 6. С. 123-130.
3. Использование биоконсервантов при силосовании трав и при их скармливании коровам в условиях Республики Саха (Якутия) / Н. П. Буряков [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2017. № 9. С. 23-28.

4. Кислякова Е. М., Хохряков Г. А. Влияние силоса, приготовленного с биологическими консервантами, на продуктивность коров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 5 (190). С. 28-40.

5. Повышение продуктивности крупного рогатого скота при введении в рацион адсорбирующих добавок / С. И. Николаев [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (172). С. 101-106.

6. Присутствие микотоксинов в сочных кормах - риск развития микотоксикозов для высокопродуктивных коров / Г. Ю. Лаптев [и др.] // Успехи медицинской микологии. 2018. Т. 19. С. 317-321.

7. Хохряков Г. А., Кислякова Е. М. Биологические консерванты при силосовании кормовых культур как фактор, обуславливающий молочную продуктивность коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 226-229.

8. Эффективность консервантов при силосовании люцерны / В. М. Дуборезов [и др.] // Кормопроизводство. 2020. № 5. С. 42-48.

9. Changes in the physiological status of agricultural animals and poultry under the influence of biologically active additives / S. I. Nikolaev [et al.] // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Vol. 7. № 1. P. 100-105.

10. Effects of Moringa oleifera silage on milk yield, nutrient digestibility and serum biochemical indexes of lactating dairy cows / B. Zeng [et al.] // Anim Physiol Anim Nutr. 2018. Vol. 102. P. 75-81.

11. Ogunade I. M., Martinez-Tupia C., Queiroz O. C. M. Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation // Journal of Dairy Science. 2018. Vol. 101. I. 5. P. 4034-4059.

12. Whole lactation production responses in high-yielding dairy cows using high-quality grass/clover silage / M. Patel [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2017. Vol. 97. P. 2883-2890.

Conclusions. The introduction of various doses of the Best-Sil bioconservant when harvesting silage from corn contributed to the improvement of the quality indicators of the finished feed, a decrease in the content of mycotoxins in silage, an increase in the average daily milk yield of cows by 6.3-7.8 %, an improvement in the quality indicators of milk (an increase in fat in milk by 0.08-0.12 %, protein – by 0.07-0.11 %). The best results were achieved when using a silo with a dose of 1.5 g and 2.0 g of conservant per ton of silage mass.

References

1. Vliyanie silosa, zagotovlennogo s konservantom, na molochnyuyu produk-tivnost' i kachestvo moloka korov / N. G. Chamurliiev [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 4 (48). P. 183-189.

2. Dinamika nakopleniya mikotoksinov v silose na raznyh etapah hraneniya / G. Yu. Laptev [i dr.] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2014. V. 49. № 6. P. 123-130.

3. Ispol'zovanie biokonservantov pri silosovanii trav i pri ih skarmlivanii korovam v usloviyah Respubliki Saha (Yakutiya) / N. P. Buryakov [i dr.] // Veterinariya, zootehniya i biotekhnologiya. 2017. № 9. P. 23-28.

4. Kislyakova E. M., Hohryakov G. A. Vliyanie silosa, prigotovlennogo s biologicheskimi konservantami, na produktivnost' korov // Kormlenie sel'skohozyajstvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. 2021. № 5 (190). P. 28-40.

5. Povyshenie produktivnosti krupnogo rogatogo skota pri vvedenii v racion adsorbiruyuschih dobavok / S. I. Nikolaev [i dr.] // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 2 (172). P. 101-106.

6. Prisutstvie mikotoksinov v sochnykh kormakh - risk razvitiya mikotoksikozov dlya vysokoproduktivnykh korov / G. Yu. Laptev [i dr.] // Uspеhi medicinskoj mikologii. 2018. V. 19. P. 317-321.

7. Hohryakov G. A., Kislyakova E. M. Biologicheskie konservanty pri silosovanii kormovykh kul'tur kak faktor, obuslovliyayushij molochnyuyu produktivnost' korov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 5 (79). P. 226-229.

8. Jeffektivnost' konservantov pri silosovanii lyucerny / V. M. Duborezov [i dr.] // Kormoproizvodstvo. 2020. № 5. P. 42-48.
9. Changes in the physiological status of agricultural animals and poultry under the influence of biologically active additives / S. I. Nikolaev [et al.] // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Vol. 7. № 1. P. 100-105.
10. Effects of Moringa oleifera silage on milk yield, nutrient digestibility and serum biochemical indexes of lactating dairy cows / B. Zeng [et al.] // Anim Physiol Anim Nutr. 2018. Vol. 102. P. 75-81.
11. Ogunade I. M., Martinez-Tupia C., Queiroz O. C. M. Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation // Journal of Dairy Science. 2018. Vol. 101. I. 5. P. 4034-4059.
12. Whole lactation production responses in high-yielding dairy cows using high-quality grass/clover silage / M. Patel [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2017. Vol. 97. P. 2883-2890.

Author's Information

Chekhranova Svetlana Viktorovna, Associate Professor of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: schekhronova@mail.ru

Karapetyan Angela Keropovna, Professor of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), Doctor of Agricultural Sciences, e-mail: akkarapetyan@bk.ru

Ionov Vyacheslav Vyacheslavovich, postgraduate student of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: vyacheslav.ionov@ekoniva-apk.com

Kupriyanov Sergey Nikolaevich, postgraduate student of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: kupriy-sergej@yandex.ru

Информация об авторах

Чехранова Светлана Викторовна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: schekhronova@mail.ru

Карапетян Анжела Кероповна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: akkarapetyan@bk.ru

Ионов Вячеслав Вячеславович, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: vyacheslav.ionov@ekoniva-apk.com

Куприянов Сергей Николаевич, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kupriy-sergej@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-24

LINEAR AFFILIATION OF SIMMENTAL COWS AND THEIR PRODUCTIVE QUALITIES IN THE CONDITIONS OF THE BREEDING FARM «COLLECTIVE FARM – PUT' LENINA» OF THE VOLGOGRAD REGION

V.A. Chuchunov, V.P. Plotnikov, E.B. Radzievsky, A.V. Gorbunov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 06.03.2021

Submitted 19.11.2021

Summary

The degree of efficiency of using the number of cows will largely be determined by the selection and breeding work carried out at the enterprise, as well as by how much the conditions necessary for the realization of the genetic potential will be provided. Relatively quickly, it allows you to increase the qualita-

tive and quantitative indicators of dairy productivity for the herd, when using the seed of bulls from producers who have been tested for the quality of offspring and recognized as improvers according to the signs being improved in the farm. In the course of research, the connection of the linear affiliation of cows to their productive qualities, as well as their suitability for industrial technology of keeping, is scientifically substantiated and experimentally proved. The highest milk yield was observed in cows of the Huxle 979317838 line, which amounted to 6464.3 kg for the completed lactation, they also had the highest productive longevity, and although the mass fraction of protein and fat in milk was not the highest, but in terms of milk fat and milk protein, they were out of competition for lifelong productivity.

Abstract

Introduction. The main goal that the agro-industrial complex of the country faces is to ensure the needs of the population in basic food products. Rational allocation of production resources and their use is one of the main aspects of the production process. In order to implement the doctrine of achieving food security of the Russian Federation, it is necessary to provide the population with food products, including dairy products and milk, the share of which should be at least 90%. Cow's milk is one of the main products of cattle breeding and contributes to filling the daily needs of the population in fat and protein up to 1/3, and in carbohydrates up to half of the norm. As a result of a comprehensive assessment of the breeding and productive qualities of cows, according to «All-Russian Scientific Research Institute of Breeding» for 2020 in Russia, milk yields averaged 7325 kg, despite the fact that the fat content and protein content were 3.92% and 3.21%, respectively. High indicators of dairy productivity of cows, relatively low costs associated with the production of cattle milk and, as a result, high payback, ensure the profitability of the dairy cattle industry. In this connection, the assessment of qualitative and quantitative criteria of milk productivity, as well as the suitability of animals for intensive technological processes, depending on the linear affiliation, is quite relevant. **Goal.** To evaluate the indicators of dairy productivity of cows and their suitability for intensive milk production technologies, depending on the linear affiliation. **Materials and methods.** Depending on the linear affiliation of cows, the animals of the Breeding farm «Collective farm - Put' Lenina» were conditionally divided into three groups. At the same time, animals aged 3 years of lactation and older were selected for the study when all organs and systems and, in particular, the mammary gland were fully developed. We studied the following indicators: the value of milk yield, milk quality indicators, the development of the animal (determined by body measurements expressed in terms of indices), and the degree of suitability of animals for intensive milk production technologies. At the end of the study, a comparative economic efficiency of using Simmental cows of different linear affiliation is given. **Results and conclusions.** During the research, it was found that the highest milk productivity was in cows of the Funny 1142 line, which amounted to 5975.8 kg. The difference between cows of other lines in terms of 305 days of lactation was from 0.02 to 3.39%. The milk yield for the completed lactation was higher in the cows of the Huxle 979317838 line, amounting to 6464.3 kg, the difference with cows of other lines was from 75.3 to 80.1 kg. Cows obtained from bulls of the Huxle 979317838 line reached the highest milk yields by 6.12 lactation (they also had the highest productive longevity) at the same time, cows obtained from bulls of the Funny 1142 and Marl 2122 lines reached their maximum milk productivity by 4.94 and 3.92 lactation, respectively. Under intensive conditions of milk production, the life expectancy was higher in cows obtained from the Huxle 979317838 line and was 11.3 years, while the lowest longevity was observed in cows of the «Murgel» 2122 line. The value of the duration of the economic use of cows was also reflected in the amount of products received during the life, so the cows of the Huxle line exceeded the cows of the Funny and Marl lines in terms of Lifetime milk yield by 10765.26 and 18574.83 kg, respectively. From them, more than a kilogram of milk fat was obtained during their life – 1510.75 and a kilogram of milk protein-1219.46, the difference with cows of drag lines was from 28.7 to 48.4% in fat and from 28.3 to 48.2% in protein. We propose, to increase the level of profitability of milk production in the conditions of the Breeding farm «Collective farm - Put' Lenina», to use as the main line for insemination of cows, the seed of the bulls of the Huxle 979317838 line as a substitute for the bulls of the «Zabavny» 1142 line.

Key words: line, Simmental cattle, milk productivity, milk quality, bonitization.

Citation. Chuchunov V. A., Plotnikov V. P., Radzievsky E. B., Gorbunov A.V. Linear affiliation of Simmental cows and their productive qualities in the conditions of the Breeding farm «Collective farm - Put' Lenina» of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 223-238 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-24.

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

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

УДК 636.2.034

ЛИНЕЙНАЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ КОРОВ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ И ИХ ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА В УСЛОВИЯХ ПЗК «ПУТЬ ЛЕНИНА» ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. А. Чучунов, кандидат биологических наук

В. П. Плотников, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. Б. Радзиевский, кандидат сельскохозяйственных наук

А. В. Горбунов, кандидат сельскохозяйственных наук

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 06.03.2021

Дата принятия к печати 19.11.2021

Аннотация. Степень эффективности использования поголовья коров будет во многом определяться селекционно-племенной работой, проводимой на предприятии, а также тем, насколько будут обеспечены условия, необходимые для реализации генетического потенциала. Сравнительно быстро позволяет увеличить качественные и количественные показатели молочной продуктивности по стаду использование семени быков-производителей, проверенных по качеству потомства и признанных улучшателями по улучшаемым в хозяйстве признакам. В ходе исследований научно обоснована и экспериментально доказана связь линейной принадлежности коров и их продуктивных качеств, а также пригодности к промышленной технологии содержания. Наивысший удой отмечался у коров линии Хаксл 979317838, который составил за законченную лактацию 6464,3 кг. У них же отмечалось самое высокое продуктивное долголетие, и хотя массовая доля белка и жира в молоке были не самыми высокими, но в пересчете на молочный жир и молочный белок за пожизненную продуктивность они были вне конкуренции.

Актуальность. Основная цель, которая стоит перед агропромышленным комплексом страны – это обеспечение потребностей населения в основных продуктах питания. Рациональное распределение производственных ресурсов, а также их использование является одним из основных аспектов производственного процесса. В целях реализации доктрины достижения продовольственной безопасности Российской Федерации необходимо обеспечить население продуктами питания, в числе которых молочные продукты и молоко, доля которых должна составлять не менее 90 %. Коровье молоко является одним из основных продуктов скотоводства и способствует восполнению суточной потребности населения в жире и белке до 1/3, а в углеводах до половины от нормы. В результате комплексной оценки племенных и продуктивных качеств коров, по сведениям ВНИИплем за 2020 г., в России удой в среднем составляли 7325 кг, притом что жирномолочность и белкомолочность составляли 3,92 % и 3,21 % соответственно. Высокие показатели молочной продуктивности коров, сравнительно низкие затраты, связанные с производством молока крупного рогатого скота, и, как следствие, высокая окупаемость, обеспечивают рентабельность отрасли молочного скотоводства, в связи с чем оценка качественных и количественных критериев молочной продуктивности, а также пригодность животных к интенсивным технологическим процессам в зависимости от линейной принадлежности достаточно актуальны. **Цель.** Оценить показатели молочной продуктивности коров и пригодность их к интенсивным технологиям производства молока в зависимости от линейной принадлежности. **Материалы и методы.** В зависимости от линейной принад-

лежности коров животные ПЗК «Путь Ленина» были условно разделены на три группы. Нами изучались показатели: величина удоя, показатели качества молока, развитие животного, степень пригодности животных к интенсивным технологиям производства молока. Основные оцениваемые данные по животным (развитие животного, продуктивность, показатели воспроизводительной способности) были получены в результате анализа базы племенного учета хозяйства, отраженные в программе Селекс. Были рассчитаны индексы телосложения по результатам промеров коров, таких как высота в холке, глубина груди, ширина груди, обхват груди за лопатками, косая длина туловища, обхват пясти. По окончании исследования дана сравнительная экономическая эффективность использования симментальских коров разной линейной принадлежности. **Результаты и выводы.** В ходе исследований установлено, что наивысшая молочная продуктивность была у коров линии Забавного 1142, которая составила 5975,8 кг. Разница между коровами других линий по показателю 305 дней лактации составила от 0,02 до 3,39 %. Удой за законченную лактацию был выше у коров линии Хаксл 979317838 (6464,3 кг), разница с коровами других линий составляла от 75,3 до 80,1 кг. Коровы, полученные от быков линии Хаксл 979317838, наивысшие удои достигали к 6,12 лактации (у них же отмечалось самое высокое продуктивное долголетие), в то же время коровы, полученные от быков линий Забавный 1142 и Мергель 2122, достигали своей максимальной молочной продуктивности уже к 4,94 и 3,92 лактации соответственно. При интенсивных условиях производства молока продолжительность жизни была выше у коров, полученных от линии Хаксл 979317838, и составляла 11,3 года, притом что наименьшее долголетие отмечалось у коров линии Мергель 2122. Величина продолжительности хозяйственного использования коров отразилась и на количестве полученной за жизнь продукции. Так, коровы линии Хаксл превосходили коров линий Забавного и Мергеля по показателю пожизненного удоя на 10765,26 и 18574,83 кг соответственно. От них же за жизнь было получено больше килограмма молочного жира – 1510,75 и килограмм молочного белка – 1219,46. Разница с коровами других линий составляла по жиру от 28,7 до 48,4 % и по белку – от 28,3 до 48,2 %. Предлагаем для повышения уровня рентабельности производства молока в условиях ПЗК «Путь Ленина» использовать в качестве основной линии при осеменении коров семя быков линии Хаксл 979317838 в качестве замещающей быков линии Забавный 1142.

Ключевые слова: линейная принадлежность коров, симментальский скот, молочная продуктивность симменталов, качество молока, бонитировка скота.

Цитирование. Чучунов В. А., Плотников В. П., Радзиевский Е. Б., Горбунов А. В. Линейная принадлежность коров симментальской породы и их продуктивные качества в условиях ПЗК «Путь Ленина» Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 223-238. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-24.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Процессы интенсификации производства продукции скотоводства должны осуществляться на базе совершенствования и развития племенной работы. Племенная работа при этом должна быть направлена на создание и улучшение поголовья крупного рогатого скота, от которого получают при минимальных затратах максимальное количество продукции [7].

В основе совершенствования племенных и продуктивных качеств лежит использование семени быков-улучшателей, характеризующихся в сравнении с коровами наиболее высоким генетически обусловленным продуктивным потенциалом [13].

Симментальский скот является породой двойственной направленности продуктивности, ценится за высокие способности к адаптации в сложных природно-кормовых условиях, показывает сравнительно высокие продуктивные качества, что важно при бесперебойном производстве молока и говядины [9].

Проанализировав литературные источники, отмечаем, что у ряда исследователей изучены связи продуктивных признаков с наследственностью. Так, по данным Л. Д. Самусенко, эффективность формирования продуктивных качеств крупного рогатого скота зависит от подбора родительских пар [8]. В. В. Борисова, А. М. Белоусов, изучая наследственность коров Оренбургской области, установили зависимость молочной продуктивности коров разных генотипов [4]. Оценку племенной ценности быков основных линий симментальского скота по продуктивности дочерей дали в работе Е. И. Анисимовой [1]. Факторы, оказывающие влияние на молочную продуктивность коров, исследовались Е. И. Анисимовой, Е. Р. Гостевой, М. Б. Улимбашевым [2]. Необходимость в формировании семейств из племенного ядра, оценка их на сочетаемость с линиями при создании желательного типа симментальского скота изучалась в работах Е. И. Анисимовой, П. С. Катмакова [3]. Анализ генеалогической принадлежности популяции крупного рогатого скота симментальской породы в России и их характеристика дана в работах Л. П. Игнатевой, А. А. Сермягина; М. Б. Улимбашева, Е. Р. Гостевой [6, 12]. Пути совершенствования симментальского скота как при чистопородном разведении, так и при скрещивании представлены в работах М. Б. Улимбашева, Е. Р. Гостевой, Е. И. Анисимовой [11]. Морфологические и функциональные свойства вымени симментальского скота изучены Е. Р. Гостевой, М. Б. Улимбашевым [5]. Использование генетических маркеров при селекции на белково-молочность симментальского скота изучалось Р. В. Тамаровой, Н. Г. Ярлыковым, Ю. А. Корчагиной [10]. Использование гена, определяющего выработку пролактина при оценке изменчивости и молочной продуктивности коров, оценивалось I. V. Lazebnaya, O. E. Lazebny, S. R. Khatami [14]. Использование различных статистических моделей для прогнозирования прямых геномных значений продуктивных и функциональных признаков у итальянских голштинов рассмотрено в работе M. A. Pintus, E. L. Nicolazzi, J. B. C. Van Kaam [16]. Анализ лактационных кривых молочных коров проводили S. Lopez, J. France, N. E. Odongo, R. A. McBride, E. Kebreab, O. AlZahal, B. W. McBride, J. Dijkstra [15]. Продуктивные и адаптационные возможности крупного рогатого скота разной генетической селекции рассмотрены I. F. Gorlov, S. E. Bozhkova, O. P. Shakhbazova, V. V. Gubareva, N. I. Mosolova, E. Yu. Zlobina, Yu. N. Fiodorov, A. S. Mokhov [17].

В связи с этим целью проведенных нами исследований было изучение линейной принадлежности коров симментальской породы и их продуктивных особенностей в условиях племенного предприятия.

Для достижения поставленной цели нами были проведены исследования в условиях племенного предприятия ПЗК «Путь Ленина» Волгоградской области на коровах симментальской породы, где решались следующие задачи:

1. Оценить хозяйственно-биологические особенности коров симментальской породы разной линейной принадлежности.
2. Изучить количественные и качественные показатели молочной продуктивности коров.
3. Морфофункциональные и технологические свойства вымени.
4. Дать экономическую оценку эффективности коров разной линейной принадлежности.

Материалы и методы. Для достижения поставленной нами цели на базе племенного репродуктора ПЗК «Путь Ленина» Волгоградской области провели исследования на животных симментальской породы. Схема наших исследований представлена на рисунке 1.

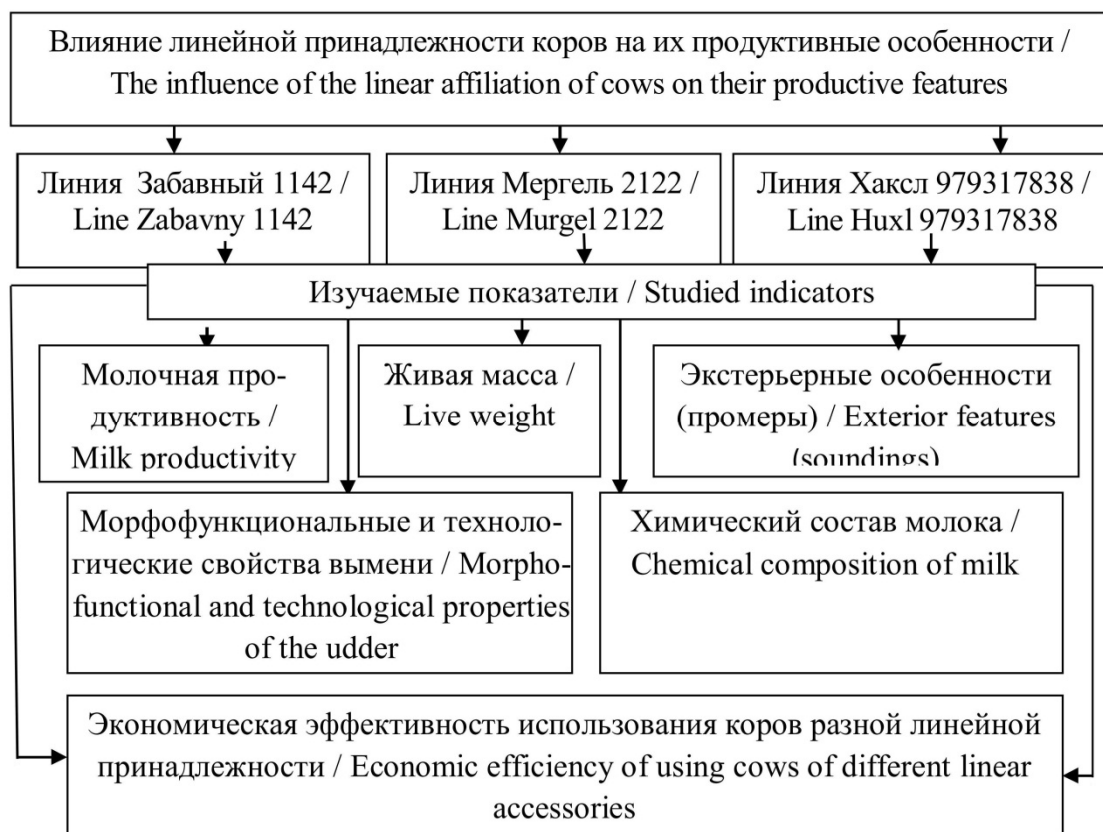


Рисунок 1 – Схема проведения исследования

Figure 1 – The scheme of conducting research

В ходе нашего опыта мы условно сформировали 3 группы из коров разной линейной принадлежности возрастом 3-я лактация и старше (когда полностью развились все генетически заложенные признаки). При помощи программы племенного учета «Сел-экс» оценивали в динамике показатели молочной продуктивности. Химический состав и свойства молока оценивали лабораторными методами. Морфофункциональные и технологические свойства вымени изучали на 3-м месяце лактации, когда молочная железа наиболее развита. Развитие телок и живую массу коров – на основании контрольных взвешиваний. Экстерьерные особенности при бонитировке скота – на основании промеров, и в последующем рассчитывали индексы телосложения.

Результаты. Оценивая продуктивные качества коров, следует отметить, что наиболее важной считается молочная продуктивность. Удои коров разной линейной принадлежности представлены в таблице 1.

Характеризуя удои коров по месяцам лактации в зависимости от линейной принадлежности, отмечаем, что наивысшая молочная продуктивность была у коров линии Забавного 1142, которая составила 5975,8 кг, разница между коровами других линий по показателю 305 дней лактации составила от 0,02 до 3,39 %. Удой за законченную лактацию был выше у коров линии Хаксл 979317838 (6464,3 кг), разница с коровами других линий составляла от 75,3 до 80,1 кг.

Оценивая лактационные кривые коров, отмечаем, что для интенсивного производства молока наиболее предпочтительны коровы линий Забавный 1142 и Хаксл 979317838, так как у них отмечался сильный устойчивый тип лактационной деятельности в отличие от коров линии Мергель 2122.

Таблица 1 – Удой коров по месяцам лактации, кг ($X \pm m_x$)

Table1 – Milk yield of cows by months of lactation, kg ($X \pm m_x$)

Месяц лактации / Month of lactation	Линии, используемые в хозяйстве / Lines used in the economy		
	Забавный 1142 n=90 / Zabavny 1142 n=90	Мергель 2122 n=73 / Murgel 2122 n=73	Хаксл 979317838 n=41 / Huxl 979317838 n=41
I	645,8	685,3	670,3
II	728,9	696,1	752,6
III	783,4	658,1	773,5
IV	752,9	659,8	779,9
V	686,2	626,1	652,2
VI	624,1	596,4	594,4
VII	562,6	547,9	540,8
VIII	448,7	479,2	465,6
IX	363,6	421,3	414,6
X	379,6	402,8	330,7
Итого за 305 дней / Total for 305 days	5975,8 $\pm$ 103,19	5773,0 $\pm$ 107,20	5974,6 $\pm$ 147,49
Удой за законченную лактацию, кг / Milk yield for completed lactation, kg	6389,0 $\pm$ 147,29	6384,2 $\pm$ 209,28	6464,3 $\pm$ 182,76

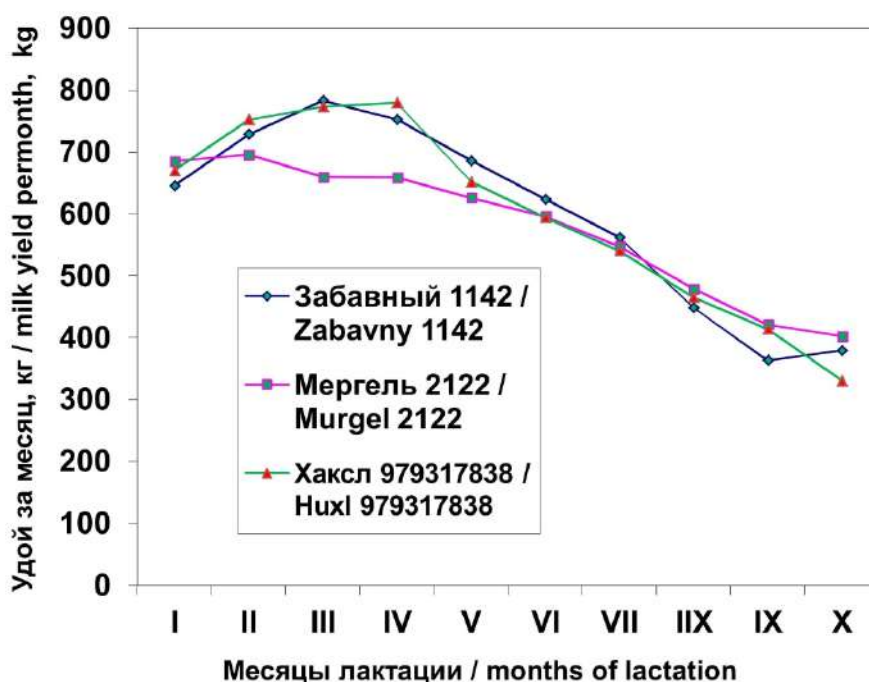


Рисунок 2 – Лактационные кривые коров разной линейной принадлежности

Figure 2 – Lactation curves of cows of different linear affiliation

Качественные показатели молока, и в частности жирномолочность коров, являются одним из основных признаков при оценке молочной продуктивности животных. Кроме того, ценным компонентом молока является полноценный белок. При проведении селекционно-племенной работы необходимо выделять животных, у которых высокая молочная продуктивность сочетается с повышенным содержанием белка и жира в молоке [14].

Таблица 2 – Биохимические показатели молока за наивысшую лактацию ($X \pm m_x$)

Table 2 – Biochemical parameters of milk for the highest lactation ($X \pm m_x$)

Показатель / Indicator	Линии, используемые в хозяйстве / Lines used in the economy		
	Забавный 1142 n=24 / Zabavny 1142 n=24	Мергель 2122 n=16 / Murgel 2122 n=16	Хаксл 979317838 n=25 / Huxl 979317838 n=25
Возраст достижения максимальных удоев (в лактациях) / Age of maximum lactation	4,94±0,15	3,92±0,10	6,12±0,27
Молочная продуктивность за 305 дней, кг / Milk productivity for 305 days, kg	5975,08±103,19	5773,00±107,20	5974,66±147,49
МДЖ, % / MDJ, %	3,99±0,02	3,99±0,02	3,98±0,03
Молочный жир, кг / Milk fat, kg	237,89±4,16	228,64±3,91	237,72±5,99
МДБ, % / MDB, %	3,16±0,01	3,17±0,01	3,14±0,01
Молочный белок, кг / Milk protein, kg	189,09±3,22	181,69±3,12	188,03±4,82

По данным таблицы 2 отмечаем, что у коров, полученных от быков линии Хаксл 979317838, наивысшие удои достигали к 6,12 лактации (у них же отмечалось самое высокое продуктивное долголетие). В то же время коровы, полученные от быков линий Забавный 1142 и Мергель 2122, достигали своей максимальной молочной продуктивности уже к 4,94 и 3,92 лактации соответственно. По биохимическим показателям молока, таким как массовая доля жира (МДЖ) и массовая доля белка (МДБ), коровы, полученные от быков линии Забавный 1142, были вне конкуренции. Разница с коровами, полученными от быков других линий, в пересчете на показатели молочный жир и молочный белок составляла от 0,17 до 9,25 кг по жиру и от 1,06 до 7,4 кг по белку.

Анализируя продуктивные качества коров и их приспособленность к интенсивным технологиям производства молока, необходимо учитывать их пожизненную продуктивность

Таблица 3 – Пожизненная продуктивность коров, кг ($X \pm m_x$)

Table 3-Lifetime productivity of cows, kg

Показатель / Indicator	Линии, используемые в хозяйстве / Lines used in the economy		
	Забавный 1142 n=24 / Zabavny 1142 n=24	Мергель 2122 n=16 / Murgel 2122 n=16	Хаксл 979317838 n=25 / Huxl 979317838 n=25
Продолжительность жизни, лет / Life expectancy, years	9,96±0,17	7,77±0,14	11,3±0,25
Удой, кг / Milk yield, kg	27666,38±1952,38	19856,81±1235,55	38431,64±1847,13
Молочный жир, % / Milk fat, %	3,89±0,01	3,92±0,03	3,93±0,01
Молочный жир пожизненный, кг / Milk fat for life, kg	1076,77±75,05	779,9±48,56	1510,75±75,64
Молочный белок, % / Milk protein, %	3,17±0,01	3,18±0,01	3,17±0,01
Молочный белок пожизненный, кг / Milk protein for life, kg	874,87±	631,23±38,08	1219,46±59,94

Изучая пожизненную продуктивность коров разной линейной принадлежности, отмечаем, что при интенсивных условиях производства молока продолжительность жизни была выше у коров, полученных от линии Хаксл 979317838, и составляла 11,3 года, притом что наименьшее долголетие отмечалось у коров линии Мергель 2122. Величина продолжительности хозяйственного использования коров отразилась и на количестве полученной за жизнь продукции: так, коровы линии Хаксл превосходили коров линий Забавного и Мергеля по показателю пожизненного удоя на 10765,26 и 18574,83 кг соответственно. От них же за жизнь было получено больше килограммов молочного жира – 1510,75 и килограммов молочного белка – 1219,46. Разница с коровами других линий составляла по жиру от 28,7 до 48,4 % и по белку – от 28,3 до 48,2 %.

Была проведена оценка линейных промеров тела животного, результаты которой выражали через индексы телосложения, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Индексы телосложения коров разных линий ($X \pm mx$)

Table 4 – Indices of the physique of cows of different lines ($X \pm mx$)

Индекс / Index	Линии / Lines		
	Забавный 1142 / Zabavny 1142	Мергель 2122 / Murgel 2122	Хаксл 979317838 / Huxl 979317838
Длинноногости / Legginess	47,83	48,20	49,29
Растянутости / Stretch marks	129,71	128,78	128,57
Грудной / Thoracic	58,33	59,72	61,97
Сбитости / Knocks down	112,85	112,85	111,67
Костистости / Bone structure	15,22	15,11	15,00
Широтный / Latitudinal	199,68	180,56	206,39

Анализируя пропорциональность развития тела коров разной линейной принадлежности на выраженность типу направления продуктивности, отмечаем, что индексы телосложения подопытных коров линий Забавного 1142 и Хаксл 979317838 в большей мере отвечали молочному типу направления продуктивности.

Таблица 5 – Рост и развитие коров разной линейной принадлежности, кг ($X \pm m_x$)

Table 5 – Growth and development of cows of different linear affiliation, kg ($X \pm mx$)

Показатель / Indicator	Линии, используемые в хозяйстве / Lines used in the economy		
	Забавный 1142 / Zabavny 1142	Мергель 2122 / Murgel 2122	Хаксл 979317838 / Huxl 979317838
Жив. масса при рождении, кг / Live weight at birth, kg	32,26±0,08	32,47±0,05	32,12±0,15
Жив. масса в 6 мес., кг / Live weight in 6 months, kg	159,24±0,97	155,34±0,84	155,05±1,43
Жив. масса в 10 мес., кг / Live weight in 10 months, kg	256,21±1,60	259,44±1,31	253,71±2,58
Жив. масса в 12 мес., кг / Live weight in 12 months, kg	313,72±2,47	307,03±1,77	308,95±3,53
Жив. масса в 18 мес., кг / Live weight in 18 months, kg	401,15±0,9	402,11±0,74	399,71±2,51
Жив. масса при 1 осемен., кг / Live weight at 1 insemination, kg	439,53±1,76	421,92±3,11	438,41±2,49
Последние взвешивание: живая масса, кг / Last weighing: live weight, kg	633,00±4,00	574,19±3,40	660,46±5,33

Данные таблицы роста и развития коров разной линейной принадлежности свидетельствуют, что при рождении телочки линии Мергель 2122 были на 0,65 – 1,08 % крупнее телочек других линий. К 6-месячному возрасту лучше развивались телочки линии Забавный 1142, живая масса которых достигала 159,24 кг, разница с другими телочками составляла от 3,9 до 4,19 кг, к 12-месячному возрасту эта разница составляла уже от 4,77 до 6,69 кг. А к моменту первого осеменения живая масса телочек составляла 439,53 кг, превосходство над телочками, полученными от других линий, составляла 0,25 до 4,01 %. Самая высокая живая масса коров разной линейной принадлежности была у животных, полученных от быков линии Хаксл 979317838, и составляла 660,46 кг, разница с коровами, полученными от других линий, была от 27,46 (линия Забавного 1142) до 86,27 (линия Мергеля 2122).

Таблица 6 – Воспроизводительные качества коров разной линейной принадлежности, кг ($X \pm m_x$)

Table 6 – Reproductive qualities of cows of different linear affiliation, kg ($X \pm m_x$)

Месяц лактации / Month of lactation	Линии, используемые в хозяйстве / Lines used in the economy		
	Забавный 1142 n=90 / Zabavny 1142 n=90	Мергель 2122 n=73 / Murgel 2122 n=73	Хаксл 979317838 n=41 / Huxl 979317838 n=41
Межотельный период (последняя законченная лактация), дн. / Interbody period (last completed lactation), days /	383,32±6,7	381,57±6,57	397,56±13,57
Сервис период, дн. / Service period, days	111,89±8,21	136,73±15,95	106,21±11,75
Сухостойный период (последняя законченная лактация), дн. / Dry-resistant period (last completed lactation), days	58,80±0,22	57,82±0,70	58,02±1,56

Изучая воспроизводительные качества коров, отмечаем, что межотельный период был несколько длиннее у коров линии Хаксл 979317838, который составил 397,56 дней. В то же время у коров других линейных принадлежностей он был короче на 14,24-15,99 дней. Также у коров этой линии было самое короткое время от отела до плодотворного осеменения, разница с коровами других линейных принадлежностей составляла 10,53-12,87 %. По показателю сухостойного периода разница была незначительна и составляла до 1,7 %.

Оценивая и отбирая скот молочного направления продуктивности на соответствие требованиям технологического процесса производства молока, приходим к выводу, что решающее значение имеет размер и форма вымени, так как они определяют его объем и, как следствие, молочную продуктивность. Молочная железа коров должна быть объемистой, хорошо развитой, плотно прикреплённой, удлинённой с равномерно развитыми четвертями и умеренно расставленными сосками. При этом желательная форма сосков цилиндрическая или слегка коническая, длиной 6 – 8 см и диаметром 2-3 см. Данные промеров вымени и показатели его развития представлены в таблицах 7 и 8.

Глазомерная оценка вымени коров показала, что молочная железа животных разной линейной принадлежности железистая, имеет хорошее прикрепление к телу, молочные вены достаточно хорошо выражены. Значительных различий по длине, толщине сосков у обследованного поголовья не выявлено. Соски были оптимальной толщины и длины, цилиндрической формы и соответствовали технологическим требованиям, которые предъявляются при машинном доении. Продолжительность доения, интенсивность молокоотдачи, равномерность развития молочных желёз являются важными селекционируемыми признаками скота молочного направления продуктивности. Данные показатели оказывают непосредственное влияние на пригодность коров к интенсивным технологиям производства молока и продуктивное долголетие.

Таблица 7 – Промеры вымени коров ($X \pm m_x$)

Table 7 – Measurements of the udder of cows ($X \pm m_x$)

Показатель/ Indicator	Линии, используемые в хозяйстве / Lines used in the economy		
	Забавный 1142 / Zabavny 1142	Мергель 2122 / Murgel 2122	Хаксл 979317838 / Huxl 979317838
Длина передних сосков, см / The length of the front teats, cm	6,52±0,19	6,84±0,26	6,61±0,23
Длина задних сосков, см / Length of the rear nipples, cm	6,05±0,18	6,12±0,15	5,99±0,25
Диаметр передних сосков, см / Diameter of the front nipples, cm	2,6±0,11	2,6±0,18	2,8±0,12
Диаметр задних сосков, см / Diameter of the rear nipples, cm	2,8±0,09	2,9±0,15	3,0±0,05
Расстояние между передними сосками, см / Distance between the front nipples, cm	17,7±0,42	17,1±0,46	18,2±0,37
Расстояние между задними сосками, см / Distance between the rear nipples, cm	12,5±0,49	11,3±0,55	12,4±0,36
Расстояние между задними и передними сосками, см / Distance between the back and front nipples, cm	13,6±0,53	11,9±0,58	13,7±0,69
Высота вымени на дземлэй, см / The udder height above the ground, cm	55,5±0,81	58,5±0,47	54,2±0,68
Величина спадаемости вымени, % / The magnitude of the decline of the udder, %	30,93±1,19	26,19±0,95	32,35±1,24

Таблица 8 – Показатели вымени коров разной линейной принадлежности

Table 8 – Indicators of the udder of cows of different linear affiliation

Показатель/ Indicator		Линии, используемые в хозяйстве / Lines used in the economy					
		Забавный 1142 / Zabavny 1142		Мергель 2122 / Murgel 2122		Хаксл 979317838 / Huxl 979317838	
Суточный удой, кг / Daily milk yield, kg		29,8±1,2		28,8±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		14,5	15,3	14,1	14,7	14,3	15,0
Доливывымени / Udder shares	Правая передняя, кг / Rightfront, kg	3,2 ±0,16	3,3 ±0,24	3,3 ±0,07	3,4 ±0,10	3,3 ±0,19	3,4 ±0,23
	Левая передняя, кг / Leftfront, kg	3,4 ±0,12	3,5 ±0,19	2,9 ±0,14	3,1 ±0,16	3,1 ±0,15	3,3 ±0,25
	Правая задняя, кг / Rightrear, kg	3,8 ±0,18	4,1 ±0,23	4,1 ±0,12	4,2 ±0,15	4,1 ±0,22	4,3 ±0,29
	Левая задняя, кг / Leftrear, kg	4,1 ±0,21	4,4 ±0,26	3,8 ±0,11	4 ±0,16	3,8 ±0,14	4,0 ±0,19
Индекс вымени, % / Udder Index, %		44,98±0,65		44,09±0,61*		44,71±0,47*	
Время доения, мин. / Milking time, min.		6,41 ±0,19	6,78 ±0,24	5,69 ±0,18	5,78 ±0,15	6,37 ±0,26	6,59 ±0,20
		6,59±0,23*		5,73±0,17		6,48±0,21***	
Интенсивность молокоотдачи, кг/мин. / Breast-feeding intensity, kg/min.		2,26 ±0,04	2,25 ±0,02	2,47 ±0,02	2,54 ±0,03	2,24 ±0,04	2,28 ±0,04
		2,26±0,02***		2,51±0,03**		2,26±0,06	
Индекс равномерности развития молочных желёз / Index of uniformity of development of the mammary glands		1,31±0,08		1,38±0,05		1,27±0,02*	

Анализируя показатели вымени подопытных коров, отмечаем, что у коров разной линейной принадлежности показатель интенсивности молокоотдачи был на достаточно высоком уровне, и в среднем составлял от 2,24 до 2,54 кг/мин, что указывает на хорошую селекционно-племенную работу со стадом по данному направлению. Лучшим данный показатель был у коров линии Мергель 2122 и составил 2,51 кг/мин. Интенсивность молокоотдачи между вечерней и утренней дойками у коров не превышала 0,07 кг/мин. По показателю времени доения также лучшими были коровы линии Мергель 2122, данный показатель у них составлял 5,73 мин., разница с коровами линии Забавный 1142 составляла 0,86 мин., а с коровами линии Хаксл 979317838 – 0,75 мин. Нами установлено, что индекс равномерности развития молочных желёз был лучшим у коров линии Хаксл 979317838, который составлял 1,27. Разница по данному показателю с коровами других линейных составляла 3,14-8,66 %. Коровы данного хозяйства различной линейной принадлежности по технологическим свойствам вымени в полной мере отвечают требованиям интенсивных технологий производства молока.

Экономическая эффективность производства молока отражает степень результативности производственных процессов и позволяет соотнести между собой затраченные ресурсы с достигнутыми результатами на производство единицы продукции, дав при этом заключение об эффективности их использования.

Таблица 9 – Сравнительная экономическая эффективность производства молока в зависимости от линейной принадлежности коров за наилучшую лактацию

Table 9 – Comparative economic efficiency of milk production depending on the linear affiliation of cows for the best lactation

Показатель / Indicator	Линии / Lines		
	Забавный 1142 n=90 / Zabavny 1142 n=90	Мергель 2122 n=73 / Murgel 2122 n=73	Хаксл 979317838 n=41 / Huxl 979317838 n=41
Получено молока за лактацию, кг / Milk received per lactation, kg	6389,	6384,2	6464,3
Жирность молока, % / Fat content of milk, %	3,99	3,99	3,98
Получено молока в пересчете на базисную жирность (3,4 %), кг / Milk was obtained in terms of the basic fat content (3.4 %), kg	7497,68	7492,05	7567,03
Себестоимость 1 кг молока, руб. / The cost of 1 kg of milk, rub. /	16,9	16,9	16,5
Цена реализации 1 кг молока, руб. / Sale price of 1 kg of milk, rub	24	24	24
Прибыль 1 кг молока, руб. / Profit of 1 kg of milk, rub.	7,1	7,1	7,5
Уровень рентабельности, % / The level of profitability, %	42,01	42,01	45,45

Изучив экономические показатели эффективности использования коров разной линейной принадлежности по наивысшей лактации, отмечаем, что у коров линии Хаксл 979317838 себестоимость производства 1 литра молока в связи с более высокой молочной продуктивностью была ниже, чем у коров других линий, разница при этом составляла 0,4 рубля за литр. При одинаковой цене реализации в 24 рубля за литр самый высокий уровень рентабельности также был у коров линии Хаксл 979317838 и составлял 45,45.

Таблица 10 – Сравнительная экономическая эффективность производства молока в зависимости от линейной принадлежности коров за пожизненную продуктивность

Table 10 – Comparative economic efficiency of milk production depending on the linear affiliation of cows for lifetime productivity

Показатель / Indicator	Линии / Lines		
	Забавный 1142 n=24 / Zabavny 1142 n=24	Мергель 2122 n=16 / Murgel 2122 n=16	Хаксл 979317838 n=25 / Huxl 979317838 n=25
Продолжительность жизни, лет / Life expectancy, years	9,96	7,77	11,3
Пожизненная молочная продуктивность, кг / Lifetime milk productivity, kg /	27666,38	19856,81	38431,64
Жирность молока, % / Fat content of milk, %	3,89	3,92	3,93
Получено молока в пересчете на базисную жирность (3,4 %), т / Milk was obtained in terms of the basic fat content (3.4 %), t /	31,654	22,894	44,422
Себестоимость 1 кг молока, руб. / The cost of 1 kg of milk, rub.	16,4	17,3	15,1
Цена реализации 1 кг молока, руб. / Sale price of 1 kg of milk, rub	24	24	24
Прибыль 1 кг молока, руб. / Profit of 1 kg of milk, rub.	7,6	6,7	8,9
Уровень рентабельности, % / The level of profitability, %	46,34	38,73	58,94

Оценив экономическую эффективность производства молока коровами разной линейной принадлежности на протяжении всего продуктивного использования, отмечали, что коровы линии Хаксл 979317838 имели самый длительный период продуктивного использования, что отражалось на количественных продуктивных показателях за продуктивный период. Так, по удою разница с коровами других линий составляла от 28,7 до 51,54 %. Это повлияло на себестоимость производства молока, прибыль и уровень рентабельности. Так, уровень рентабельности у коров линии Хаксл 979317838 был самым высоким и составлял 58,94 %. При этом разница с коровами других линейных принадлежностей составляла от 12,6 до 20,21 %.

Выводы. Проведя исследования продуктивных качеств скота симментальской породы разной линейной принадлежность в условиях ПЗК «Путь Ленина» Волгоградской области, рекомендуем для повышения уровня рентабельности производства молока использовать в качестве основной линии при осеменении коров семя быков линии Хаксл 979317838 в качестве замещающей быков линии Забавный 1142. Коровы, полученные от быков этих линий, наряду с высокими показателями молочной продуктивности и качественными показателями молока, технологическими свойствами, обладают высоким продуктивным долголетием, что находит свое отражение в экономических показателях.

Библиографический список

1. Анисимова Е. И. Оценка быков-производителей основных линий симментальского скота по продуктивности дочерей // Аграрный вестник Урала. 2019. № 3. С. 22-27.
2. Анисимова Е. И., Гостева Е. Р., Улимбашев М. Б. Зависимость молочной продуктивности коров симментальской породы от различных факторов // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 3. С. 84-87.
3. Анисимова Е. И., Катмаков П. С. Роль семейств и их сочетаемость с линиями в создании желательных типов симментальского скота // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 97-102.

4. Борисова В. В., Белоусов А. М. Молочная продуктивность коров разных генотипов в Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 6. С. 158-160.
5. Гостева Е. Р., Улимбашев М. Б. Морфологические и функциональные свойства вымени симменталов разной селекции // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55. № 3. С. 54-59.
6. Игнатьева Л. П., Сермягин А. А. Характеристика современной популяции крупного рогатого скота симментальской породы России с учетом генеалогической принадлежности // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. С. 67-72.
7. Племенная работа в животноводстве Ярославской области / М. М. Коренев, Н. С. Фураева [и др.]. Ярославль, 2015. 36 с.
8. Самусенко Л. Д. Формирование продуктивности крупного рогатого скота в зависимости от вариантов подбора // Биология в сельском хозяйстве. 2018. № 3. С. 10-12.
9. Создание и характеристика стада симменталов в зоне южного Урала / В. В. Борисова, А. М. Белоусов, С. Н. Сомова [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 2. С. 224-227.
10. Тамарова Р. В., Ярлыков Н. Г., Корчагина Ю. А. Селекционные методы повышения белкомолочности коров с использованием генетических маркеров: монография. Ярославль: Ярославская ГСХА, 2014. 124 с.
11. Улимбашев М. Б., Гостева Е. Р., Анисимова Е. И. Совершенствование симментальского скота при чистопородном разведении и скрещивании: рекомендации. Саратов, 2019. 34 с.
12. Улимбашев М. Б., Гостева Е. Р. Анализ генетического потенциала молочной продуктивности симментальского скота Российской Федерации // Аграрная Россия. 2019. № 6. С. 38-41.
13. Чучунов В. А., Радзиевский Е. Б., Конобле Т. В. Методика оценки будущей молочной продуктивности коров симментальской породы // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 1 (37). С. 45-51.
14. Lazebnaya I. V., Lazebny O. E., Khatami S. R. Use of the bovine prolactin gene (bPRL) for estimating genetic variation and milk production in aboriginal russian breeds of Bos taurus L // InTech. 2013. Chapter 3. P. 35-51.
15. On the analysis of Canadian Holstein dairy cow lactation curves using standard growth functions / S. Lopez, J. France, N. E. Odongo, R. A. McBride, E. Kebreab, O. AlZahal, B. W. McBride, J. Dijkstra // Original Research Article Journal of Dairy Science. 2015. V. 98. I. 4. P. 2701-2712.
16. Pintus M. A., Nicolazzi E. L., Van Kaam J. B. C. Use of different statistical models to predict direct genomic values for productive and functional traits in Italian Holsteins // J. Anim. Breed. Genet. 2013. V. 130. P. 32-40.
17. Productivity and adaptation capability of Holstein cattle of different genetic selections / I. F. Gorlov, S. E. Bozhkova, O. P. Shakhbazova, V. V. Gubareva, N. I. Mosolova, E. Yu. Zlobina, Yu. N. Fiodorov, A. S. Mokhov // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2016. Vol. 40 (5). P. 527-533.

Conclusion. Having conducted research on the productive qualities of cattle of the Simmental breed of different linear affiliation in the conditions of the PZK "Lenin's Way" of the Volgograd region, we recommend that, in order to increase the profitability of milk production, we use as the main line for insemination of cows, the seed of bulls of the Haks1 979317838 line as a replacement for bulls of the Funny 1142 line. Cows obtained from bulls of these lines, along with high indicators of milk productivity and quality indicators of milk, technological properties, have a high productive longevity, which is reflected in economic indicators.

References

1. Anisimova E. I. Ocenka bykov-proizvoditelej osnovnyh linij simmental'skogo skota po produktivnosti docherej // Agrarnyj vestnik Urala. 2019. № 3. P. 22-27.
2. Anisimova E. I., Gosteva E. R., Ulimbashev M. B. Zavisimost' molochnoj produktivnosti korov simmental'skoj породы ot razlichnyh faktorov // Vestnik APK Stavropol'ya. 2016. № 3. P. 84-87.
3. Anisimova E. I., Katmakov P. S. Rol' semejstv i ih sochetaemost' s liniyami v sozdanii zhe-latel'nyh tipov simmental'skogo skota // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 2. P. 97-102.

4. Borisova V. V., Belousov A. M. Molochnaya produktivnost' korov raznyh genotipov v Orenburgskoj oblasti // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 6. P. 158-160.
5. Gosteva E. R., Ulimbashev M. B. Morfologicheskie i funktsional'nye svoystva vymeni simmentalov raznoj selektsii // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. V. 55. № 3. P. 54-59.
6. Ignat'eva L. P., Sermyagin A. A. Harakteristika sovremennoj populyatsii krupnogo rogatogo skota simmental'skoj porody Rossii s uchetoм genealogicheskoy prinaldlezhnosti // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2019. P. 67-72.
7. Plemennaya rabota v zhivotnovodstve Yaroslavskoj oblasti / M. M. Korenev, N. S. Furaeva [i dr.]. Yaroslavl', 2015. 36 p.
8. Samusenko L. D. Formirovanie produktivnosti krupnogo rogatogo skota v zavisimosti ot variantov podbora // Biologiya v sel'skom hozyajstve. 2018. № 3. P. 10-12.
9. Sozdanie i harakteristika stada simmentalov v zone yuzhnogo Urala / V. V. Borisova, A. M. Belousov, S. N. Somova [i dr.] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 2. P. 224-227.
10. Tamarova R. V., Yarlykov N. G., Korchagina Yu. A. Selekcionnye metody povysheniya belkovomolochnosti korov s ispol'zovaniem geneticheskikh markerov: monografiya. Yaroslavl': Yaroslavskaya GSXA, 2014. 124 p.
11. Ulimbashev M. B., Gosteva E. R., Anisimova E. I. Sovershenstvovanie simmental'skogo skota pri chistopородном razvedenii i skreschivanii: rekomendatsii. Saratov, 2019. 34 p.
12. Ulimbashev M. B., Gosteva E. R. Analiz geneticheskogo potentsiala molochnoj produktivnosti simmental'skogo skota Rossijskoj Federatsii // Agrarnaya Rossiya. 2019. № 6. P. 38-41.
13. Chuchunov V. A., Radzievskij E. B., Konoblej T. V. Metodika ocenki budushej molochnoj produktivnosti korov simmental'skoj porody // Vestnik Kurganskogo GSXA. 2021. № 1 (37). p. 45-51.
14. Lazebnaya I. V., Lazebny O. E., Khatami S. R. Use of the bovine prolactin gene (bPRL) for estimating genetic variation and milk production in aboriginal russian breeds of Bos taurus L // InTech. 2013. Chapter 3. P. 35-51.
15. On the analysis of Canadian Holstein dairy cow lactation curves using standard growth functions / S. Lopez, J. France, N. E. Odongo, R. A. McBride, E. Kebreab, O. AlZahal, B. W. McBride, J. Dijkstra // Original Research Article Journal of Dairy Science. 2015. V. 98. I. 4. P. 2701-2712.
16. Pintus M. A., Nicolazzi E. L., Van Kaam J. B. C. Use of different statistical models to predict direct genomic values for productive and functional traits in Italian Holsteins // J. Anim. Breed. Genet. 2013. V. 130. P. 32-40.
17. Productivity and adaptation capability of Holstein cattle of different genetic selections / I. F. Gorlov, S. E. Bozhkova, O. P. Shakhbazova, V. V. Gubareva, N. I. Mosolova, E. Yu. Zlobina, Yu. N. Fiodorov, A. S. Mokhov // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2016. Vol. 40 (5). P. 527-533.

Author's information

Chuchunov Vasily Alexandrovich, associate Professor of the Department of Private animal science at the Volgograd state agrarian University (26 Universitetskij Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), candidate of biological Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3569-5725chuchunov.78@mail.ru>

Plotnikov Vladimir Petrovich, associate Professor of the Department of Private animal science at Volgograd state agrarian University (26 Universitetskij 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 Universitetskij Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), candidate of agricultural Sciences, associate Professor, ORCID: https://orcid.org/0001-5938-1045_yenia79@mail.ru

Gorbunov Alexander Vladimirovich, Associate Professor of the Department "Technology of production, processing of animal products and Commodity Science" of the Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskij ave., 26.) Candidate of Agricultural Sciences, gorbunov_av_79@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/0000-0002-3569-5725chuchunov.78@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/0001-5938-1045vplotnikov1953@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/0001-5938-1045yenia79@mail.ru>

Горбунов Александр Владимирович, доцент кафедры «Технология производства, переработки продуктов животноводства и товароведение» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.) кандидат сельскохозяйственных наук, gorbunov_av_79@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-25

DRUG RESISTANCE OF RELEASED PATHOGENS

E. A. Sazonova, N. A. Soldatenko

North Caucasus Zonal Research Veterinary Institute – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center»

Received 22.09.2021

Submitted 22.09.2021

Summary

The article presents data on the resistance of field strains of *Salmonella choleraesuis*, *Escherichia coli* to antibacterial drugs over the past 5 years.

Abstract

Introduction. The spread of gastrointestinal diseases in pig farms is due to significant purchases of breeding animals from herds with various epizootic situations. Its seriousness lies in the fact that among various species of animals, including pigs, the carrier of bacteria is significantly widespread, which in most cases is not diagnosed in practical work. Industrial pig breeding is a high concentration of animals in a limited area, free-range housing, year-round farrowing, early weaning of piglets. All pork production consists of cyclically repeated operations. Intestinal infection remains the most pressing problem of modern animal husbandry, and causes enormous economic damage to livestock complexes and farms, as a result of mass mortality, lack of offspring and loss of live weight. **Object.** For many years, on the basis of the North Caucasus Zonal Research Veterinary Institute – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Center», research has been carried out aimed at studying field strains of *Salmonella choleraesuis*, *Escherichia coli*, and their resistance to antibacterial drugs. **Results and discussion.** Results of sensitivity studies of *Salmonella choleraesuis* and *E. Coli* secreted. data from various farms in the southern region indicate a threatening situation with the spread of antibiotic resistance of various groups, which is a threat to people, since it does not provide safe products from animals. **Conclusions.** The development of new ways to combat pathogens without the use of antibiotics will help in solving problems with the development of antibiotic resistance of pathogens.

Key words: *Salmonella choleraesuis*, *Escherichia coli*, antibacterial drugs, strain of the pathogen, resistance.

Citation. Sazonova E. A., Soldatenko N. A. Drug resistance of released pathogens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 238-246 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-25.

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

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

УДК 619:615.281.9:579.62:579.64

УСТОЙЧИВОСТЬ К ЛЕКАРСТВЕННЫМ ПРЕПАРАТАМ ВЫДЕЛЕННЫХ ПАТОГЕНОВ

Е. А. Сазонова, научный сотрудник

Н. А. Солдатенко, кандидат ветеринарных наук, ведущий научный сотрудник

Северо-Кавказский зональный научно-исследовательский ветеринарный институт — филиал
ФГБНУ Федеральный Ростовский аграрный научный центр
(СКЗНИВИ - филиал ФГБНУ ФРАНЦ), г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 22.09.2021

Дата принятия к печати 23.11.2021

Аннотация. Представлены данные об устойчивости полевых штаммов *Salmonella choleraesuis*, *Escherichia coli* к антибактериальным препаратам за последние 5 лет.

Актуальность. Распространение желудочно-кишечных заболеваний в свиноводческих хозяйствах происходит вследствие значительных закупок племенных животных из стад с различной эпизоотической ситуацией. Серьезность ее состоит в том, что среди различных видов животных, в том числе и у свиней, значительно распространено бактерионосительство, которое в большинстве случаев в практической работе не диагностируется. Промышленное свиноводство — это высокая концентрация животных на ограниченной территории, безвыгульное содержание, круглогодовые опоросы, ранний отъем поросят. Все производство свинины состоит из циклически повторяющихся операций. Кишечная инфекция остается самой актуальной проблемой современного животноводства и наносит огромный экономический ущерб животноводческим комплексам и фермерским хозяйствам: массовый падеж, недополучение приплода и потеря живой массы. **Объект.** На протяжении многих лет, на базе Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского ветеринарного института (СКЗНИВИ - филиал ФГБНУ ФРАНЦ) проводятся исследования направленные на изучение полевых штаммов *Salmonella choleraesuis*, *Escherichia coli*, и устойчивости их к антибактериальным препаратам. **Результаты и обсуждение.** Результаты исследований чувствительности выделяемых *Salmonella choleraesuis* и *E. coli* из различных хозяйств южного региона свидетельствуют об угрожающей ситуации с распространением устойчивости к антибиотикам различных групп, что является угрозой для людей, так как не обеспечивает получения безопасной продукции от животных. **Выводы.** Разработка новых способов борьбы с патогенами без применения антибиотиков поможет в решении проблем с развитием устойчивости патогенов к антибиотикам.

Ключевые слова: *Salmonella choleraesuis*, *Escherichia coli*, антибактериальные препараты, штаммы возбудителя, устойчивость патогенов.

Цитирование. Сазонова Е. А., Солдатенко Н. А. Устойчивость к лекарственным препаратам выделенных патогенов. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 238-246. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-25.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из основных задач ветеринарного обеспечения свиноводства является повышение сохранности поросят в подсосный и последующие периоды выращивания с целью снижения падежа животных, наносящего значительный экономический ущерб свиноводству, по причине негативного воздействия на их организм патогенной и условно патогенной микрофлоры [5].

В настоящее время проблема возрастающей резистентности микроорганизмов к антибиотикам, имеющая важное социальное и экономическое значение, является одной из наиболее актуальных как в ветеринарии, так и медицине. По данным ФАО/ВОЗ, в медицине от резистентности микроорганизмов к антибиотикам ежегодно умирает 25 тыс. человек [3, 11]. В ветеринарии проблема стоит еще острее, миллионы животных не

лечатся, а выбраковываются на мясо [2, 8]. По данным ВОЗ, существует группа антибиотикоустойчивых «приоритетных возбудителей», относящихся к группе «супербактерий» и являющихся наиболее опасными для здоровья человека. К ним относятся *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, а также *Enterobacteriaceae*. Устойчивость возбудителей заболеваний к химиотерапевтическим веществам, в том числе к антибиотикам, это частный случай приспособительной эволюции микробов [7, 10].

Значительный урон наносят и респираторные заболевания. В различных хозяйствах заболеваемость поросят обычно составляет 30-70 %, летальность может достигать 40 %. Наибольший отход регистрируют у поросят 60-90-дневного возраста. Частота и тяжесть респираторных болезней зависят от численности свиней в хозяйстве, их иммунного статуса и технологии производства [6].

Эпизоотическая ситуация по колибактериозу свиней также требует совершенствования мероприятий и разработки средств специфической профилактики колибактериоза с учетом его региональных особенностей [9].

Приобретение устойчивости возбудителями инфекционных болезней животных приводит к снижению эффективности антибактериальной терапии. Определение чувствительности этиологически значимых микроорганизмов к антибактериальным лекарственным средствам, а также оценка их терапевтической и профилактической эффективности на моделях экспериментальных инфекций позволит отбирать и рекомендовать препараты для лечения и профилактики болезней животных [4, 12].

Нестабильна картина и за пределами нашей страны. Бактериальными инфекциями, которые чаще всего регистрируются на территории Украины у животных и птицы, являются эшерихиозы, пастереллез, сальмонеллез, стафилококкоз, стрептококкоз, рожа, отечная болезнь свиней, псевдомоноз. Результаты исследований позволяют утверждать, что ситуация по резистентности возбудителей бактериальных заболеваний животных к антибактериальным препаратам в Украине вызывает беспокойство. Географические границы не могут повлиять на распространенность резистентных к антибиотикам микроорганизмов и зависят, в первую очередь, от того, какие антибактериальные препараты используются в животноводстве того или иного региона/ области [3, 4].

Ключевым критерием выбора антимикробных препаратов для лечения инфекционных болезней является высокая чувствительность к ним этиологически значимых возбудителей [1].

Материалы и методы. Нашими учеными проводится отбор проб материала от животных разных половозрастных групп (фекалии, внутренние органы — печень, почки, селезенка, сердце, кишечник), далее делается посев на питательные среды (МПБ, Эндо, Симмонса, Плоскирева, Висмут-Сульфит, МПА, кровяной агар) с целью выделения и дифференциации микроорганизмов. Выделенные патогены проверяются на устойчивость к антибактериальным препаратам диско-диффузионным методом. На поверхность агара в чашке Петри наносили 0,1 см³ бактериальной суспензии и затем помещали бумажные диски диаметром 6 мм, содержащие определенное количество антибиотиков, рекомендованных по инструкции применения препаратов. Для получения чистых культур *Salmonella choleraesuis* и *Escherichia coli* ставили биопробу на лабораторных животных (белые мыши). Исследования проводили в хозяйствах Ростовской области, Краснодарского и Ставропольского краёв.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований чувствительности выделяемых *Salmonella choleraesuis* и *E. Coli*. из различных хозяйств южного региона свидетельствуют об угрожающей ситуации с распространением устойчивости к антибиотикам различных групп, что является угрозой для людей, так как не обеспечивает получения безопасной продукции от животных.

Проведенными нами исследованиями по определению уровня бактерионосительства в стадах, неблагополучных по сальмонеллезу в период отсутствия клинического проявления заболевания, установлено, что число бактерионосителей достигает 18-32 %. Обследованное поголовье было вакцинировано против сальмонеллеза и обработано в соответствии с инструкцией.

Штаммы возбудителей сальмонеллеза и колибактериоза, изолированные от этих животных, обладали значительной устойчивостью к антибиотикам – от 150 до 500 мкг/мл и более.

Учитывая значительную роль антибиотиков в лечении и профилактике желудочно-кишечных заболеваний свиней, распространение в стадах популяций, обладающих значительной устойчивостью к ним, возникает серьезная проблема в их применении.

Определение чувствительности проводили с использованием дисков к антибиотикам (1994) и метода серийных разведений.

Данные результатов исследований (таблица 1) свидетельствуют о значительной устойчивости исследуемых штаммов к антибиотикам. Так, из 252 штаммов *Salmonella choleraesuis* 87 (34,5 %) устойчивы к ампициллину – препарату первоочередного выбора, и 111 (44,1 %) – к левомицетину – препарату второй очереди. Наиболее низкая устойчивость к неомицину (7,1 %), канамицину (14,4 %) и мономицину (27,3 %). Аналогичные результаты получены и при исследовании штаммов *Escherichia coli*.

Таблица 1 – Устойчивость полевых штаммов *Salmonella choleraesuis*,
Escherichia coli к антибиотикам

Table 1 – Resistance of field strains of *Salmonella choleraesuis*, *Escherichia coli*, to antibiotics

Название антибиотика / Name of the antibiotic	<i>Salmonella choleraesuis</i>	<i>Escherichia coli</i>
	%	%
Пенициллин / Penicillinum	53,5	82,1
Ампициллин / Ampicillinum	34,5	42,3
Стрептомицин / Streptomycinum	52,3	50,6
Тетрациклин / Tetracyclinum	7,1	58,3
Неомицин / Neomycin	7,1	12,5
Мономицин / Monomycinum	27,3	45,8
Левомецетин / Laevomycetin	44,1	39,5
Эритромицин / Erythromycinum	75,0	77,0
Полимиксин / Polymyxin	82,1	56,2
Гентамицин / Gentamicin	69,0	79,0

Была также изучена чувствительность 238 штаммов сальмонелл, выделенных из различных органов и тканей 34 свиней павших. Результаты исследований свидетельствуют (таблица 2), что при определении чувствительности возбудителей заболеваний необходимо ориентироваться не на один штамм, а на штаммы, изолированные из различных органов и тканей, особенно из мест локализации возбудителя.

При длительном культивировании проводили на средах, не содержащих антибиотиков (от 56 до 117 пассажей) 118 штаммов сальмонелл, кишечной палочки, не отмечали снижения их устойчивости к антибиотикам.

Одной из серьезных причин развития устойчивых популяций возбудителей желудочно-кишечных заболеваний считаем нерациональную антибиотикотерапию: несоблюдение длительности курса лечения, применение антибиотиков в дозах, ниже терапевтических (профилактических), назначение без учета фармакокинетики препарата, длительное применение одного антибиотика, особенно в условиях промышленных хозяйств, использование препаратов без учета чувствительности к ним возбудителей заболеваний.

Таблица 2 – Устойчивость к антибиотикам штаммов *Salmonella choleraesuis*,
выделенных от павших свиней

Table 2 – Antibiotic resistance of *Salmonella choleraesuis* strains isolated from fallen pigs

Откуда выделены штаммы / Where are the strains isolated from	Устойчивость штаммов к антибиотикам / Antibiotic resistance of strains							
	Пенициллин / Penicillin, %	Стрептомицин / Streptomycin, %	Тетрациклин / Tetracycline, %	Неомицин / Neomycin, %	Мономицин / Monomycin, %	Левометицин / Levomecetin, %	Полимиксин / Polymyxin, %	Эритромицин / Erythromycin, %
Сердце / Heart	97,0	61,7	64,7	5,8	16,6	35,2	17,6	100
Печень / Liver	66,6	67,6	94,1	11,7	23,5	52,9	47,1	100
Почки / Kidneys	100	70,5 44,1	52,8	47,0	64,7	29,4	70,5	100
Селезёнка / The spleen	79,4	70,5	64,7	8,8	20,5	35,2	26,4	100
Мез. Лимфоузлы / Mesenteric lymph nodes	100	52,9	88,2	8,8	20,5	26,4	35,2	100
Толстый отдел кишечника / The large intestine	100	50,0	76,0	26,4	41,1	20,5	35,2	100
Костный мозг / Bone marrow	100	76,4	94,1	23,5	41,1	23,5	47,5	100

На данном графике видно, как выросла устойчивость *E. coli* к цефалоспорином за последние 5 лет (рисунок 1).

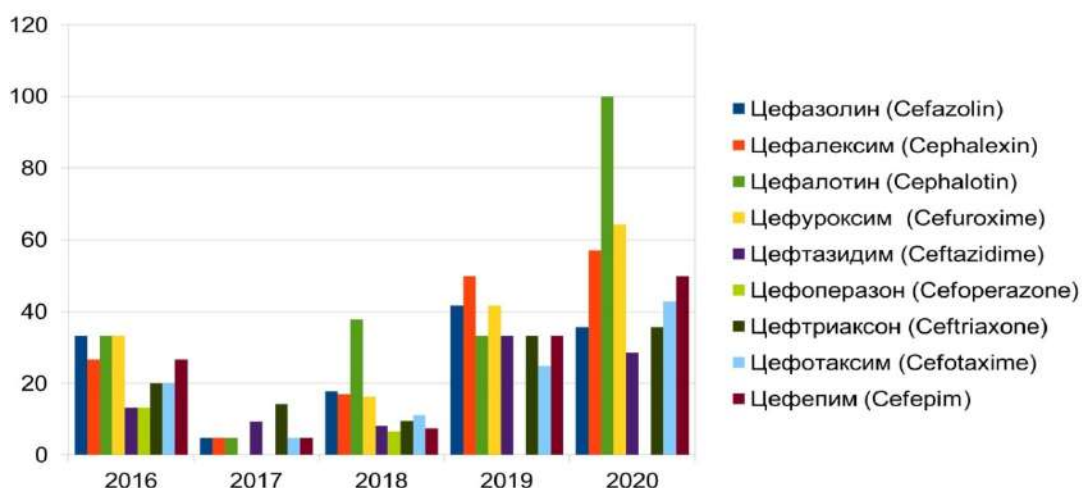


Рисунок 1 – Графики устойчивости *E. coli* к антибактериальным препаратам Цефалоспорины, %

Figure 1 – Graphs of *E. coli* resistance to antibacterial drugs Cephalosporins, %

Чувствительность *E. Coli* к аминогликозидам за последние три года остается на низком уровне, что свидетельствует о развитии устойчивости к этой группе препаратов (рисунок 2).

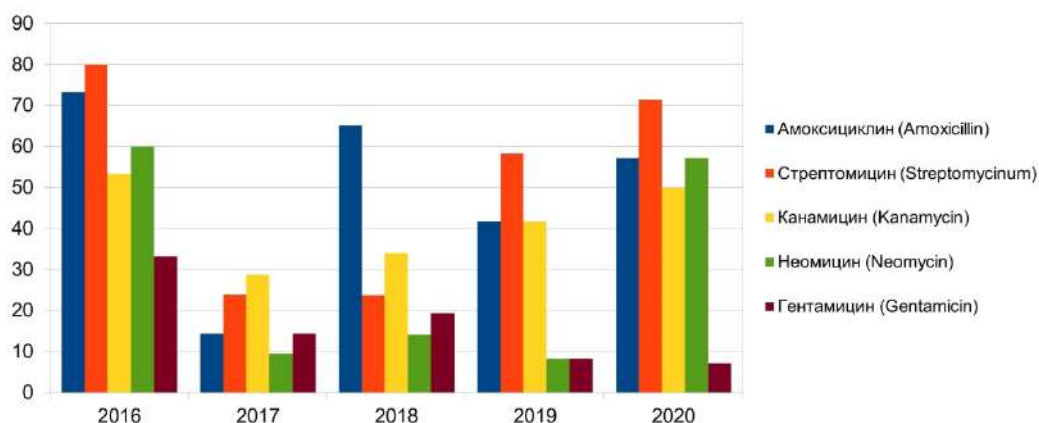


Рисунок 2 – Графики устойчивости E. coli к антибактериальным препаратам Аминогликозиды, %

Figure 2 – Graphs of E. coli resistance to antibacterial drugs Aminoglycosides, %

Аналогичная картина отмечена развитием резистентности пенициллинов, тетрациклинов и левомицетина (рисунки 3, 4, 5).

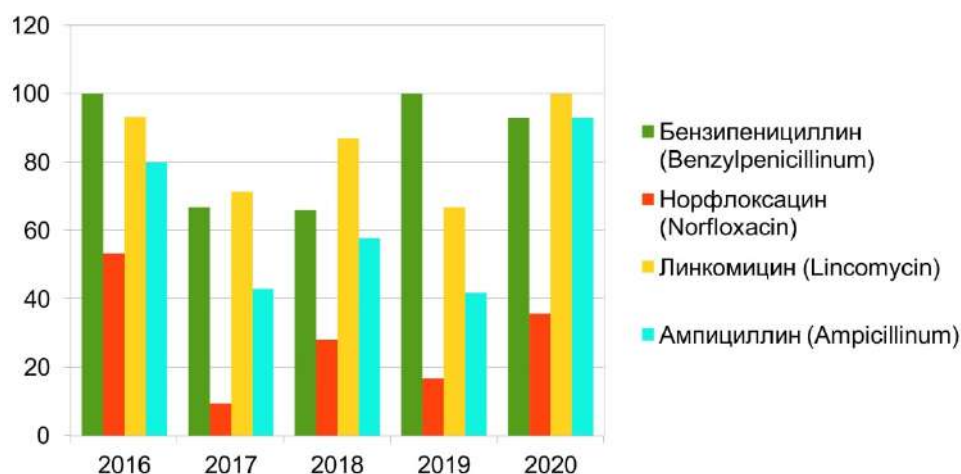


Рисунок 3 – Графики устойчивости E. coli к пенициллиновым препаратам

Figure 3 – Graphs of E. coli resistance to penicillin drugs

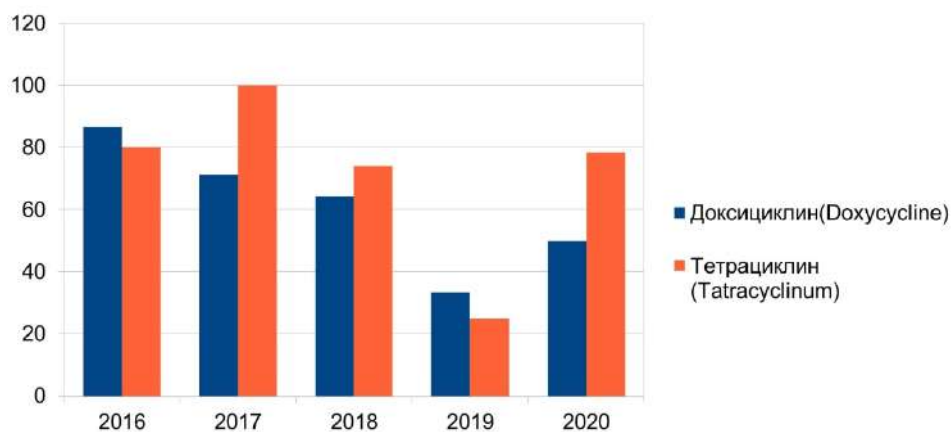


Рисунок 4 – Графики устойчивости E. coli к тетрациклиновым препаратам

Figure 4 – Graphs of E. coli resistance to tetracycline drugs

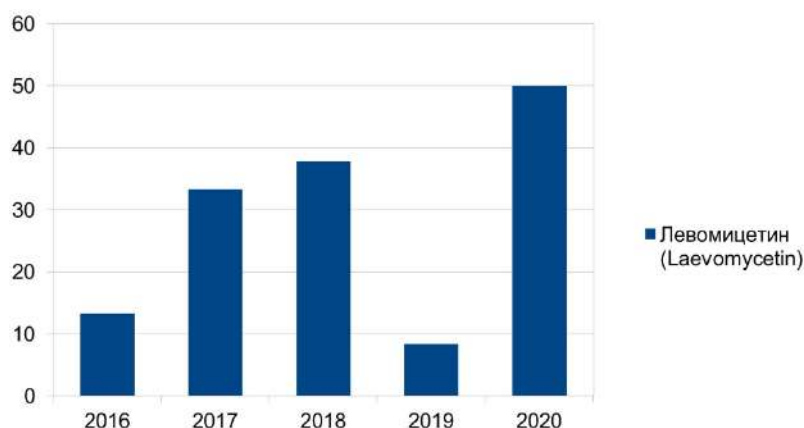


Рисунок 5 – Графики устойчивости *E. coli* к левомецетину, %

Figure 5 – Graphs of *E. coli* resistance to levomycetin, %

Выводы. Результаты исследований чувствительности выделяемых *Salmonella choleraesuis* и *E. coli*. из различных хозяйств южного региона свидетельствуют об угрожающей ситуации с распространением устойчивости к антибиотикам различных групп, что является угрозой для людей, так как не обеспечивает получения безопасной продукции от животных.

Необходимо принять строгие меры по учёту использования лекарственных препаратов в животноводстве и разработке комбинированных препаратов с различным воздействием на патогены (синтез белка на клеточную стенку и РНК и ДНК) для применения в ветеринарии. Разработка новых способов борьбы с патогенами без применения антибиотиков поможет в решении проблем с развитием устойчивости патогенов к антибиотикам.

Библиографический список

1. Антимикробная активность фторхинолонов в отношении микроорганизмов, выделенных от животных / Д. В. Юрин, А. А. Балбуцкая, В. Н. Скворцов, А. А. Присный // Международный вестник ветеринарии. 2018. № 3. С. 63-67.
2. Ветеринарный мониторинг антимикробной резистентности в Российской Федерации / О. Е. Иванова [и др.] // Аграрная наука. 2021. № 4S. С. 7-11. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-7-11>.
3. Гаркавенко Т. А. Антибиотикорезистентность возбудителей бактериальных инфекций животных в Украине // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017. № 2. С. 234-240. <https://e.lanbook.com/journal/issue/303610>.
4. Лечебно-профилактическая эффективность ципрофлоксацина при экспериментальных сальмонеллёзах цыплят / В. Н. Скворцов, А. А. Присный, С. С. Белимова, А. А. Моисеева // Международный вестник ветеринарии. 2018. № 2. С. 65-68.
5. Науменко З. С. Мониторинг резистентности микроорганизмов к антибактериальным препаратам // Вестник Курганского государственного университета. Серия Естественные науки. 2006. № 8. С. 24-26. <https://e.lanbook.com/journal/issue/295111>.
6. Орлянкин Б. Г., Мишин А. М., Алипер Т. И. Инфекционные респираторные болезни свиней: этиология, диагностика и профилактика // Ветеринария Кубани. 2010 № 3. С. 5-7.
7. Проблема антибиотикорезистентности возбудителей инфекционных болезней животных и птиц / Е. В. Анганова, А. М. Аблов, А. С. Батомункуев, А. А. Плискин // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 2. С. 55-58. <https://e.lanbook.com/journal/issue/303694>.
8. Проблема резистентности к антибиотикам возбудителей болезней общих для человека и животных / А. Н. Панин [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2017. № 5. С. 18-24. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29421042>.

9. Скориков А. В., Новикова Е. Н., Иванасова Е. В. Мониторинг заболеваемости свиней колибактериозом в Краснодарском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1. С. 124-129. <https://e.lanbook.com/journal/issue/306409>.

10. Солдатенко Н. А. Распространение возбудителей бактериальных инфекций в свиноводческих хозяйствах юга России // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 54-2. С. 51-53.

11. Сычёва М. В. Антибиотикорезистентность штаммов энтерококков, циркулирующих в Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 1. С. 168-171. <https://e.lanbook.com/journal/issue/297390>.

12. Эффективность антибактериальных препаратов при экспериментальном заражении цыплят *Salmonella enteritidis* / В. Н. Скворцов, Д. В. Юрин, А. А. Присный, А. А. Моисеева // Международный вестник ветеринарии. 2019. № 1. С. 87-90. <https://e.lanbook.com/journal/issue/310854>.

Conclusions. We consider irrational antibiotic therapy to be one of the serious reasons for the development of resistant populations of pathogens of gastrointestinal diseases: non-compliance with the duration of the course of treatment, the use of antibiotics in doses lower than therapeutic (preventive), the appointment without taking into account the pharmacokinetics of the drug, long-term use of one antibiotic, especially in industrial farms, the use of drugs without taking into account the sensitivity of pathogens to them.

References

1. Antimicrobial activity of fluoroquinolones against microorganisms isolated from animals / D. V. Yurin, A. A. Balbutskaya, V. N. Skvortsov, A. A. Prisny // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2018. No. 3. P. 63-67.

2. Veterinary monitoring of antimicrobial resistance in the Russian Federation / O. E. Ivanova [et al.] // Agrarian science. 2021. V. 4S. P. 7-11. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-347-4-7-11>.

3. Garkavenko T. A. Antibiotic resistance of pathogens of bacterial infections of animals in Ukraine // Actual problems of intensive development of animal husbandry. 2017. No. 2. P. 234-240. <https://e.lanbook.com/journal/issue/303610>.

4. Therapeutic and prophylactic efficacy of civetin in experimental salmonellosis of chickens / V. N. Skvortsov, A. A. Prisny, S. S. Belimova, A. A. Moiseeva // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2018. No. 2. P. 65-68.

5. Naumenko Z. S. Monitoring of the resistance of microorganisms to antibacterial drugs // Bulletin of the Kurgan State University // Natural Sciences series. 2006. No. 8. P. 24-26. <https://e.lanbook.com/journal/issue/295111>.

6. Orlyankin B. G., Mishin A. M., Aliper T. I. Infectious respiratory diseases of pigs: etiology, diagnosis and prevention // Veterinary medicine of Kuban. 2010. No. 3. P. 5-7.

7. The problem of antibiotic resistance of pathogens of infectious diseases of animals and birds / E. V. Anganova, A. M. Ablov, A. S. Batomunkuyev, A. A. Pliska // Bulletin of the agro-industrial complex of Stavropol. 2017. No. 2. P. 55-58. <https://e.lanbook.com/journal/issue/303694>.

8. The problem of antibiotic resistance of pathogens of diseases common to humans and animals / A. N. Panin [et al.] // Veterinary medicine, zootechny and biotechnology. 2017. No. 5. P. 18-24. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29421042>.

9. Skorikov A. V., Novikova E. N., Ivanasova E. V. Monitoring of the incidence of colibacteriosis in pigs in the Krasnodar Territory // Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2018. No. 1. P. 124-129. <https://e.lanbook.com/journal/issue/306409>.

10. Soldatenko N. A. The spread of pathogens of bacterial infections in pig farms in the south of Russia // Trends in the development of science and education. 2019. No. 54. P. 51-53.

11. Sycheva M. V. Antibiotic resistance of enterococcal strains circulating in the Orenburg region // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2016. No. 1. P. 168-171. <https://e.lanbook.com/journal/issue/297390>.

12. Effectiveness of antibacterial drugs in experimental infection of chickens with *Salmonella enteritidis*, / V. N. Skvortsov, D. V. Yurin, A. A. Prisny, A. A. Moiseeva // International Bulletin of Veterinary Medicine. 2019. No. 1. P. 87-90. <https://e.lanbook.com/journal/issue/310854>.

Author's information

Sazonova Ekaterina Alexandrovna – researcher of the Creative team for the study of infectious diseases of animals SKZNIVI – branch of FSBSI FRANZ (Russia, Rostov St. 346421 shosse 0, Novocherkassk, Rostov region), tel 8-951-495-87-81 e-mail: yek.sazonowa2013@yandex.ru

Soldatenko Nikolay Aleksandrovich – senior researcher of the Creative team for the study of infectious diseases of animals SKZNIVI – branch of FSBSI FRANZ (Russia, Rostov St. 346421 shosse 0, Novocherkassk, Rostov region), candidate of veterinary Sciences, tel. 8-918-178-42-93 e-mail: nickolaysoldatenko@yandex.ru

Информация об авторах

Сазонова Екатерина Александровна — научный сотрудник Творческого коллектива по изучению инфекционной патологии животных СКЗНИВИ — филиал ФГБНУ ФРАНЦ (РФ, 346421 ул. Ростовское шоссе 0, г. Новочеркасск Ростовская область), тел. 8-951-495-87-81 e-mail: yek.sazonowa2013@yandex.ru

Солдатенко Николай Александрович – ведущий научный сотрудник Творческого коллектива по изучению инфекционной патологии животных СКЗНИВИ — филиал ФГБНУ ФРАНЦ (РФ, 346421 ул. Ростовское шоссе 0, г. Новочеркасск Ростовская область), кандидат ветеринарных наук, тел. 8-918-178-42-93 e-mail: nickolaysoldatenko@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-26

THE DIGESTIBILITY OF NUTRIENTS SUBSTANCES OF COMPOUND FEED IN LAYING HENS WHEN USING THE ANTI-STRESS ADDITIVE

**I. Y. Danilenko¹, S. I. Nikolaev¹,
E. V. Kornilova², S.O. Shapovalov², A. D. Imangaliev¹**

¹ Volgograd State Agrarian University, Volgograd

² Scientific Research Center «Cherkizovo», Moscow

Received 10.09.2021

Submitted 22.11.2021

The work was carried out under a grant jointly with the Fund of Infrastructure and Educational Programs of RUSNANO Group "Nanotechnological methods of research of biogenic elements for optimizing the diets of farm animals and poultry"

Summary

This article reflects the results of an experiment to study the effect of an antistress additive on the digestibility and use of minerals in the diet by poultry of the egg cross Hisex Brown. The experiment was carried out on the basis of the research center for the safety and effectiveness of feed and additives. Studies have found that the best performance was observed in the birds of the experimental group, which, in addition to the main diet, were injected with the additive Feed-Food Magic Antistress Mix in an amount of 500 g per ton of compound feed.

Abstract

Introduction. In recent years, the Government of the Russian Federation has been paying more attention to the development of poultry farming. Specialists engaged in the field of poultry farming are tasked with ensuring full import substitution in the shortest possible time. At the present stage of development, the technology of industrial poultry farming is based on the use of diets balanced with all the necessary nutrients and biologically active substances, providing not only satisfaction of the physiological needs of poultry, but also creating conditions for obtaining high productivity of birds, as well as optimizing the conditions of keeping. However, in the process of industrial poultry farming, various stresses often arise, which negatively affect the level of productivity and cause many diseases, reducing the economic efficiency of poultry production. In this regard, the study of the effect of the additive Feed-Food Magic Antistress Mix on the zootechnical indicators of laying hens is relevant and has practical significance. **Object.** The object of the study was an agricultural bird of the cross Hysex Brown. **Materials and methods.** The research was conducted in the period from 2018 to 2020, in the conditions of the Research Center of the safety and effectiveness of the use of feed and additives of the

Volgograd State Agrarian University, and was based on the domestic and foreign studies on the topic under study. In the course of the work, classical and modern methods of zootechnical, hematological, biochemical and economic research were used with the use of modern certified equipment. In the process of performing the work, technological methods of feeding and keeping poultry adopted in poultry farming were used. The data obtained during the research were subjected to biometric processing, taking into account the determination of the reliability of the results according to the Student's criterion.

Results and conclusions. The use of an anti-stress additive in mixed feed for laying hens contributed to an increase in the coefficients of digestibility of nutrients: dry matter – by 2.08 %, organic matter – by 2.62 %, crude protein – by 2.32 %, crude fat – by 2.91 %, crude fiber – by 1.84 %, compared with poultry from the control group. The balance of calcium and phosphorus was positive in all groups, but the use of calcium and phosphorus from the intake was also higher in the experimental group, and exceeded the control indicator: for the use of calcium by 0.61 %, phosphorus by 2.76 %.

Key words: diet, feeding of laying hens, stress in poultry farming, digestibility, calcium balance, phosphorus balance.

Citation. Danilenko I.Y., Nikolaev S.I., Kornilova E.V., Shapovalov S.O., Imangaliev A.D. The digestibility of nutrients substances of compound feed in laying hens when using the anti-stress additive. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 246-253 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-26.

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

Conflict of interests. The authors have declared no conflicts of interest.

УДК 636.034

ПЕРЕВАРИМОСТЬ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ КОМБИКОРМА У КУР-НЕСУШЕК ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АНТИСТРЕССОВОЙ ДОБАВКИ

И. Ю. Даниленко¹, ассистент

С. И. Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е. В. Корнилова², кандидат сельскохозяйственных наук

С. О. Шаповалов², доктор биологических наук

А. Д. Имангалиев¹, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград
г. Волгоград, Россия

²НИЦ «Черкизово», г. Москва, Россия

Дата поступления в редакцию 10.09.2021

Дата принятия к печати 22.11.2021

Работа выполнена по гранту совместно с ФИОП РОСНАНО
«Нанотехнологические методы исследований биоактивных элементов для оптимизации
рационов сельскохозяйственных животных и птицы»

Актуальность. В последние годы Правительство Российской Федерации уделяет пристальное внимание развитию птицеводства. Перед специалистами, занятыми в области птицеводства, поставлена задача: в кратчайшие сроки обеспечить полное импортозамещение. На современном этапе развития технология промышленного птицеводства основывается на применении рационов, сбалансированных по всем необходимым питательным и биологически активным веществам, обеспечивающим не только удовлетворение физиологических потребностей птицы, но и создание условий для получения высокой продуктивности птиц, а также оптимизации условий содержания. Однако в процессе промышленного содержания сельскохозяйственной птицы, зачастую возникают различные стрессы, которые отрицательно влияют на уровень продуктивности и вызывают множество заболеваний, снижая экономическую эффективность производства продукции птицеводства. В этой связи, целью работы явилось изучение эффективности использования антистрессовой кормовой добавки в кормлении кур-несушек промышленного стада, исследование является актуальным и имеет практи-

ческое значение. **Объект исследования.** Объектом исследования стала сельскохозяйственная птица кросса «Хайсекс Браун». **Материалы и методы.** Исследования проводились в период с 2018 по 2020 гг., в условиях НИЦ безопасности и эффективности использования кормов и добавок ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. При постановке научно-хозяйственного опыта были использованы классические и современные методики проведения эксперимента. Полученные в ходе выполнения эксперимента результаты обработаны биометрическим методом вариационной статистики с использованием программного пакета Microsoft Office. **Результаты и выводы.** Применение антистрессовой добавки в рационе кур-несушек способствовало повышению коэффициентов переваримости питательных веществ: сухого вещества – на 2,08 %, органического вещества – на 2,62 %, сырого протеина – на 2,32 %, сырого жира – на 2,91 %, сырой клетчатки – на 1,84 %, по сравнению с птицей из контрольной группы. Баланс кальция и фосфора был положительным во всех группах, однако использование кальция и фосфора от принятого было также выше в опытной группе и превосходило показатель контроля: по использованию кальция – на 0,61 %, фосфора – на 2,76 %.

Ключевые слова: *рационы кур-несушек, кормление кур-несушек, стрессы в птицеводстве, антистрессовые кормовые добавки.*

Цитирование. Даниленко И. Ю., Николаев С. И., Корнилова Е. В., Шаповалов С. О., Имангалиев А. Д. Переваримость питательных веществ комбикорма у кур-несушек при использовании антистрессовой добавки. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 246-253. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-26.

Авторский вклад. В проведении данных исследований авторы формулировали основную концепцию исследования, проводили анализ полученных результатов, участвовали в обсуждении материалов статьи.

Конфликт интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Введение. Увеличение объёмов производства высококачественной продукции птицеводства, в том числе куриных яиц, остается первостепенной задачей для агропромышленного комплекса РФ [1, 2, 3, 5]. Однако темпы роста производства продукции сдерживаются из-за ряда негативных факторов, основным из них считается неполноценное кормление высокопродуктивной птицы. Развитие отечественного птицеводства является одной из основных стратегических задач в рамках развития всего аграрно-промышленного комплекса России не только за последние годы, но и в перспективе до 2025-2030 гг. Продвижение в этом направлении неразрывно связано с производством высококачественных комбинированных кормов для тех видов сельскохозяйственной птицы, которые традиционно выращиваются в нашей стране.

На сегодняшний день основным фактором, лежащим в основе технологических процессов в промышленном птицеводстве, остается использование рационов, которые сбалансированы по всем необходимым питательным и биологически активным веществам, обеспечивая не только удовлетворение физиологических потребностей птицы, но и создание условий для получения высокой продуктивности птиц, а также оптимизации условий содержания [4, 6].

Необходимо отметить, что в процессе промышленного содержания сельскохозяйственной птицы зачастую возникают различные стрессы, которые отрицательно влияют на уровень продуктивности и вызывают множество заболеваний [8, 11].

В этой связи целью работы явилось изучение эффективности использования антистрессовой кормовой добавки в кормлении кур-несушек промышленного стада.

Объект исследования. Объектом исследования стала сельскохозяйственная птица кросса «Хайсекс Браун».

Материалы и методы. Осуществление опыта проводили на птице яичного кросса «Хайсекс Браун» на базе научно-исследовательского центра ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ с клеточной технологией содержания. Птицу в произвольном порядке группировали на следующие группы (контроль и опыт), в каждой из них находилось по 125 голов. Длительность опыта 52 недели.

Птице, входящей в группу контроля, скормливали стандартный комбикорм. Дополнительно к основному рациону птица опытной группы получала антистрессовую добавку «Фид-Фуд Меджик Антистресс Микс» – 0,05 % на тонну комбикорма (таблица 1).

Таблица 1 – Схема постановки эксперимента

Table 1 – The scheme of setting up the experiment

Группа / Group	Условия кормления птицы / Poultry feeding conditions
Контрольная / Control	Основной рацион / Basic diet
Опытная / Experimental	Фид-Фуд Меджик Антистресс Микс (500 г/т корма) / Feed-Food Magic Antistress Mix (500 g/t of feed)

Следует отметить, что условия содержания и кормления птицы всех групп были идентичными и соответствовали рекомендациям ВНИТИП.

Результаты и обсуждение. Основой успешного промышленного содержания кур яичного кросса считается использование высокопродуктивной птицы, новейших технологий содержания и кормления. Однако зачастую реализовать высокий генетический потенциал кур-несушек не удается из-за низкой продуктивности птицы и высокого падежа поголовья, вызванного регулярным действием стрессов [7].

Сельскохозяйственная птица ежедневно испытывает стресс из-за различных факторов: изменений рациона или качества его составляющих, перепадов температур, болезней, физических нагрузок и транспортировки [9]. Общеизвестно, что в дальнейшем это отражается на зоотехнических показателях, в том числе и на ухудшении переваримости и использовании питательных веществ кормов. При сильном стрессе они непременно ухудшаются, как и состояние здоровья животных [10].

Фармакологическая профилактика стрессов позволяет подготовить организм птицы к воздействию стрессоров и в дальнейшем способствует повышению резистентности и продуктивности птицы.

С целью определения влияния антистрессовой добавки на переваримость и использование минеральных веществ комбикорма опытной птицей были проведены физиологические исследования. Учет потребленного корма и выделенного помета вели индивидуально по каждой особи (таблица 2).

У кур-несушек контрольной группы коэффициент переваримости сухого вещества достиг уровня 72,18 %, в то время как в опытной данный показатель превосходил контрольную группу на 2,08 % и составил 74,26 %.

Оценка переваримости органического вещества показала превосходство опытной группы над контролем по изучаемому показателю на 2,62 %.

Исследование уровня переваримости сырого протеина свидетельствует об улучшении усвоения белка организмом птицы, получавшей антистрессовую добавку, на 2,32 %.

Считается, что клетчатка поддерживает равновесие микрофлоры кишечника, оказывает стимулирующее воздействие на моторику пищеварительного тракта, являясь естественным сорбентом, впитывает в себя токсические вещества и обеспечивает нормальное пищеварение и усвоение питательных веществ корма. Результаты эксперимента свидетельствуют об улучшении усвоения клетчатки птицей опытной группой на 1,84 %.

Тенденция к улучшению переваримости питательных веществ при введении в рацион яйценоской птицы 0,05 % антистрессовой добавки от массы комбикорма наблюдается и при исследовании коэффициента переваримости сырого жира.

Наиболее значимыми микроэлементами в рационах птицы яичного направления продуктивности считаются фосфор и кальций. Они участвуют в образовании костной ткани, в промежуточном метаболизме.

Таблица 2 – Переваримость питательных и использование минеральных веществ комбикорма у кур-несушек при использовании антистрессовой добавки

Table 1 – The digestibility of nutrients and the use of mineral substances of compound feed in laying hens when using an anti-stress additive

Коэффициент / Coefficient	Группа / Group	
	Контрольная / Control	Опытная / Experimental
Переваримости сухого вещества, % / Digestibility of dry matter, %	72,18 ± 3,25	74,26 ± 2,98
Переваримости органического вещества, % / Digestibility of organic matter, %	75,77 ± 3,03	78,39 ± 2,25
Переваримости сырого протеина, % / Digestibility of crude protein, %	85,99 ± 2,31	88,31 ± 2,02
Переваримости сырой клетчатки, % / Digestibility of crude fiber, %	19,15 ± 0,85	20,99 ± 1,08
Переваримости сырого жира, % / Digestibility of crude fat, %	92,88 ± 2,99	95,79 ± 2,53
Баланс и использование кальция / Balance and use of calcium		
Баланс / Balance	2,287 ± 0,12	2,309 ± 0,09
Использование кальция от принятого, % / Calcium used from accepted, %	54,43 ± 0,28	55,04 ± 0,21
Баланс и использование фосфора / Balance and use of phosphorus		
Баланс / Balance	0,287 ± 0,07	0,302 ± 0,03
Использование фосфора от принятого, % / Phosphorus used from accepted, %	40,94 ± 0,19	43,70 ± 0,23

В наших исследованиях установлено улучшение использования кальция, полученного птицей опытной группы из рациона, на 0,61 % (рисунок 1).

Баланс кальция у птиц контрольной и опытной групп был положительным, однако в опытной группе он был на 0,96 % выше.

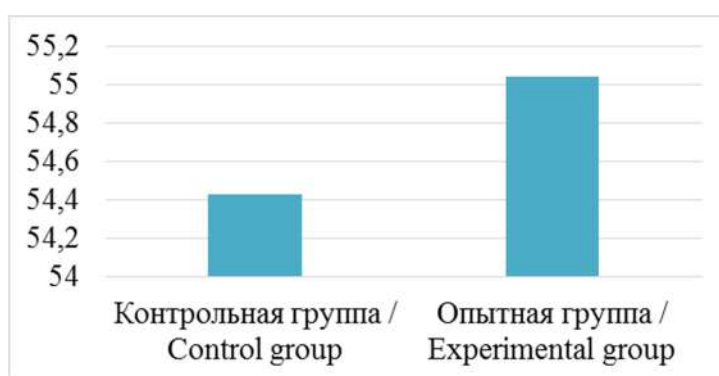


Рисунок 1 – Использовано кальция от принятого, %

Figure 1 – Calcium used from accepted, %

В ходе постановки балансового опыта было определено лучшее использование фосфора от принятого курами-несушками опытной группы. Так, использование фосфора от принятого в контрольной группе составило 40,94 %, а опытной 43,70 %, что на 2,76 % выше при сравнении с контрольной группой несушек (рисунок 2).

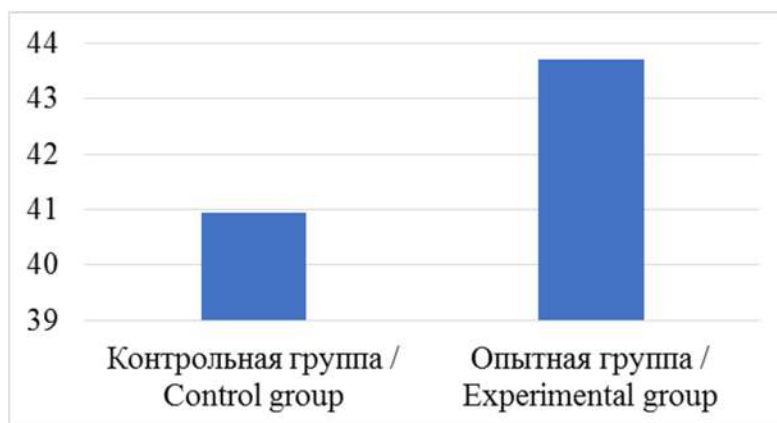


Рисунок 2 – Использовано фосфора от принятого подопытными курами-несушками, %

Figure 2 – Phosphorus used from accepted by experimental laying hens, %

Следует отметить, что баланс фосфора во всех группах был положительным, однако у птицы опытной группы он превосходил показатель контроля на 0,015 г или 5,23 %, составив при этом 0,302 г против 0,287 г.

Выводы. Данные, полученные в ходе проведенных исследований, позволяют сделать вывод, что введение в рацион несушек антистрессового препарата оказывает благоприятное воздействие на переваримость питательных веществ рациона. В результате опыта было установлено, что куры-несушки опытных групп лучше усваивали минеральные вещества корма в сравнении с контрольной группой. Баланс кальция и фосфора в опытных группах был положительным. При положительном балансе происходит накопление минеральных веществ корма в организме птицы.

Библиографический список

1. Зоотехнические показатели сельскохозяйственной птицы при использовании биологически активной добавки / В. В. Шкаленко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 283-289.
2. Леткин А. И., Мунгин В. В., Гибалкина Н. И. Научно-практические аспекты применения препарата "генезис" курам-несушкам // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 9 (179). С. 115-119.
3. Околелова Т. М., Енгашев С. В., Салгереев С. М. Стрессы и их профилактика в промышленном птицеводстве // Эффективное животноводство. 2021. № 3(169).
4. Перспективы использования функциональной добавки для повышения адаптационных возможностей организма / Е. В. Кузьминова, М. П. Семененко, И. С. Жолобова [и др.] // Ветеринария и кормление. 2018. № 6. С. 19-20.
5. Шацких Е. В., Сурай П. Ф., Латыпова Е. Н. Применение препаратов "Витаминоацита" и "Меджик антистресс микса" для стимуляции обменных процессов и улучшения морфобиологических свойств крови яичной птицы // Вестник биотехнологии. 2015. № 1 (3). С. 8.
6. Эффективность использования антистрессовой кормовой добавки в яичном птицеводстве / М. И. Сложенкина, И. Ф. Горлов, А. А. Мосолов [и др.] // Птица и птицепродукты. 2021. № 2. С. 36-38.
7. Duqué B. Quantification of *Campylobacter jejuni* gene expression after successive stresses mimicking poultry slaughtering steps // Food Microbiology. 2021. V. 98. P. 103795.
8. Glaskovich M. A. Preventive treatment of technologic stresses in broiler poultry during application in diets of ecologically pure agents // Proceedings of the Educational Institution Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine: Academic and Research Journal. 2009.
9. Panda S. Structural and functional characterisation of heat shock proteins in livestock and poultry: a computational approach. Orissa University of Agriculture and Technology, Bhubaneswar.

10. Rezaei Sinaki M. The effect of using vitamins on heat stress condition in poultry // Professional Journal of Domestic. 2020. V. 20. №. 1. P. 41-45.

11. Soltan M. E., Enab A. A., Fiky A. A. E. Effect of cold and heat stresses on some physiological traits in chickens // Menoufia Journal of Animal Poultry and Fish Production. 2017. V. 1. №. 3. P. 25-26.

Conclusions. The data obtained in the course of the conducted studies allow us to conclude that the introduction of an anti-stress additive into the diet of laying hens has a favorable effect on the digestibility of nutrients in the diet. As a result of the experiment, it was found that the laying hens of the experimental groups absorbed the minerals of the feed better in comparison with the control group. The balance of calcium and phosphorus in the experimental groups was positive. With a positive balance, the accumulation of mineral substances of feed in the bird's body occurs.

References

1. Zootehnicheskie pokazateli sel'skohozyajstvennoj pticy pri ispol'zovanii biologicheskii aktivnoj dobavki / V. V. Shkalenko [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2021. № 2 (62). P. 283-289.

2. Letkin A. I., Mungin V. V., Gibalkina N. I. Nauchno-prakticheskie aspekty primeneniya preparata "genezis" kuram-nesushkam // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 9 (179). P. 115-119.

3. Okolelova T. M., Engashev S. V., Salgereev S. M. Stressy i ih profilaktika v promyshlennom pticevodstve // Jefferktivnoe zhivotnovodstvo. 2021. № 3(169).

4. Perspektivy ispol'zovaniya funkcional'noj dobavki dlya povysheniya adaptacionnyh vozmozhnostej organizma / E. V. Kuz'minova, M. P. Semenenko, I. S. Zholobova [i dr.] // Veterinariya i kormlenie. 2018. № 6. P. 19-20.

5. Shackih E. V., Suraj P. F., Latypova E. N. Primenenie preparatov "Vitaminsy" i "Medzhik antistress miksa" dlya stimulyatsii obmennyyh processov i uluchsheniya morfobiologicheskikh svoystv krovi yaichnoj pticy // Vestnik biotekhnologii. 2015. № 1 (3). P. 8.

6. Jefferktivnost' ispol'zovaniya antistressovoy kormovoy dobavki v yaichnom pticevodstve / M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, A. A. Mosolov [i dr.] // Ptica i pticeprodukty. 2021. № 2. S. 36-38.7. Duqué B. Quantification of Campylobacter jejuni gene expression after successive stresses mimicking poultry slaughtering steps // Food Microbiology. 2021. V. 98. P. 103795.

8. Glaskovich M. A. Preventive treatment of technologic stresses in broiler poultry during application in diets of ecologically pure agents // Proceedings of the Educational Institution Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine: Academic and Research Journal. 2009.

9. Panda S. Structural and functional characterisation of heat shock proteins in livestock and poultry: a computational approach. Orissa University of Agriculture and Technology, Bhubaneswar.

10. Rezaei Sinaki M. The effect of using vitamins on heat stress condition in poultry // Professional Journal of Domestic. 2020. V. 20. №. 1. P. 41-45.

11. Soltan M. E., Enab A. A., Fiky A. A. E. Effect of cold and heat stresses on some physiological traits in chickens // Menoufia Journal of Animal Poultry and Fish Production. 2017. V. 1. №. 3. P. 25-26.

Author's Information

Danilenko Irina Yurievna, Assistant of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: taranova_15@mail.ru

Nikolaev Sergey Ivanovich, Head of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Kornilova Elena Vyacheslavovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Direction of Testing the Quality of Feed and Animal Products, Scientific Research Center "Cherkizovo" (14 B, Yakovlevskoye village, Novofedorovskoye settlement, Troitsky administrative district, Moscow, 108805), e-mail: e. kornilova@cherkizovo.com

Shapovalov Sergey Olegovich, Doctor of Biological Sciences, Director of the Scientific Research Center "Cherkizovo" (14 B, Yakovlevskoye village, Novofedorovskoye settlement, Troitsky administrative district, Moscow, 108805), e-mail: s.shapovalov@cherkizovo.com

Imangaliev Azamat Dauletgalievich, postgraduate student of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com

Информация об авторах

Даниленко Ирина Юрьевна, ассистент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Корнилова Елена Вячеславовна, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель направления испытания качества кормов и продуктов животного происхождения ООО НИЦ «Черкизово» (108805, г. Москва, Троицкий АО, поселение Новофёдоровское, деревня Яковлевское, 14 Б), e-mail: e.kornilova@cherkizovo.com

Шановалов Сергей Олегович, доктор биологических наук, директор ООО НИЦ «Черкизово» (108805, г. Москва, Троицкий АО, поселение Новофёдоровское, деревня Яковлевское, 14 Б), e-mail: s.shanovarov@cherkizovo.com

Имангалиев Азамат Даулеткалиевич, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-27

EFFICIENCY OF USING CHICKPEA OF THE VOLGOGRAD SELECTION IN FEEDING PIGS

A. A. Martynov¹, V. V. Shkalenko¹, V. I. Vodyannikov¹,
S. I. Nikolaev¹, E. V. Kornilova²

¹ Volgograd State Agrarian University, Volgograd

² Scientific Research Center «Cherkizovo», Moscow

Received 10.09.2021

Submitted 22.11.2021

The work was carried out under a grant jointly with the Fund of Infrastructure and Educational Programs of RUSNANO Group "Nanotechnological methods of research of biogenic elements for optimizing the diets of farm animals and poultry"

Summary

The article presents the results of the development of waste-free technologies for processing chickpea seeds and the use of processed products in feeding pigs. The effectiveness of the use of Volgograd selection chickpeas in the diets of young pigs of the large white breed has been scientifically substantiated. The effect of the developed feed additives on the use of nitrogen, calcium and phosphorus by animals, as well as on the digestibility of feed is described.

Abstract

Introduction. Currently, Russian pig breeding is characterized by high growth rates, and the issue of providing this agricultural sector with high-quality, inexpensive feed, rich in protein and micronutrients, remains relevant. For the Volgograd region, one of the regional high-protein plant crops is chickpea. In the research carried out, drought-resistant varieties of chickpea of the Volgograd selection, such as *Privo 1* and *Volzhanin 50*, were used. **Object.** The objects of research are chickpea seeds, subject to industrial processing, as well as young pigs of the large white breed. **Materials and methods.** When carrying out the research, actual and modern zootechnical, physiological, and chemical methods of analysis were used. Balance experiments were carried out. When developing a technology for processing chickpea seeds, the software package «Aris» was used, which is used for modeling business processes. The developed model was tested both in laboratory conditions and through the implementation of scientific and economic experience at the Individual Entrepreneur «Soloviev D.V.» in the Dubovskiy district of the Volgograd region. The results were processed by the biometric method of variation statistics using the Microsoft Excel program. **Results and conclusions.** The use of chickpea struktate and chickpea struktate enriched instead of peas in pigs' diets has a positive effect on the as-

simulation and use of nutrients in the diet, as evidenced by the data obtained in the course of scientific and economic experience. The balance of nitrogen, calcium and phosphorus in animals of all experimental groups is positive, which indicates the course of intensive metabolic processes in the body of pigs. However, the increase in the studied indicators in the experimental groups confirms that the rations in these groups have a more complete ratio of the normalization indicators and are distinguished by a better assimilation ability, which has a favorable effect on obtaining a higher productivity.

Keywords: chickpea, chickpea structure, enriched chickpea structure, pigs, large white pigs, Privo 1, Volzhanin 50, digestibility, assimilability.

Citation. Martynov A.A., Shkalenko V.V., Vodyannikov V.I., Nikolaev S.I., Kornilova E.V. Efficiency of using chickpea of the Volgograd selection in feeding pigs. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 253-266 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-27.

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

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

УДК 636.033

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НУТА ВОЛГОГРАДСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В КОРМЛЕНИИ СВИНЕЙ

А. А. Мартынов¹, аспирант

В. В. Шкаленко¹, доктор биологических наук, доцент

В. И. Водяников¹, доктор биологических наук, профессор

С. И. Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е. В. Корнилова², кандидат сельскохозяйственных наук

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²НИЦ «Черкизово», г. Москва, Россия

Дата поступления в редакцию 10.09.2021

Дата принятия к печати 22.11.2021

Работа выполнена по гранту совместно с ФИОП РОСНАНО

**«Нанотехнологические методы исследований биогенных элементов для оптимизации
рационов сельскохозяйственных животных и птиц»**

Актуальность. В настоящее время российское свиноводство характеризуется высокими темпами роста, и вопрос обеспечения этой отрасли сельского хозяйства высококачественными недорогими кормами, богатыми белком и микронутриентами, остается актуальным. Для Волгоградской области одной из региональных высокобелковых растительных культур является нут. В осуществленном исследовании использованы засухоустойчивые сорта нута волгоградской селекции, такие как Приво 1 и Волжанин 50. **Объект.** Объектами исследований являются семена нута, подлежащие промышленной переработке, а также молодняк свиней породы крупная белая. **Материалы и методы.** При выполнении исследования применены актуальные и современные зоотехнические, физиологические, химические методы анализа. Выполнены балансовые опыты. При разработке технологии переработки семян нута использован программный пакет «Арис», применяемый для моделирования бизнес-процессов. Разработанная модель прошла апробацию как в лабораторных условиях, так и путем осуществления научно-хозяйственного опыта на предприятии ИП Соловьев Д. В. в Дубовском районе Волгоградской области. Результаты обработаны биометрическим методом вариационной статистики при использовании программы «Microsoft Excel». **Результаты и выводы.** Использование структурата нутевого и структурата нутевого обогащенного взамен гороха в рационах свиней положительно отражается на усвоении и использовании питательных веществ рациона, о чем свидетельствуют данные, полученные в ходе проведения научно-хозяйственного опыта. Баланс азота, кальция и фосфора у животных всех подопытных групп положительный, что свидетельствует о течении интенсивных процессов обмена веществ в организме свиней. Однако увеличение изучаемых показателей в опытных

группах подтверждает, что рационы в этих группах имеют более полноценное соотношение показателей нормирования и отличаются лучшей способностью к усвоению, что благоприятно отражается на получении более высокой продуктивности.

Ключевые слова: нут волгоградской селекции, структурат нутовый, структурат нутовый обогащенный, рационы свиней, крупная белая порода свиней, Приво 1, Волжанин 50.

Цитирование. Мартынов А. А., Шкаленко В. В., Водяников В. И., Николаев С. И., Корнилова Е. В. Эффективность использования нута волгоградской селекции в кормлении свиней. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 253-266. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-27.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время свиноводство характеризуется высокими темпами роста поголовья, практически полным обеспечением продукцией внутреннего рынка и значительной вовлеченностью в решение проблемы обеспечения продовольственной безопасности России [7]. Поскольку эффективность функционирования свиноводческих предприятий напрямую зависит от стоимости и качества кормов, негативное воздействие на их развитие оказывают кризисные явления в мировой экономике, последствия пандемии коронавирусной инфекции и действующих в отношении Российской Федерации санкций. В условиях действия перечисленных негативных факторов особое место в кормовой промышленности занимают высокобелковые растительные компоненты, изготовленные с использованием регионального сырья.

Для климатических условий Волгоградской области одной из наиболее перспективных культур, отличающихся высоким содержанием белка, является нут. Вопросами переработки семян нута для использования в пищевой и кормовой промышленности занимались такие ученые, как В. Н. Храмова, В. А. Долгова, Н. В. Аникеева, Е. А. Селезнева, Я. И. Храмова, М. И. Сложенкина, И. Ф. Горлов, Ю. Н. Нелепов, Е. Ю. Злобина, Ю. В. Стародубова и другие. Н. В. Аникеевой доказана возможность устранения антипитательных веществ нута при гидротермической обработке.

Так как нут обладает способностью аккумулировать селен в виде селенметионина, обеспечивается возможность обогащения продуктов его переработки биодоступной органической формой селена. Поскольку Волгоградская область является эндемичной по йодному дефициту, а население Российской Федерации в целом в значительной степени подвержено сочетанному дефициту йода и селена, обогащение продуктов питания указанными микронутриентами остается приоритетным направлением.

В настоящее время создано большое количество сортов нута. В Волгоградской области разрабатывались среднесеменные сорта, такие как Волгоградский 10 и Приво 1, и крупносеменные – Волжанин 50. В последние годы возрос интерес к сортам с более крупным зерном. В комплексе мероприятий, направленных на повышение урожайности сельскохозяйственных культур, важное место принадлежит использованию высокоурожайных сортов, приспособленных к местным почвенно-климатическим условиям. К ним относят Волжанин 50.

Существующие на сегодняшний день технологии переработки нута имеют ряд общих недостатков, таких как высокая стоимость и наличие производственных отходов (Пат. 2629995 Российская Федерация, МПК A23L 11/00. Способ переработки нутевого сырья). В связи с этим задача разработки безотходных технологий переработки нутевого сырья для использования в кормовой промышленности является актуальной.

Цель работы состоит в научном обосновании и практической реализации инновационных технологий переработки нута волгоградской селекции с последующей оценкой эффективности использования полученных продуктов переработки в кормлении свиней.

Материалы и методы. Исследования основаны на научных работах отечественных и зарубежных авторов [11, 12]. Научно-хозяйственный опыт осуществлен на базе предприятия ИП Соловьев Д. В. [3]. В качестве растительного сырья для исследований использованы нуттовые семена сортов Приво 1 и Волжанин 50, полученные от волгоградского поставщика ООО «АК(Ф)Х «Кузнецовская» [5]. В научно-исследовательской работе применены зоотехнические, физиологические, химические методы.

Для проведения научно-хозяйственного опыта сформированы три группы поросят породы крупная белая по 25 голов в каждой в возрасте два месяца. Подопытные группы молодняка свиней сформированы по принципу пар-аналогов. Рационы были составлены в соответствии с нормами кормления (А. П. Калашников и др.) и периодически пересматривались в зависимости от возраста, живой массы и интенсивности роста.

В период подготовки все животные получали основной рацион – полнорационный комбикорм СК-5, в состав которого входил горох. В переходный период контрольная группа свиней получала основной рацион, в то время как животных из опытных групп приучали к рационам № 1 и 2, в которых горох был заменен на продукты переработки нута – структурат нуттовый и структурат нуттовый обогащенный соответственно в количестве 15-18 %. Контрольной группе свиней в главный период научно-хозяйственного опыта скармливали основной рацион – полнорационный комбикорм (СК-5, СК-6, СК-7), а животным из I опытной группы скармливали рацион № 1, II опытной группы – рацион № 2.

Результаты обработаны биометрическим методом вариационной статистики при использовании программы «Microsoft Excel». Для моделирования процессов переработки нута в исследовании использовался программный продукт для моделирования бизнес-процессов ARIS и диаграммы Extended Event Driven Process Chain (eEPC) [8].

Результаты и обсуждение. Разработанные способы переработки нута, в результате реализации которых получены структурат нуттовый и структурат нуттовый обогащенный, представлены на рисунках 1 и 2 соответственно [1, 4, 9, 10].

Разработанные технологии переработки нута предполагают комплексную переработку сырья и отсутствие производственных отходов. За счет многократной экстракции достигается более полное извлечение белков. Процесс дезинфекции путем замачивания семян в растворе перманганата калия и обработки их УФ-излучением способствует снижению риска микробной обсемененности исходного сырья. Поскольку разработанный бизнес-процесс исключает стадию сублимационной сушки, снижаются затраты [10]. Полученная в результате технологического процесса жидкая фракция, названная белково-углеводный комплекс (БУК), может использоваться в технологии продуктов из мяса, а твердая фракция – структурат нуттовый – в кормлении сельскохозяйственных животных, в частности свиней.

Исследования по изучению динамики живой массы подопытного молодняка свиней в научно-хозяйственном опыте проведены при постановке животных на опыт, в конце доращивания, в конце первой фазы откорма и в конце опыта. Рационы свиней составлены в соответствии со схемой, описанной выше при рассмотрении методики эксперимента [2, 6]. Данные исследований динамики живой массы подопытных животных отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика живой массы подопытных свиней

Table 1 – Dynamics of live weight of experimental pigs

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	Контрольная / Control	I опытная / I experimental	II опытная / II experimental
Живая масса, кг / Live weight, kg:			
при постановке на опыт / when setting up for experience	20,3 ± 0,22	20,4 ± 0,24	20,2 ± 0,19
в конце дорастивания / at the end of growing	38,2 ± 0,61	39,0 ± 0,57	40,5 ± 0,63*
в конце первой фазы откорма / at the end of first phase of fattening	66,4 ± 0,69	70,1 ± 1,01***	73,6 ± 0,85***
в конце опыта / at the end of the experience	110,6 ± 1,55	115,1 ± 1,62	119,2 ± 1,74***
Возраст достижения убойной массы, дней / Age of reaching the slaughter mass, days	219	212	210

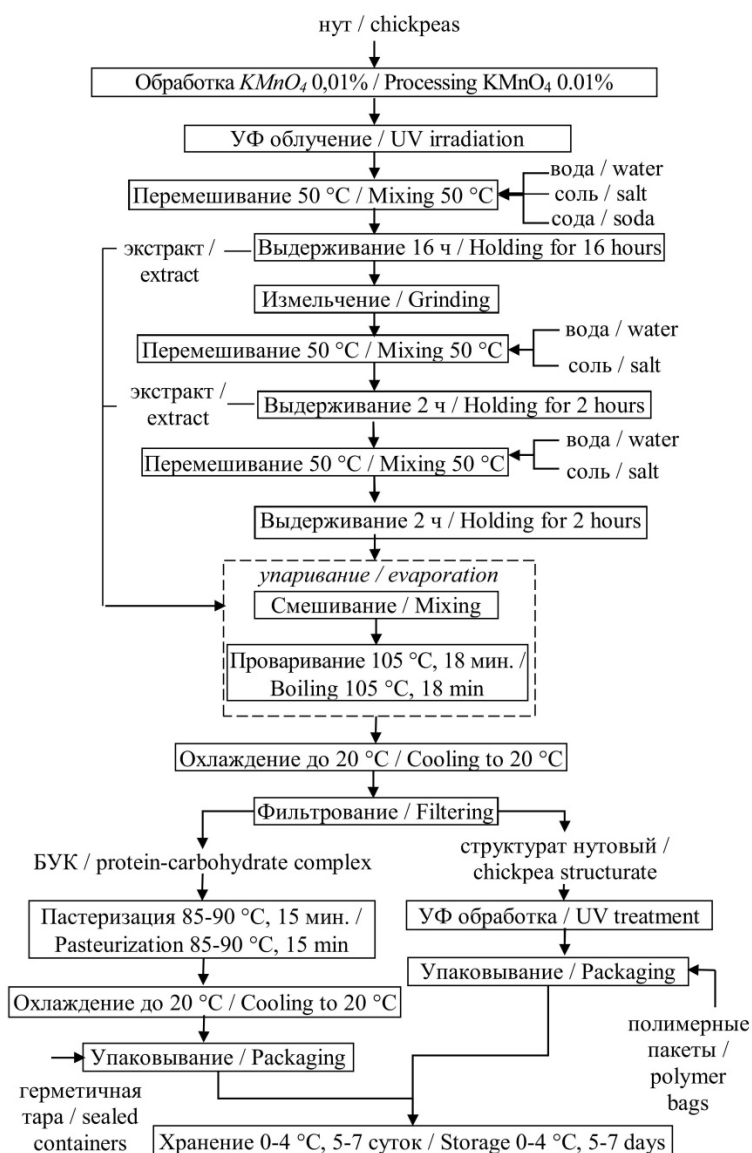


Рисунок 1 – Технологическая схема изготовления структурата нутового

Figure 1 – Technological scheme for the manufacture of chickpea structurate

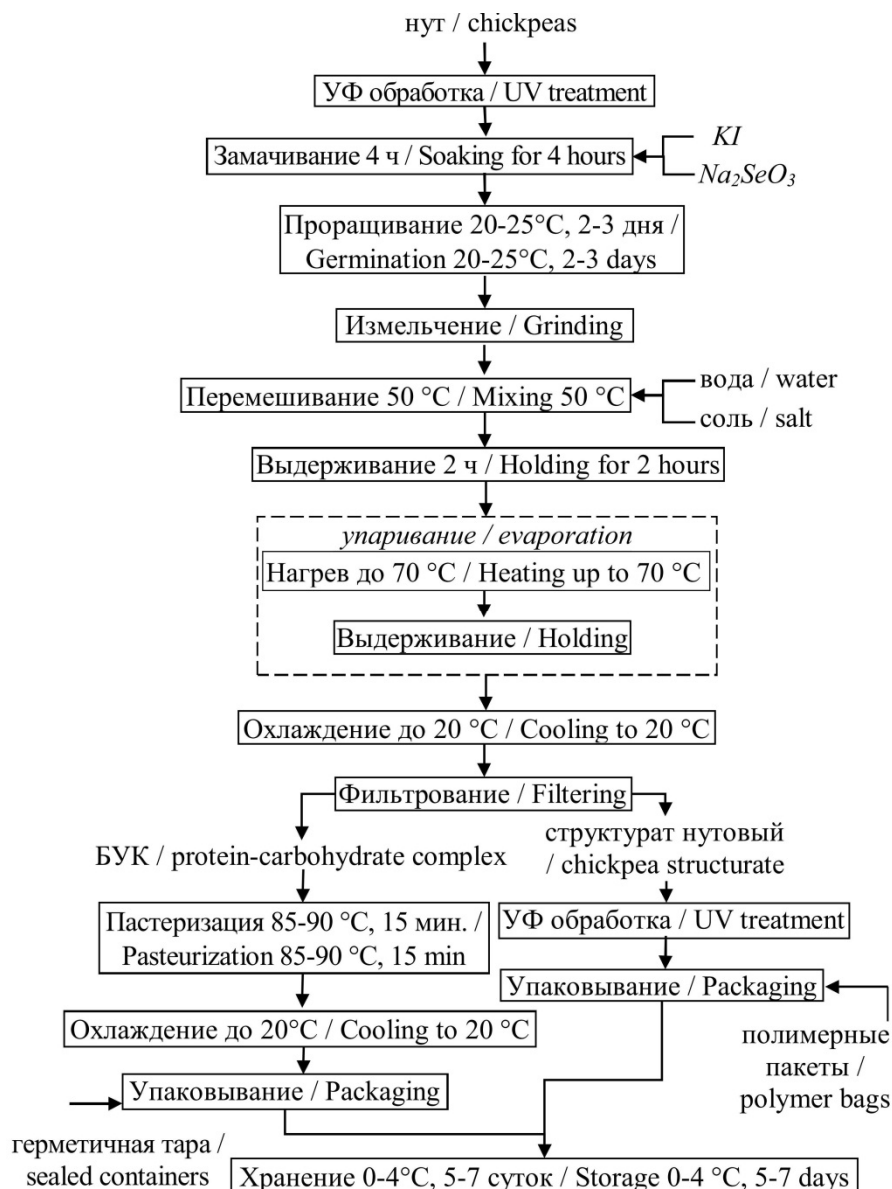


Рисунок 2 – Технологическая схема изготовления структурата нутового обогащенного

Figure 2 – Technological scheme for the manufacture of enriched chickpea structurate

Живая масса животных контрольной группы в конце первой фазы откорма составила 66,4 кг, в I опытной – 70,1 кг, что было выше на 3,7 кг в сравнении с аналогами из контроля, во II опытной – 73,6 кг, превысив показатель контроля на 7,2 кг.

К концу проведения научно-хозяйственного опыта живая масса свиней контрольной группы достигла показателя 110,6 кг, что ниже в сравнении с I опытной на 4,5 кг, а со II опытной – на 8,6 кг. При этом указанный показатель в I опытной группе составил 115,1 кг, а во II опытной – 119,2 кг.

Следует отметить, что частичная замена зерна гороха на нут способствовала сокращению возраста достижения убойной массы животных. Так, возраст достижения убойной массы в контрольной группе составил 219 дней, в I опытной – 212 дней, что меньше на 7 дней, а во II опытной – 210 дней, и был меньше на 9 дней в сравнении с контрольной группой.

Для характеристики особенностей развития молодняка, оценки его собственной продуктивности, отбора лучших животных по энергии роста, большое значение имеют показатели среднесуточного и абсолютного приростов, результаты определения которых в научно-хозяйственном опыте приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели приростов подопытных свиней, кг

Table 2 – Indicators of gains in experimental pigs, kg

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	Контрольная / Control	I опытная / I experimental	II опытная / II experimental
Прирост на дорастивании (34 дня) / Growth on rearing (34 days):			
абсолютный / absolute	17,898 ± 0,27	18,600 ± 0,25	20,300 ± 0,22***
среднесуточный / average daily	0,526 ± 0,009	0,547 ± 0,009	0,597 ± 0,010***
Прирост за первую фазу откорма (40 дней) / Growth during the first phase of fattening (40 days):			
абсолютный / absolute	28,2 ± 1,76	31,1 ± 1,65	33,1 ± 1,77
среднесуточный / average daily	0,705 ± 0,008	0,778 ± 0,008***	0,827 ± 0,009***
Прирост за вторую фазу откорма (62 дня) / Growth during the second phase of fattening (62 days):			
абсолютный / absolute	44,2 ± 0,99	45,0 ± 1,13	45,6 ± 1,00
среднесуточный / average daily	0,713 ± 0,007	0,726 ± 0,009	0,735 ± 0,008
В среднем за период проведения научно-хозяйственного опыта (136 дней) / On average, during the period of scientific and economic experience (136 days):			
абсолютный / absolute	90,3 ± 1,53	94,7 ± 1,77	99,00 ± 1,64***
среднесуточный / average daily	0,664 ± 0,011	0,696 ± 0,011	0,728 ± 0,011***

Исследованиями установлено, что на протяжении научно-хозяйственного опыта животные I и II опытных групп отличались более интенсивной динамикой роста, о чем свидетельствуют данные, полученные при расчете таких показателей, как абсолютный и среднесуточный приросты.

Доказано, что введение в рацион подопытного поголовья молодняка свиней структурата нутового и структурата нутового обогащенного способствовало улучшению показателей живой массы. Так, абсолютный прирост живой массы в контрольной группе молодняка в период дорастивания, который составил 34 дня, в контрольной группе составил 17,898 кг, в I опытной – 18,6 кг, что на 0,702 кг (или 3,9 %) выше, в сравнении с контролем, во II опытной – 20,3 кг, что превосходит контрольную группу на 2,4 кг (или 13,4 %).

Среднесуточный прирост за данный период составил 0,526 кг в контрольной группе, 0,547 кг в I опытной группе и 0,597 кг во II опытной группе. Разница с контролем в пользу опытной была, соответственно, 0,021 кг и 0,071 кг.

Абсолютный прирост живой массы свиней за первую фазу откорма составил в контрольной группе 44,2 кг, в I опытной – 31,1 кг, что на 2,9 кг выше, чем в контроле, во II опытной – 33,1 кг, превзойдя контроль на 4,9 кг. При этом среднесуточный прирост в данной фазе находился на уровне 0,705 кг в контрольной группе, 0,778 кг в I опытной и 0,827 кг во II опытной группе.

Среднесуточный прирост за вторую фазу откорма составил 0,713 кг в контрольной группе, 0,726 кг в I опытной группе и 0,735 кг у молодняка II опытной группы. Увеличение среднесуточного прироста свиней опытных групп благоприятно отразилось на показателе абсолютного прироста в конце второй фазы откорма. Так, абсолютный прирост живой массы за вторую фазу откорма составил в контрольной группе 44,2 кг, в I опытной – 45,0 кг, что на 0,8 кг было больше, во II опытной – 45,6 кг, что превосходит полученный показатель контроля на 1,4 кг.

Следует отметить, что при расчете данных показателей за период проведения научно-хозяйственного опыта была сохранена тенденция улучшения показателей приростов подопытных животных в пользу свиней из опытных групп.

Для определения степени влияния нута волгоградской селекции на переваримость питательных веществ корма проведен физиологический опыт. Исследования по изучению коэффициентов переваримости питательных веществ рациона подопытных свиней представлены на рисунке 3.

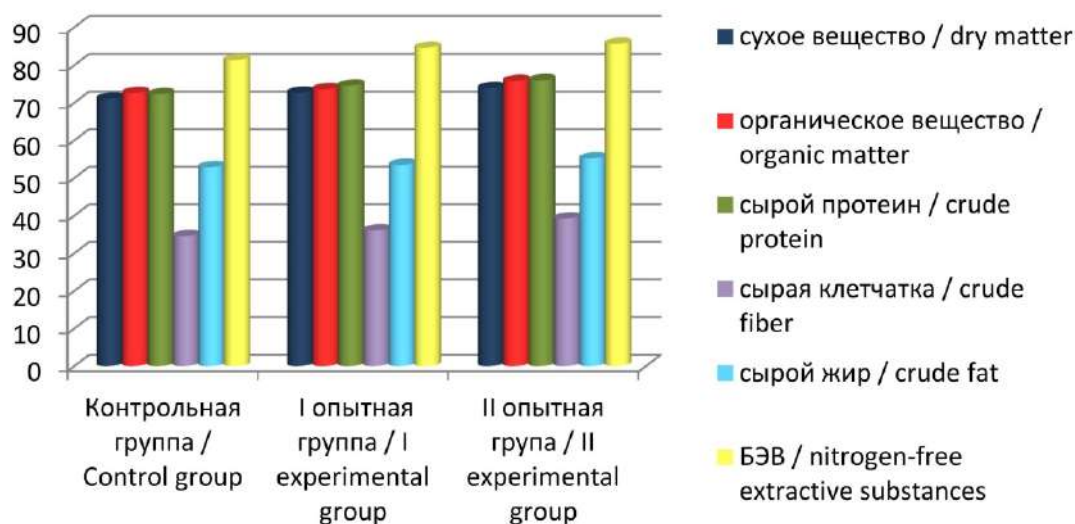


Рисунок 3 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов, %

Figure 3 - Coefficients of digestibility of nutrients in diets, %

Коэффициент переваримости сухого вещества в контрольной группе составил 71,1 %, в I опытной – 72,7 %, что на 1,6 % выше в сравнении с показателем контрольной группы, во II опытной – 73,9 %, что на 2,8 % выше аналогов из контроля.

Переваримость органического вещества в опытных группах была выше, о чем свидетельствуют полученные данные. Так, коэффициент переваримости органического вещества в контрольной группе составил 72,6 %, в I опытной – 73,6 %, во II опытной – 75,8 %. Разница с контролем в пользу опытных групп составила, соответственно 1,0 % и 3,2 %.

Введение структурата нутевого и структурата нутевого обогащенного в рационы свиней способствовало улучшению переваримости сырого протеина на 2,6 % в I опытной группе и 3,7 % во II опытной группе.

Переваримость сырой клетчатки и сырого жира также была несколько выше в опытных группах. Так, коэффициент переваримости сырой клетчатки в контрольной группе составил 34,6 %, сырого жира – 52,9 %, в I опытной – 36,1 % и 53,5 % соответственно, что выше в сравнении с контрольной группой на 1,5 % и 0,6 %, во II опытной – 39,3 % и 55,2 %, что превосходит аналогов из контрольной группы на 4,7 % и 2,9 %.

Таким образом, результаты обменного опыта показали, что замена гороха на структурат нутевого и структурат нутевого обогащенный в рационах молодняка свиней оказала положительное влияние на уровень переваримости питательных веществ. Следует отметить, что лучшей переваримостью отличались животные II опытной группы, в рационе которых был включен структурат нутевого обогащенный взамен зерна гороха.

При частичной замене зерна гороха на структурат нутевого и структурат нутевого обогащенный наблюдалась положительная динамика отложения азота в теле молодняка свиней. Диаграмма, характеризующая использование азота у подопытных животных, представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Использовано азота от принятого, %

Figure 4 – Nitrogen used from the accepted, %

Согласно данным, полученным в ходе проведения научно-хозяйственного опыта, уровень выделенного азота в контрольной группе составил 15,00 г, в I опытной – 13,27 г, что на 1,73 г меньше, во II опытной – 12,93 г, что на 2,07 г ниже, в сравнении с контрольной группой.

Отложение азота в теле контрольной группы молодняка свиней составило 27,21 г, в I опытной – 29,44 г, что на 2,23 г выше в сравнении с контрольной группой, во II опытной данный показатель находился на уровне 31,13 г, что превосходило контроль на 3,92 г.

Использование азота от принятого в контрольной группе составило 50,38 %, в I опытной 54,29 %, что больше, чем у свиней из контрольной группы на 3,91 %, во II опытной – 56,57 %, и было выше на 6,19 %, чем у животных контрольной группы.

Показатель использования азота от переваренного в контрольной группе составил 69,77 %, в I опытной – 71,89 %, что на 2,12 % выше, чем в контроле, во II опытной – 73,96 %, что превосходит контроль на 4,19 %.

Небольшое увеличение кальция в рационе подопытных свиней отразилось на его отложении в организме свиней I и II опытных групп.

Так, отложение кальция в теле свиней контрольной группы составило 8,50 г, в I опытной – 8,71 г, что на 0,21 г выше, чем в контрольной группе, во II опытной – 9,27, что превзошло контроль на 0,77 г.

Использование кальция от принятого в контрольной группе свиней находилось на уровне 40,24 %, I опытной – 40,79 %, что было выше, чем в контроле на 0,55 %, во II опытной – 43,12 %, что на 2,88 % больше, чем в контроле. Данные, характеризующие использование кальция у подопытных животных, представлены на рисунке 5.

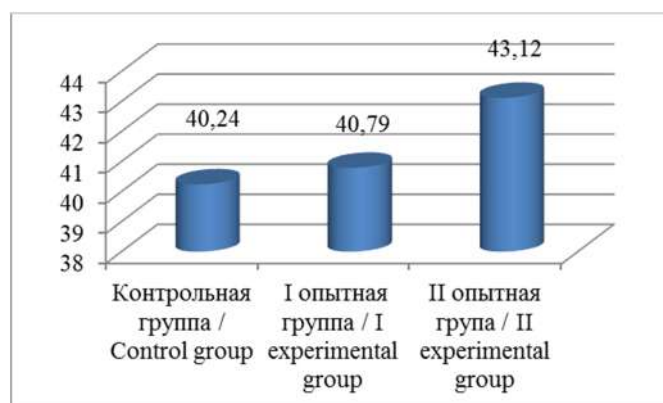


Рисунок 5 – Использовано кальция от принятого, %

Figure 5 – Calcium used from accepted, %

Таким образом, изучив и описав данные, которые были получены в ходе проведения опыта по изучению влияния ввода структурата нутового и структурата нутового обогащенного в рацион молодняка свиней на баланс и использования кальция организмом животных, можно сделать вывод, что, применяя структурат нутовый и структурат нутовый обогащенный в составе рациона, можно добиться лучших результатов по усвоению кальция и тем самым способствовать получению более высокого уровня продуктивности.

Данные, характеризующие использование фосфора у подопытных животных, представлены на рисунке 6. Использование фосфора от принятого в контрольной группе молодняка свиней I опытной группы составило 39,45 %, что выше, чем в контроле, на 4,76 %, во II опытной – 41,76 %, что больше, в сравнении с контрольной группой, на 7,07 %. В контрольной группе данный показатель составил 34,69 %.

Таким образом, замена гороха на структурат нутовый и структурат нутовый обогащенный положительно отразилась на усвоении и использовании питательных веществ рациона, о чем свидетельствуют данные, полученные в ходе проведения исследований.

Баланс азота, кальция и фосфора у животных всех подопытных групп положительный, что свидетельствует о течении интенсивных процессов обмена веществ в организме свиней. Однако увеличение изучаемых показателей в опытных группах подтверждает, что рационы в этих группах имеют более полноценное соотношение показателей нормирования и отличаются лучшей способностью к усвоению, что благоприятно отражается на получении более высокой продуктивности.



Рисунок 6 – Использовано фосфора от принятого, %

Figure 6 – Phosphorus used from the accepted, %

Выводы. В результате выполнения исследований разработано два безотходных способа переработки семян нута, один из которых запатентован (патент 2629995 Российская Федерация, МПК A23L11 / 00. Способ переработки нутового сырья). Доказана эффективность использования разработанных добавок в кормовой промышленности, в частности, в кормлении свиней.

Анализ материалов и полученных в научно-хозяйственном опыте данных позволяет сделать следующие выводы. Внесение в рацион молодняка свиней продуктов переработки семян нута волгоградской селекции, таких как структурат нутовый и структурат нутовый обогащенный, способствует интенсификации прироста живой массы за счет лучшего усвоения и использования питательных веществ рациона животными на откорме.

Коэффициент переваримости сухого вещества на 1,6 % и 2,8 % выше в I и II опытных группах соответственно по сравнению с контрольной. Аналогично в опытных группах выше коэффициент переваримости органического вещества. Разница с контролем в пользу

опытных групп составляет соответственно 1,0 % и 3,2 %. Введение структурата нутового и структурата нутового обогащенного в рационы свиней способствует улучшению переваримости сырого протеина на 2,6 % в I опытной группе и 3,7 % во II опытной группе. Переваримость сырой клетчатки и сырого жира также несколько выше в опытных группах.

Использование азота, кальция и фосфора от принятого также выше в опытных группах по сравнению с контрольной. Разница с контролем по использованию азота составляет 3,91 % в случае I опытной группы, 6,19 % – в случае II опытной группы. Отложено кальция в теле свиней I опытной группы на 0,21 г выше, чем в контрольной группе, во II опытной – на 0,77 г. Использование кальция от принятого в I опытной группе выше, чем в контроле на 0,55 %, во II опытной – на 2,88 %. Использование фосфора от принятого в контрольной группе молодняка свиней I опытной группы выше, чем в контроле на 4,76 %, во II опытной – на 7,07 %.

К концу проведения научно-хозяйственного опыта живая масса свиней контрольной группы достигла показателя 110,6 кг, что ниже в сравнении с I опытной на 4,5 кг, а со II опытной на 8,6 кг. При этом, данный показатель в I опытной группе составил 115,1 кг, а во II опытной – 119,2 кг.

Исследованиями установлено, что на протяжении научно-хозяйственного опыта животные I и II опытных групп отличались более интенсивной динамикой роста, о чем свидетельствуют данные, полученные при расчете таких показателей, как абсолютный и среднесуточный приросты.

За весь период опыта абсолютный прирост живой массы свиней контрольной группы составил 90,3 кг, в I опытной – 94,7 кг, что на 4,4 кг выше, во II опытной – 99,0 кг, что было достоверно выше, чем в контроле на 8,7 кг. При расчете среднесуточного прироста отмечают более высокие показатели роста в I и во II опытных группах в сравнении с контролем.

С целью повышения откормочных и мясных качеств молодняка свиней рекомендовано включать в рационы структурат нутовый обогащенный в количестве 15-18 %.

Библиографический список

1. Возможности использования продуктов переработки нутового сырья в колбасном производстве / В. Н. Храмова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 176-183.
2. Горлов И. Ф., Комлацкий Г. В., Херувимских Е. С. Использование кормовых добавок "мегаиммунно" и Гербафарм I в кормлении молодняка свиней // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 3. С. 37-50.
3. Использование в рационах кур-несушек кормовой добавки "Нутовит" / О. Д. Будтуева [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 237-243.
4. Николаев С. И., Шкаленко В. В. Влияние на продуктивность молодняка свиней канадской селекции органических микроэлементов нового поколения // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 1. С. 68-72.
5. Особенности роста и развития сортов нута волгоградской селекции на каштановых почвах Волгоградской области / В. В. Балашов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 36-45.
6. Свиначев И. Ю., Кремлева И. В., Шевченко А. В. Изучение воспроизводительных качеств линий свиней породы ландрас // Свиноводство. 2021. № 5. С. 40-48.
7. Сорокин В. С. Развитие рынка продукции животноводства в системе обеспечения продовольственной безопасности России // Агроинженерия. 2020. № 2 (96). С. 40-45.
8. Boukid F. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein as a prospective plant-based ingredient: a review // International Journal of Food Science & Technology. 2021.

9. Changes in the physiological status of agricultural animals and poultry under the influence of biologically active additives / S. I. Nikolaev [et al.] // *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2019. Vol. 7 (1). P. 100-105.

10. Rubio L. A., Peinad M. J. Replacement of soybean meal with lupin or chickpea seed meal in diets for fattening iberian pigs promotes a healthier ileal microbiota composition // *Advances in Microbiology*. 2014. Vol. 04(09). P. 498-503.

11. Wang L. F., Beltranena E., Zijlstra R. T. Feeding chickpea to weaned pigs // *Canadian Hog Journal*. 2018. P. 53-55.

12. Wang L. F., Beltranena E., Zijlstra R. T. Nutrient digestibility of chickpea in ileal-cannulated finisher pigs and diet nutrient digestibility and growth performance in weaned pigs fed chickpea-based diets // *Animal Feed Science and Technology*. 2017. Vol. 234. P. 205-216.

Conclusions. As a result of the research, two waste-free methods for processing chickpea seeds have been developed, one of which is patented (patent 2629995 Russian Federation. Method for processing chickpea raw materials). The effectiveness of the use of the developed additives in the feed industry, in particular, in feeding pigs, has been proven.

Analysis of materials and data obtained in scientific and economic experience allows us to draw the following conclusions. The introduction of Volgograd selection of chickpea seed processing products into the diet of young pigs, such as chickpea structurate and enriched chickpea structurate, contributes to the intensification of live weight gain due to better assimilation and use of dietary nutrients by fattening animals.

The coefficient of digestibility of dry matter is 1.6% and 2.8% higher in I and II experimental groups, respectively, compared with the control. Similarly, in the experimental groups, the coefficient of digestibility of organic matter is higher. The difference with the control in favor of the experimental groups is 1.0% and 3.2%, respectively. The introduction of chickpea structurate and enriched chickpea structurate in pigs' diets improves the digestibility of crude protein by 2.6% in experimental group I and 3.7% in experimental group II. The digestibility of crude fiber and crude fat is also slightly higher in the experimental groups.

The use of nitrogen, calcium and phosphorus from the accepted one is also higher in the experimental groups in comparison with the control. The difference with the control on the use of nitrogen is 3.91% in the case of the I experimental group, 6.19% - in the case of the II experimental group. The deposited calcium in the body of pigs in the I experimental group is 0.21 g higher than in the control group, in the II experimental group - by 0.77 g. The use of calcium from that taken in the I experimental group is higher than in the control by 0.55%, in II experimental - by 2.88%. The use of phosphorus from the young pigs of the I experimental group taken in the control group is higher than in the control by 4.76%, in the II experimental - by 7.07%.

By the end of the scientific and economic experiment, the live weight of pigs in the control group reached 110.6 kg, which is lower in comparison with experimental I by 4.5 kg, and with II experimental by 8.6 kg. At the same time, this indicator in experimental group I was 115.1 kg, and in experimental group II - 119.2 kg.

Studies have found that during the scientific and economic experience, the animals of the I and II experimental groups were distinguished by more intensive growth dynamics, as evidenced by the data obtained when calculating such indicators as absolute and average daily gains.

Over the entire period of the experiment, the absolute increase in live weight of pigs in the control group was 90.3 kg, in experimental I - 94.7 kg, which is 4.4 kg higher, in experimental II - 99.0 kg, which was significantly higher than in control by 8.7 kg. When calculating the average daily gain, there are higher growth rates in the I and II experimental groups in comparison with the control.

In order to improve the fattening and meat qualities of young pigs, it is recommended to include in the diets enriched chickpea structurate in an amount of 15-18%.

References

1. Vozможности ispol'zovaniya produktov pererabotki nutovogo syr'ya v kolbasnom proizvodstve / V. N. Hramova [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 4 (48). P. 176-183.
2. Gorlov I. F., Komlackij G. V., Heruvimskih E. S. Ispol'zovanie kormovykh dobavok "megastimimmuno" i Gerbafarm I v kormlenii molodnyaka svinej // Kormlenie sel'skohozyajstvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo. 2020. № 3. P. 37-50.
3. Ispol'zovanie v racionah kur-nesushek kormovoj dobavki "Nutovit" / O. D. Budtueva [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1 (49). p. 237-243.
4. Nikolaev S. I., Shkalenko V. V. Vliyanie na produktivnost' molodnyaka svinej kanadskoj selekcii organicheskikh mikroelementov novogo pokoleniya // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 1. P. 68-72.
5. Osobennosti rosta i razvitiya sortov nuta volgogradskoj selekcii na kashtanovykh pochvakh Volgogradskoj oblasti / V. V. Balashov [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2021. № 1 (61). P. 36-45.
6. Svinarev I. Yu., Kremleva I. V., Shevchenko A. V. Izuchenie vosproizvoditel'nykh kachestv linij svinej porody landras // Svinovodstvo. 2021. № 5. P. 40-48.
7. Sorokin V. S. Razvitie rynka produkcii zhivotnovodstva v sisteme obespecheniya proizvodstvennoj bezopasnosti Rossii // Agroinzheneriya. 2020. № 2 (96). P. 40-45.
8. Boukid F. Chickpea (Cicer arietinum L.) protein as a prospective plant-based ingredient: a review // International Journal of Food Science & Technology. 2021.
9. Changes in the physiological status of agricultural animals and poultry under the influence of biologically active additives / S. I. Nikolaev [et al.] // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Vol. 7 (1). P. 100-105.
10. Rubio L. A., Peinad M. J. Replacement of soybean meal with lupin or chickpea seed meal in diets for fattening iberian pigs promotes a healthier ileal microbiota composition // Advances in Microbiology. 2014. Vol. 04(09). P. 498-503.
11. Wang L. F., Beltranena E., Zijlstra R. T. Feeding chickpea to weaned pigs // Canadian Hog Journal. 2018. P. 53-55.
12. Wang L. F., Beltranena E., Zijlstra R. T. Nutrient digestibility of chickpea in ileal-cannulated finisher pigs and diet nutrient digestibility and growth performance in weaned pigs fed chickpea-based diets // Animal Feed Science and Technology. 2017. Vol. 234. P. 205-216.

Author's Information

Martynov Anton Andreevich, postgraduate student of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), tel.: +7(960)8856108, e-mail: martaa19944991@mail.ru

Shkalenko Vera Vladimirovna, Professor of the Department "Feeding and breeding of farm animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Vladimir Ivanovich Vodyannikov, Professor of the Department of "Private Animal Science" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Ave., Volgograd, 400002), Doctor of Biological Sciences, Professor, e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Nikolaev Sergey Ivanovich, Head of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Kornilova Elena Vyacheslavovna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Direction of Testing the Quality of Feed and Animal Products, Scientific Research Center "Cherkizovo" (14 B, Yakovlevskoye village, Novofedorovskoye settlement, Troitsky administrative district, Moscow, 108805), e-mail: e.kornilova@cherkizovo.com

Информация об авторах

Мартынов Антон Андреевич, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: martaa19944991@mail.ru

Шкаленко Вера Владимировна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор биологических наук, доцент, e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Водяников Владимир Иванович, профессор кафедры «Частная зоотехния» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор биологических наук, профессор, e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Корнилова Елена Вячеславовна, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель направления испытания качества кормов и продуктов животного происхождения ООО НИЦ «Черкизово» (108805, г. Москва, Троицкий АО, поселение Новофёдоровское, деревня Яковлевское, 14 Б), e-mail: e.kornilova@cherkizovo.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-28

THE EFFECT OF THE PROTEIN CONCENTRATE «AGRO-MATIK» ON THE DIGESTIBILITY AND USE OF NUTRIENTS BY YOUNG SHEEP

Y. V. Soshkin, A. K. Karapetyan, S. V. Chekhranova,
I. Y. Danilenko, K. S. Arstanov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 10.09.2021

Submitted 23.11.2021

The work was carried out under a grant jointly with the Fund of Infrastructure and Educational Programs of RUSNANO Group "Nanotechnological methods of research of biogenic elements for optimizing the diets of farm animals and poultry"

Summary

The article presents and describes the results of using the Agro-Matik protein concentrate in the diets of sheep grown for meat. The use of this protein concentrate in the composition of compound feed for young sheep contributed to an increase in the coefficients of digestibility of nutrients: dry matter – by 1.7 and 1.0 %, crude protein – by 1.5 and 1.2 %, crude fat – by 1.2 and 0.8 %, crude fiber – by 2.1 and 1.6 %, nitrogen-free extractives – by 1.7 and 1.4%, compared with animals of the control group. The nitrogen balance was positive in all groups, the use of nitrogen taken by the experimental sheep was higher in the experimental groups than in the control group by 1.82 and 1.50 %. The use of calcium and phosphorus by animals was also higher in the experimental groups, and exceeded the control indicator: for the use of calcium by 2.32-3.71 %, phosphorus by 3.42-4.27 %.

Abstract

Introduction. The existing need of the livestock industry for high-quality, high-grade products requires, instead of expensive feed means, the use of vegetable components of compound feed. Today, the Agro-Matik protein concentrate is a high-protein feed product, unique in its properties and price, free from various kinds of toxins, peroxides, pathogenic microflora, and having an extremely high digestibility in the body of farm animals. **Object.** The object of the study was the rams and uterus of the Volgograd breed. **Materials and methods.** The scientific and economic experience was carried out on sheep of the Volgograd breed in the conditions of a farm of the Sredneakhtubensky district of the Volgograd region. To conduct a scientific and economic experiment, 3 groups of newborn rams were formed on the principle of pairs of analogues, obtained by the method of industrial crossing of Volgograd ewes and Edilbaev breeds of rams-producers. The experimental rams were kept in a kennel sucked under their mothers. In the first days after birth, the newborn youngsters consumed the milk of their mothers and became accustomed to eating roughage and concentrated feed. After the rams were taught to coarse and concentrated feed, they were grazed on the pasture with their mothers. The difference between the experimental groups was that the rams of the I and II experimental groups received compound feed, in which the soybean meal was replaced with the Agro-Matik protein concentrate. At the same time, the rams of the 1st experimental group consumed the milk of their mothers, whose diet

included the Agro-Matik protein concentrate. **Results and conclusion.** The introduction of Agro-Matik protein concentrate into the diet of rams instead of soybean meal improved the digestibility and assimilation of nutrients in feed. Thus, the results of our studies indicate a positive effect of protein concentrate on the digestibility and use of nutrients in young sheep.

Key words: diet, ram feeding, Agro-Matik, protein concentrate, digestibility, nitrogen balance.

Citation. Soshkin Y.V., Karapetyan A.K., Chekhranova S.V., Danilenko I.Y., Arstanov K.S. The effect of the protein concentrate «Agro-Matik» on the digestibility and use of nutrients by young sheep. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 266-275 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-28.

Author's contribution. In this experiment, all authors took participation in the planning, implementation, and analysis of the received research results. The presented version of the article was approved by all authors.

Conflict of interests. The authors did not declare a conflict of interest.

УДК 636.3.087.7

ВЛИЯНИЕ БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА «АГРО-МАТИК» НА ПЕРЕВАРИМОСТЬ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ МОЛОДНЯКОМ ОВЕЦ

Ю. В. Сошкин, аспирант

А. К. Карапетян, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. В. Чехранова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

И. Ю. Даниленко, ассистент

К. С. Арстанов, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.09.2021

Дата принятия к печати 23.11.2021

Работа выполнена по гранту совместно с ФИОП РОСНАНО

**«Нанотехнологические методы исследований биогенных элементов для оптимизации
рационов сельскохозяйственных животных и птицы»**

Актуальность. Существующая потребность отрасли животноводства в качественной, полноценной продукции требует, взамен дорогостоящих кормовых средств, использования растительных составляющих комбикормов. На сегодняшний день белковый концентрат «Агро-Матик» представляет собой уникальный по своим свойствам и цене высокобелковый кормовой продукт, свободный от различного рода токсинов, перекисей, патогенной микрофлоры и обладающий исключительно высокой усвояемостью в организме сельскохозяйственных животных. **Объект исследования.** Объектом исследования послужили баранчики и матки волгоградской породы. **Материалы и методы.** Научно-хозяйственный опыт был проведен на овцах волгоградской породы в условиях КФХ Кушкалов А. Б. Среднеахтубинского района Волгоградской области. Для проведения научно-хозяйственного опыта были сформированы по принципу пар-аналогов 3 группы новорожденных баранчиков, полученных методом промышленного скрещивания овцематок Волгоградской и баранов-производителей Эдильбаевской пород. Подопытные баранчики содержались в кошаре на подсосе под матерями. В первые дни после рождения новорожденный молодняк потреблял молоко матерей и приучался к поеданию грубых и концентрированных кормов. После приучения баранчиков к грубым и концентрированным кормам их вместе с матерями выпасали на пастбище. Различие между подопытными группами заключалось в том, что баранчики I и II опытных групп получали комбикорм, в котором соевый шрот заменяли белковым концентратом «Агро-Матик». При этом баранчики I опытной группы потребляли молоко матерей, в состав рациона которых включали белковый концентрат «Агро-Матик» **Результаты**

и выводы. Введение в рацион баранчиков белкового концентрата «Агро-Матик» взамен соевого шрота способствовало улучшению переваримости и усвояемости питательных веществ кормов. Таким образом, результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о положительном влиянии белкового концентрата на переваримость и использование питательных веществ молодняком овец.

Ключевые слова: *рационы баранчиков, кормление баранчиков, «Агро-Матик», кормовые белковые концентраты, молодняк овец.*

Цитирование. Сошкин Ю. В., Карапетян А. К., Чехранова С. В., Даниленко И. Ю., Арстанов К. С. Влияние белкового концентрата «Агро-Матик» на переваримость и использование питательных веществ молодняком овец. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 266-275. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-28.

Авторский вклад. В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

Конфликт интересов. О конфликте интересов авторы не заявляли.

Введение. Увеличение объёмов производства высококачественной продукции животноводства, в том числе баранины, остается первостепенной задачей для агропромышленного комплекса РФ. Однако темпы роста производства продукции сдерживаются из-за ряда негативных факторов, основным из которых считается неполноценное кормление продуктивных животных [3, 6, 8, 12].

Сбалансировать рацион по протеину, отдельным аминокислотам и другим необходимым элементам возможно за счет совершенствования технологии заготовки кормов, их подготовки к скармливанию и глубокой переработки до выделения отдельных аминокислот и т.д. [1, 2, 9].

При этом наиболее часто дефицит в рационах животных протеина компенсируется за счет использования кормов с высоким содержанием белка: бобовых, шротов, жмыхов, рыбной, мясокостной муки и отдельных протеин содержащих премиксов и добавок [5, 7, 10, 11].

В связи с этим изучение эффективности использования в рационах баранчиков, выращиваемых на мясо (молодая баранина) белкового концентрата «Агро-Матик», содержащего в своем составе 58 % протеина и комплекс аминокислот, является актуальным.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыт был проведен на овцах волгоградской породы в условиях КФХ Кушкалов А. Б. Среднеахтубинского района Волгоградской области.

Для проведения научно-хозяйственного опыта было сформировано по принципу пар-аналогов 3 группы новорожденных баранчиков, полученных методом промышленного скрещивания овцематок волгоградской и баранов-производителей эдильбаевской пород.

Подопытные баранчики содержались в кошаре на подсосе под матерями. В первые дни после рождения новорожденный молодняк потреблял молоко матерей и приучался к поеданию грубых и концентрированных кормов. После приучения баранчиков к грубым и концентрированным кормам их вместе с матерями выпасали на пастбище. Различие между подопытными группами заключалось в том, что баранчики I и II опытных групп получали комбикорм, в котором соевый шрот заменяли белковым концентратом «Агро-Матик». При этом баранчики I опытной группы потребляли молоко матерей, в состав рациона которых включали белковый концентрат «Агро-Матик» (рисунок 1).

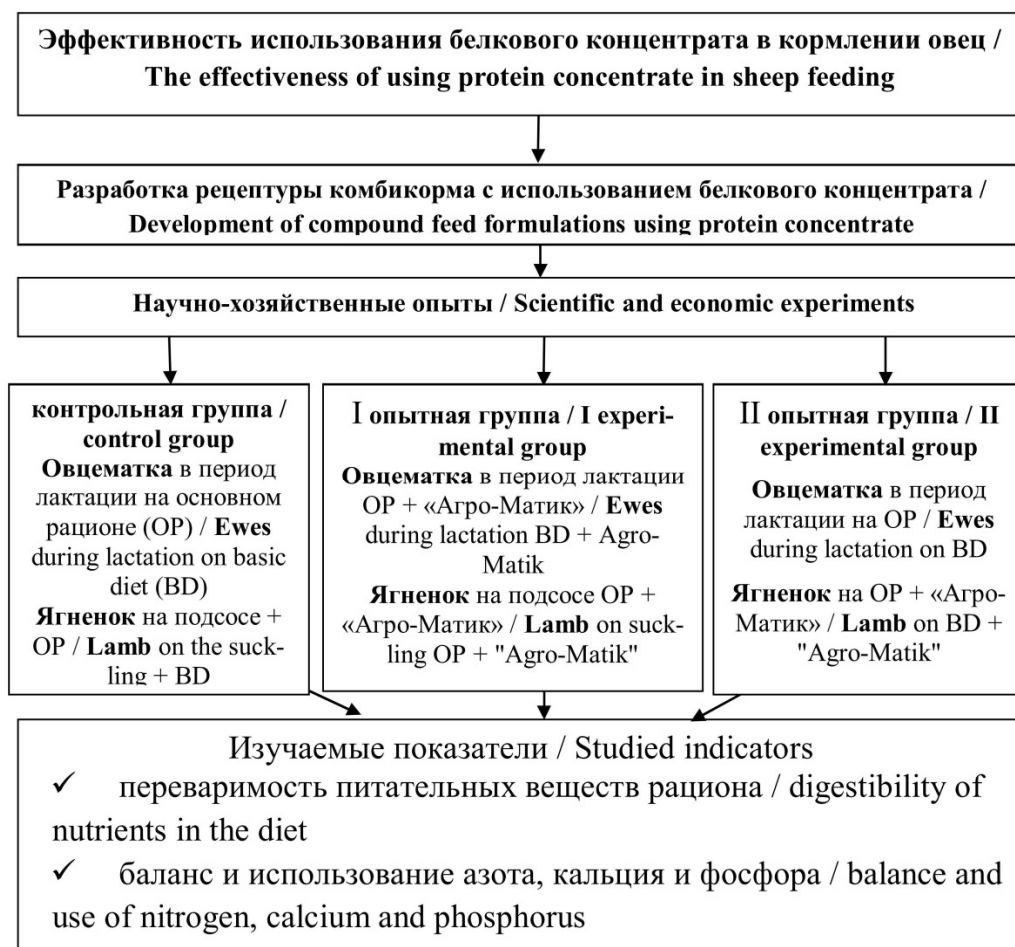


Рисунок 1 – Общая схема исследований

Figure 1 – General research scheme

Результаты и обсуждение. Рационы для подопытных баранчиков составляли по детализированным нормам с учетом возраста, живой массы и её среднесуточных приростов.

Подопытные баранчики содержались в зимний период в кошарах по группам, в весенний и летний в загонах и выпасались на естественных пастбищах. В первые дни после рождения ягнота содержались совместно с матерями и питались молоком матерей. С возрастом 7-10 дней начинали получать к поеданию сена хорошего качества и с 10-14 дней – к поеданию комбикорма.

В состав рационов подопытных баранчиков в летнее время входила трава пастбищная злаково-разнотравная, комбикорм.

Среднесуточный рацион баранчиков в опытный период состоял летом на 2 мес. жизни из травы пастбищной – 1,00 кг, комбикорма – 0,35 кг, на 3 мес. – из травы пастбищной – 2,0 кг и 0,40 кг комбикорма; на 4 мес. – из 2,5 кг пастбищной травы и 0,45 кг комбикорма (таблица 1).

Баранчики I и II опытных групп с рационом получали белковый концентрат «Агро-Матик» в составе комбикорма. При этом баранчики I опытной группы потребляли молоко матери, получавшей с рационом также белковый концентрат «Агро-Матик». Молодняк контрольной группы получал с рационом стандартный комбикорм.

Таблица 1 – Комбикорм для молодняка овец до 4-х месячного возраста

Table 1 – Compound feed for young sheep up to 4 months of age

Компонент, % / Component, %	Для контрольной группы / For the control group	Для опытной группы (I, II) / For the experimental group (I, II)
Ячмень / Barley	50	50
Овёс / Oats	8	8
Пшеница / Wheat	10	10
Отруби пшеничные / Wheat bran	5	9
Шрот соевый / Soy meal	24	-
«Агро-Матик» / Agro-Matik	-	20,0
Фосфат обесфторенный / Fluorinated phosphate	0,5	0,5
Мел кормовой / Chalk stern	1	1
Соль поваренная / Table salt	0,5	0,5
Премикс П 81-1 / Premix P 81-1	1	1
В рационе содержится / The diet contains:		
ЭКЕ / Energy feed units	1,10	1,10
Обменная энергия, Мдж / Exchange energy, Mj	11,0	11,0
Сухое вещество, г / Dry matter, g	922	922
Сырой протеин, г / Crude protein, g	190	190
Переваримый протеин, г / Digestible protein, g	158	158
Сырая клетчатка, г / Crude fiber, g	64	64
Кальций, г / Calcium, g	7,7	7,6
Фосфор, г / Phosphorus, g	7,3	7,2
Сера, мг / Sulfur, mg	4,7	4,5

Питательность рационов подопытного молодняка была практически аналогичной и составляла в возрасте 2, 3, 4 месяцев: ЭКЕ- 0,96; 1,12 и 1,35, сухого вещества – 695,75; 961,50 и 1181,5 г, сырого протеина – 155,2; 175,95 и 210,94 г, переваримого протеина – 126,57; 136,63 и 140,83 г.

Результаты исследования показали, что скормливание баранчикам с рационом белкового концентрата «Агро-Матик» способствовало повышению поедаемости грубых и пастбищных кормов. При этом более высокая поедаемость кормов отмечена у баранчиков I опытной группы, в состав рациона которых вводили белковый концентрат «Агро-Матик», также они потребляли молоко матери получавшей с комбикормом этот концентрат.

Различия в поедаемости кормов по группам выявлены и при проведении балансного опыта.

Известно, что переваримость питательных веществ рационов зависит от генетических и паратипических факторов, и прежде всего от породы, генотипа, возраста животных, структуры и полноценности рационов [3, 4].

Балансовый опыт проводился в специально оборудованных клетках при достижении баранчиками 4-месячного возраста. При этом баранчикам скормливалась зелёная масса трав, скошенная с используемых пастбищ.

В рационе баранчиков опытных групп содержалось 2500 г скошенной травы пастбищ и 450 г комбикорма. Отличие заключается в том, что баранчики опытных групп получали комбикорм с заменой шрота соевого белковым концентратом «Агро-Матик».

В процессе исследований установлено, что поедаемость зелёной массы травы в контрольной группе составила 88,5 %, что меньше, чем в I опытной группе на 8,3 % и во II – на 5,8 %. Концентрированные корма поедались баранчиками без остатка.

Из-за разной фактической поедаемости зелёной массы потребление питательных веществ рационов баранчиками по группам значительно варьировало. Потребление питательных веществ было более высоким у баранчиков опытных групп. Потребление сухого вещества у животных I и II опытных групп было больше, чем в контроле, на 4,56 и 2,15 %, органического вещества – на 5,74 и 3,69 %, сырого протеина – на 4,64 и 2,24 %, сырого жира – на 5,74 и 3,69 %, БЭВ – на 4,55 и 2,17 %.

В ходе исследований было установлено, что баранчики опытных групп лучше, чем их аналоги из контрольной группы, переваривали питательные вещества рационов. Отмечено, что молодняк I и II опытных групп в сравнении с контролем переваривал сухого вещества больше на 7,18 и 3,65 %, органического вещества – на 7,88 и 4,97 %, сырого протеина – на 6,85 и 3,95 %, сырого жира – на 5,94 и 2,97 %, сырой клетчатки – на 9,45 и 6,83 %, БЭВ – на 7,02 и 4,14 %.

Расчет коэффициентов переваримости питательных веществ показал, что у баранчиков опытных групп они были более высокими (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициенты переваримости питательных веществ рационов, %

Table 2 – Coefficients of digestibility of nutrients in rations, %

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	Контрольная / Control	I опытная / I experimental	II опытная / II experimental
Сухое вещество / Dry matter	68,1 ± 0,32	69,8 ± 0,37	69,1 ± 0,28
Органическое вещество / Organic matter	69,3 ± 0,40	71,5 ± 0,38	71,2 ± 0,42
Сырой протеин / Crude protein	72,3 ± 0,54	73,8 ± 0,41	73,5 ± 0,52
Сырой жир / Crude fat	67,7 ± 0,38	68,9 ± 0,47	68,5 ± 0,44
Сырая клетчатка / Crude fiber	54,2 ± 0,31	56,3 ± 0,35	55,8 ± 0,41
БЭВ / Nitrogen-free extractive substances	72,4 ± 0,43	74,1 ± 0,51	73,8 ± 0,37

Здесь и далее: *P ≥ 0,95; **P ≥ 0,99; ***P ≥ 0,999

Так, животные опытных групп превосходили аналогов контрольной группы по коэффициенту переваримости сухого вещества соответственно на 1,7 (P > 0,99) и 1,0 % (P > 0,95), органического вещества – на 2,2 (P > 0,99) и 1,9 % (P > 0,95), сырого протеина – на 1,5 (P > 0,95) и 1,2 % (P > 0,95), сырого жира – на 1,2 % (P > 0,95) и 0,8 %, сырой клетчатки – на 2,1 (P > 0,99) и 1,6 % (P > 0,95), БЭВ – на 1,7% (P > 0,95) и 1,4 % (P > 0,95).

Следовательно, введение в рацион подопытного молодняка белкового концентрата «Агро-Матик» способствовало повышению потребления и переваримости питательных веществ рационов.

Из числа опытных групп более высокие коэффициенты переваримости питательных веществ были у животных I опытной группы, потреблявших белковый концентрат «Агро-Матик» и молоко матерей, получавших с рационом данный концентрат.

Далее были изучены показатели белкового обмена в организме подопытных животных.

Исследованиями установлено, что больше азота приняли животные опытных групп. Баранчики I и II опытных групп азота потребляли больше в сравнении с аналогами из контрольной группы, соответственно на 4,65 и 2,26 %. Животные опытных групп больше переваривали азот. Так, в сравнении с аналогами из контрольной группы они лучше переваривали азот соответственно на 6,84 и 3,93 %.

При этом баланс азота в организме подопытных баранчиков во всех группах был положительным. Наибольшее количество азота было отложено в организме баранчиков опытных групп. Так, в организме баранчиков I опытной группы было отложено азота больше в сравнении с аналогами из контрольной группы 14,52 и 10,23 %. У баранчиков I и II опытных групп усвояемость азота была выше в сравнении с контролем от принятого на 1,82 и 1,50 %, от переваренного – на 2,53 и 1,62 % (таблица 3).

Таблица 3 – Среднесуточный баланс азота, г

Table 3 – Average daily nitrogen balance, g

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	Контрольная / Control	I опытная / I experimental	II опытная / II experimental
Принято с кормом / Accepted with feed	31,34	32,80	32,05
Переварено / Digested	22,66	24,21	23,55
Выделено / Excreted:			
с калом / with feces	8,68	8,59	8,50
с мочой / with urine	16,60	17,24	16,87
Всего / Total	25,28	25,86	25,37
Отложено в теле / Deposited in the body	6,06	6,94	6,68
Усвоено, % / Assimilated, %:			
от принятого / from accepted	19,34	21,16	20,84
от переваренного / from digested	26,14	28,67	28,36

Таким образом, введение в рацион баранчиков, выращиваемых на мясо, белкового концентрата «Агро-Матик» оказало положительное влияние на баланс азота. Наиболее высокий коэффициент использования азота установлен у баранчиков I опытной группы, потреблявших белковый концентрат «Агро-Матик» и молоко матерей, в составе рациона которых также имелся изучаемый концентрат.

В ходе исследований нами был изучен минеральный обмен в организме подопытного молодняка (таблицы 4, 5).

В результате проведения балансового опыта было установлено, что баранчики опытных групп потребляли в сравнении с аналогами из контроля кальция больше соответственно на 3,85 ($P > 0,95$) и 1,93 %. В организме молодняка I и II опытных групп было отложено кальция больше, чем аналогами из контрольной группы соответственно на 13,19 ($P > 0,99$) и 7,66 % (таблица 4).

Таблица 4 – Среднесуточный баланс кальция, г

Table 4 – Average daily calcium balance, g

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	Контрольная / Control	I опытная / I experimental	II опытная / II experimental
Принято с кормом / Accepted with feed	5,71 ± 0,07	5,93 ± 0,05	5,82 ± 0,08
Выведено с калом / Excreted with feces	2,28 ± 0,05	2,21 ± 0,06	2,28 ± 0,04
Выведено с мочой / Excreted with urine	1,08 ± 0,03	1,06 ± 0,05	1,01 ± 0,03
Выведено всего / Total excreted	3,36 ± 0,06	3,27 ± 0,04	3,29 ± 0,05
Отложено в теле / Deposited in the body	2,35 ± 0,04	2,66 ± 0,03	2,53 ± 0,04
Усвоено от принятого, % / Digested from accepted	41,15 ± 0,28	44,86 ± 0,32	43,47 ± 0,21

При этом было выведено из организма кальция с калом и мочой больше у баранчиков контрольной группы соответственно на 2,75 и 2,13 %, в связи с чем усвояемость кальция от принятого в организме молодняка I и II опытных групп была выше, чем у аналогов из контроля на 3,71 ($P > 0,999$) и 2,32 % ($P > 0,99$).

Характер обмена фосфора в организме подопытного молодняка был аналогичным. Фосфора было потреблено баранчиками I и II опытных групп больше в сравнении с аналогами, не потреблявшими белковый концентрат «Агро-Матик» на 3,41 и 0,53 %.

Из организма баранчиков контрольной группы выделено с калом и мочой фосфора больше, чем у аналогов опытной группы, на 3,05 и 4,65 %. У баранчиков, потреблявших с рационом белковый концентрат «Агро-Матик», отложено в организме фосфора больше, чем у аналогов из контроля, соответственно на 18,9 ($P > 0,99$) и 12,6 % ($P > 0,95$). Усвояемость фосфора в организме молодняка опытных групп была выше соответственно на 4,27 ($P > 0,999$) и 3,42 ($P > 0,999$).

Таблица 5 – Среднесуточный баланс фосфора, г

Table 5 – Average daily phosphorus balance, g

Показатель / Indicator	Группа / Group		
	Контрольная / Control	I опытная / I experimental	II опытная / II experimental
Принято с кормом / Accepted with feed	3,81 ± 0,04	3,94 ± 0,06	3,83 ± 0,04
Выведено с калом / Excreted with feces	1,67 ± 0,03	1,52 ± 0,5	1,52 ± 0,03
Выведено с мочой / Excreted with urine	1,03 ± 0,04	1,10 ± 0,03	1,06 ± 0,05
Выведено всего / Total excreted	2,70 ± 0,05	2,62 ± 0,07	2,58 ± 0,04
Отложено в теле / Deposited in the body	1,11 ± 0,04	1,32 ± 0,03	1,25 ± 0,02
Усвоено от принятого, % / Digested from accepted	29,18 ± 0,32	33,45 ± 0,41	32,60 ± 0,35

Таким образом, введение в рацион баранчикам белкового концентрата «Агро-Матик» способствовало активизации в их организме обмена кальция и фосфора.

Выводы. Введение в рацион баранчиков белкового концентрата «Агро-Матик» взамен соевого шрота способствовало улучшению переваримости и усвояемости питательных веществ кормов. Коэффициент переваримости сухого вещества у баранчиков опытных групп в сравнении с аналогами из контроля был выше, соответственно на 1,7 и 1,0 %, сырого протеина – на 1,5 и 1,2 %, сырого жира – на 1,2 и 0,8 %, сырой клетчатки – на 2,1 и 1,6 %, БЭВ – на 1,7 и 1,4 %.

Использование кальция и фосфора животными было также выше в опытных группах и превзошло показатель контроля: по использованию кальция на 2,32-3,71 %, фосфора – на 3,42-4,27 %.

Таким образом, результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о положительном влиянии белкового концентрата на переваримость и использование питательных веществ молодняком овец.

Библиографический список

1. Андрушко А. М., Завгородняя Г. В., Дмитрик И. И. Оценка товарных свойств овчин баранчиков породы джалгинский меринос при разных технологиях выращивания // Главный зоотехник. 2020. № 1. С. 48-54.
2. Интенсивность роста ягнят в подсосный период при разной молочности овцематок / Н. Г. Чамурлиев [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. № 4. С. 25-26.
3. Переваримость питательных веществ рациона молочными козами при разном уровне протеина / С. И. Новопашина [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2012. № 2. С. 64.
4. Проблемы и перспективы развития овцеводства на юге России / В. И. Комлацкий [и др.] // Зоотехния. 2019. № 2. С. 6-12.
5. Салаев Б. К. Переваримость и использование питательных веществ рационов калмыцкими курдючными суягными овцематками // Нива Поволжья. 2016. № 2 (39). С. 45-51.
6. Селезнев И. П. Влияние сбалансированного кормления на мясные качества молодняка овец // Синергия Наук. 2018. № 29. С. 1619-1625.

7. Совершенствование выращивания молодняка овец романовской породы / А. А. Механиков [и др.] // Молочно-хозяйственный вестник. 2018. № 3 (31). С. 54-61.
8. Физиологические показатели и резистентность организма баранчиков при скормливании гранулированных экструдированных комбикормов-концентратов / Н. Г. Чамурлиев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 247-251.
9. Comparison of three feeding regimens on blood fatty acids metabolites of wujumqin sheep in inner Mongolia / Y. Jin [et al.] // Animals. 2021. V. 11. № 4. P. 1080.
10. Evaluating the effects of finishing diet and feeding location on sheep performance, carcass characteristics, and internal parasites / D. L. Ragen [et al.] // Journal of Animal Science and Technology. 2021. V. 63. № 3. P. 545.
11. Feeding selection of sheep and alpaca on puna tussock rangelands grazed previously by cattle / C. Quispe [et al.] // Small Ruminant Research. 2021. V. 197. P. 106349.
12. The effects of vehicle type, transport duration and pre-transport feeding on the welfare of sheep transported in low temperatures / F. Carnovale [et al.] // Animals. 2021. V. 11. № 6. P. 1659.

Conclusions. The introduction of Agro-Matik protein concentrate into the diet of sheep instead of soy meal helped to improve the digestibility of feed nutrients. The coefficient of digestibility of dry matter in the rams of the experimental groups in comparison with the analogues from the control was higher, respectively, by 1.7 and 1.0%, crude protein – by 1.5 and 1.2%, crude fat – by 1.2 and 0.8%, crude fiber – by 2.1 and 1.6%, nitrogen-free extractives – by 1.7 and 1.4 %.

The use of calcium and phosphorus by animals was also higher in the experimental groups, and exceeded the control indicator: for the use of calcium by 2.32-3.71 %, phosphorus by 3.42-4.27 %.

Thus, the results of our studies indicate a positive effect of protein concentrate on the digestibility and use of nutrients by young sheep.

References

1. Andrushko A. M., Zavgorodnyaya G. V., Dmitrik I. I. Ocenka tovarnyh svojstv ovchin baranchikov породы dzhalginskij merinos pri raznyh tehnologiyah vyraschivaniya // Glavnyj zootehnik. 2020. № 1. P. 48-54.
2. Intensivnost' rosta yagnyat v podsosnyj period pri raznoj molochnosti ov-cematok / N. G. Chamurliев [i dr.] // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. 2019. № 4. P. 25-26.
3. Perevarimost' pitatel'nyh veschestv raciona molochnymi kozami pri raznom urovne proteina / S. I. Novopashina [i dr.] // Ovcy, kozy, sherstyanoe delo. 2012. № 2. P. 64.
4. Problemy i perspektivy razvitiya ovcevodstva na yuge Rossii / V. I. Komlackij [i dr.] // Zootehniya. 2019. № 2. P. 6-12.
5. Salaev B. K. Perevarimost' i ispol'zovanie pitatel'nyh veschestv racionov kalmyckimi kurdyuchnymi suyagnymi ovcevatkami // Niva Povolzh'ya. 2016. № 2 (39). P. 45-51.
6. Seleznev I. P. Vliyanie sbalansirovannogo kormleniya na myasnye kachestva molodnyaka ovec // Sinergiya Nauk. 2018. № 29. P. 1619-1625.
7. Sovershenstvovanie vyraschivaniya molodnyaka ovec romanovskoj породы / A. A. Mehanikov [i dr.] // Molochno-hozyajstvennyj vestnik. 2018. № 3 (31). P. 54-61.
8. Fiziologicheskie pokazateli i rezistentnost' organizma baranchikov pri skarmlivanii granulirovannyh jekstrudirovannyh kombikormov-koncentratov / N. G. Chamurliев [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3 (51). P. 247-251.
9. Comparison of three feeding regimens on blood fatty acids metabolites of wujumqin sheep in inner Mongolia / Y. Jin [et al.] // Animals. 2021. V. 11. № 4. P. 1080.
10. Evaluating the effects of finishing diet and feeding location on sheep performance, carcass characteristics, and internal parasites / D. L. Ragen [et al.] // Journal of Animal Science and Technology. 2021. V. 63. № 3. P. 545.

11. Feeding selection of sheep and alpaca on puna tussock rangelands grazed previously by cattle / C. Quispe [et al.] // Small Ruminant Research. 2021. V. 197. P. 106349.

12. The effects of vehicle type, transport duration and pre-transport feeding on the welfare of sheep transported in low temperatures / F. Carnovale [et al.] // Animals. 2021. V. 11. № 6. P. 1659.

Author's Information

Soshkin Yuri Vladimirovich, postgraduate student of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: yurvlad77@list.ru

Karapetyan Angela Keropovna, professor of the department "Feeding and breeding of farm animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), Doctor of Agricultural Sciences, e-mail: akkarapetyan@bk.ru

Chekhranova Svetlana Viktorovna, Associate Professor of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), Candidate of Agricultural Sciences, e-mail: schekhranova@mail.ru

Danilenko Irina Yurievna, Assistant of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: taranova_15@mail.ru

Arstanov Kairat Samatovich, postgraduate student of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com

Информация об авторах

Сошкин Юрий Владимирович, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: yurvlad77@list.ru

Карапетян Ангела Кероповна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Чехранова Светлана Викторовна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: schekhranova@mail.ru

Даниленко Ирина Юрьевна, ассистент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Арстанов Кайрат Саматович, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-29

OPTIMIZATION OF NUTRITIONAL VALUE OF EXTRUDED FEED FOR TROUT USING CRYSTALLINE AMINO ACIDS

A. E. Yapontsev, S. V. Chekhranova, Y. M. Batrakova, O. V. Samofalova, A. E. Stavtsev

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 22.09.2021

Submitted 25.11.2021

The work was carried out under a grant from the Fund of Infrastructure and Educational Programs of RUSNANO Group with the Astrakhan State Technical University "Application of artificial feeds based on low molecular weight biologically effective essential nanoadditives for aquaculture facilities"

Summary

Experimental data on the use of crystalline amino acid supplements in trout feed in order to reduce the level of crude protein and feed cost are presented.

Abstract

Introduction. There is now credible evidence to support a significant reduction in fishmeal use in fish and shrimp diets using a range of plant protein sources, provided the diets are properly supplemented with essential amino acids. The limit of the possible reduction in the cost of marine resources is clearly supported by the possibility of reducing fishmeal levels by up to 5% in diets for Atlantic salmon. In

addition, in order to improve voluntary feed intake and the overall protein gain in the body of some other fish species, diets with a low intake of fishmeal or based on plant protein. In addition, in order to improve feed intake and overall protein gain in the body of some other fish species, supplements of the corresponding limited essential amino acids are added to diets with a low consumption of fishmeal or based on plant protein. **Object.** The object of research was extruded feed for trout. **Materials and methods.** An experience in the implementation of scientific developments of new extruded combined feed for trout was carried out on the basis of Limited Liability Company «Sumy Salmon and Whitefish Nursery» (Leningrad region, Kingiseppsky district) from April 21 to November 10, 2017. The objects of research were two-year-old rainbow trout. The experiment involved 10 cages with a diameter of 10 m and a depth of 5 m. In 5 cages, fish were reared, which was fed with extruded combined feed, the nutritional value of which was based on the minimum level of crude protein (control), and in the other 5 cages used feed calculated from the amino acid level of the feed for control, but not limited to the minimum content of crude protein. **Results and conclusions.** It was found that the use of the optimal amino acid profile in feed, the introduction of crystalline amino acids during the optimization of feed and the absence of a minimum level of crude protein when calculating rations contributes to the preservation of the existing indicators of trout cultivation with a possible increase in the percentage of fish yield (safety) due to the optimization of nitrogen metabolism with a simultaneous decrease in the cost price. growing fish.

Key words: *essential amino acids, reduced feed protein levels.*

Citation. Yapontsev A.E., Chekhranova S.V., Batrakova Y.M., Samofalova O.V., Stavtsev A.E. Optimization of nutritional value of extruded feed for trout using crystalline amino acids. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 275-282 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-29.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data, and wrote a manuscript.

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

УДК 633.2(58.02)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ КОРМОВ ДЛЯ ФОРЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ АМИНОКИСЛОТ

А. Э. Японцев, аспирант

С. В. Чехранова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Ю. М. Батракова, преподаватель

О. В. Самофалова, ассистент; А. Э. Ставцев, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 22.09.2021

Дата принятия к печати 25.11.2021

Работа выполнена по гранту ФИОП РОСНАНО с ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» «Применение искусственных кормов на основе низкомолекулярных биологически эффективных эссенциальных нанодобавок для объектов аквакультуры»

Актуальность. В настоящее время есть достоверные свидетельства, подтверждающие возможность значительного сокращения использования рыбной муки в рационах рыбы и креветок с помощью ряда источников растительных протеинов при условии, что рационы должным образом дополнены незаменимыми аминокислотами. Предел возможного сокращения затрат морских ресурсов явно подтверждается возможностью снижения потребления рыбной муки вплоть до 5 % в рационах для атлантического лосося. Кроме того, в целях улучшения потребления корма и общего прироста белка в теле некоторых других видов рыб в рационы с низким потреблением рыбной му-

ки или на основе растительного протеина вносятся добавки соответствующих лимитированных незаменимых аминокислот. **Объект.** Объектом исследований стали экструдированные комбикорма для форели. **Материалы и методы.** Опыт внедрения научных разработок новых экструдированных комбинированных кормов для форели был проведён на базе ООО «Сумской лососево-сиговый питомник» (Ленинградская обл., Кингисеппский р-н) с 21 апреля по 10 ноября 2017 года. Объектами исследований стали двухлетки радужной форели. В опыте было задействовано 10 садков с диаметром 10 м и глубиной заглубления 5 м. В 5-ти садках выращивалась рыба, которая питалась экструдированными комбинированными кормами, расчёт питательности которых был основан на минимальном уровне сырого протеина (контроль), а в других 5-ти садках использовались корма, рассчитанные по уровню аминокислот корма для контроля, но без ограничения по минимальному содержанию уровня сырого протеина. **Результаты и выводы.** Установлено, что использование оптимального аминокислотного профиля в кормах, ввод при оптимизации кормов кристаллических аминокислот и отсутствие минимального уровня сырого протеина при расчёте рационов способствует сохранению существующих показателей выращивания форели при возможном увеличении процента выхода рыбы (сохранности) за счёт оптимизации азотистого обмена с одновременным снижением себестоимости выращивания рыбы.

Ключевые слова: кормление форели, рационы форели, экструдированные корма, эссенциальные нанодобавки.

Цитирование. Японцев А. Э., Чехранова С. В., Батракова Ю. М., Самофалова О. В., Ставцев А. Э. Оптимизация питательной ценности экструдированных кормов для форели с использованием кристаллических аминокислот. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 275-282. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-29.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Практика создания и использования кормов для аквакультуры показывает, что рыба может расти и успешно усваивать рационы с высоким уровнем растительных белков при условии, что учтены потребности в незаменимых аминокислотах для разных видов рыб. Существуют возможности снижения общего уровня протеина и стоимости кормов путем добавления лимитирующих незаменимых аминокислот в чистом виде [7, 11, 12].

Значительный прогресс был достигнут при поиске подходящих альтернативных источников белка для замены рыбной муки в кормах для аквакультуры [3-5].

Существуют возможности снижения общего количества белка в кормах для объектов аквакультуры путем их дополнения лимитирующими продуктивностью незаменимыми аминокислотами, что является экономически целесообразным. На самом деле снижение уровня белка и дополнение рациона определенными незаменимыми аминокислотами является устоявшимся методом разработки рациона для сельскохозяйственных животных с целью разработки идеального аминокислотного профиля, что было продемонстрировано [2, 6, 9, 11] и даже закреплено законодательно с целью понижения экскреции азота. Хотя выращивание рыбы в аквакультуре, например атлантического лосося, кажется более экологически эффективным с точки зрения производства питательных веществ для человеческого потребления по сравнению с производством цыплят и свиней [1, 8], тем не менее, стремление к более низкому выделению азота является одним из основных принципов устойчивого развития в индустрии аквакультуры как с экологической, так и с экономической точки зрения.

Материалы и методы. Опыт по внедрению научных разработок новых экструдированных комбинированных кормов для форели был проведён на базе ООО «Сумской лососево-сиговый питомник» (Ленинградская обл., Кингисеппский р-н) с 21 апре-

ля по 10 ноября 2017 года. Объектами исследований стали двухлетки радужной форели. В опыте было задействовано 10 садков с диаметром 10 м и глубиной заглубления 5 м. В 5-ти садках выращивалась рыба, которая питалась экструдированными комбинированными кормами, расчёт питательности которых был основан на минимальном уровне сырого протеина (контроль), а в других 5-ти садках использовались корма, рассчитанные по уровню аминокислот корма для контроля, но без ограничения по минимальному содержанию уровня сырого протеина.

Результаты и обсуждение. В состав кормов вошли: рыбная мука, пшеница, соевый шрот, пшеничный глютен, кукурузный глютен, кровяная мука, рыбий жир, соевое масло, витаминно-минеральный премикс. Балансировка рецептов под заданные показатели питательности и по минимальной стоимости проводилась с помощью программного комплекса «КормОптим» (авт. И. Г. Панин, В. В. Гречишников). В таблице 1 приведены состав и питательность кормов.

Таблица 1 – Состав и параметры питательности кормов

Table 1 – Composition and nutritional parameters of feed

Параметр питательности / Nutritional parameter	Значение / Value	
	Контроль / Control	Опыт / Experiment
Обменная энергия, МДж / Exchange energy, MJ	18,83	18,83
Сырой протеин, % / Crude protein, %	43,0	39,5
Сырой жир, % / Crude fat, %	25,0	25,4
Сырая клетчатка, % / Crude fiber, %	2,0	2,0
Сырая зола, % / Crude ash, %	7,5	7,5
Лизин, % / Lysine, %	2,61	2,61
Метионин + цистин, % / Methionine + cystine, %	1,70	1,70
Треонин, % / Threonine, %	1,70	1,70
Добавленный L-лизин (в форме L-лизина сульфата 70%) / Added L-lysine (in the form of L-lysine sulfate 70%)	-	0,15
Добавленный DL-метионин (99%) / Added DL-methionine (99%)	-	0,22
Добавленный L-треонин (98,5%) / Added L-threonine (98.5%)	-	0,03

Все типы кормов были произведены в 2 вариантах по диаметру гранул – 4,5 мм и 6 мм – в соответствии с ростом рыбы. При раздаче кормов использовались нормы, разработанные в период проведения научно-хозяйственного опытов (таблица 2).

Таблица 2 – Нормы кормления форели, кг корма на 100 кг рыбы в сутки

Table 2 – Trout feeding rates, kg of feed per 100 kg of fish per day

Наименование корма / Feed name	Температура воды, °C / Water temperature, °C									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Корм 4,5 мм / Feed 4.5 mm	0,73	0,97	1,27	1,64	2,06	2,51	2,89	3,02	2,58	0,95
Корм 6 мм / Feed 6 mm	0,66	0,88	1,15	1,48	1,87	2,27	2,61	2,74	2,34	0,86

Данные по температурному режиму воды при проведении производственной проверки представлены на рисунке 1. Самые высокие показатели температуры воды были зафиксированы в конце июля и начале августа, а максимальные значения в отдельные дни достигали отметки свыше 24-26 °C. В периоды критических для жизни рыб температур кормление рыбы было прекращено, но избежать существенных потерь поголовья в данные периоды не удалось. В условиях, близких к критическим, а также при скачках атмосферного давления или усилении ветра, кормление всех рыб осуществлялось по поедаемости и полный суточный рацион не скармливался.

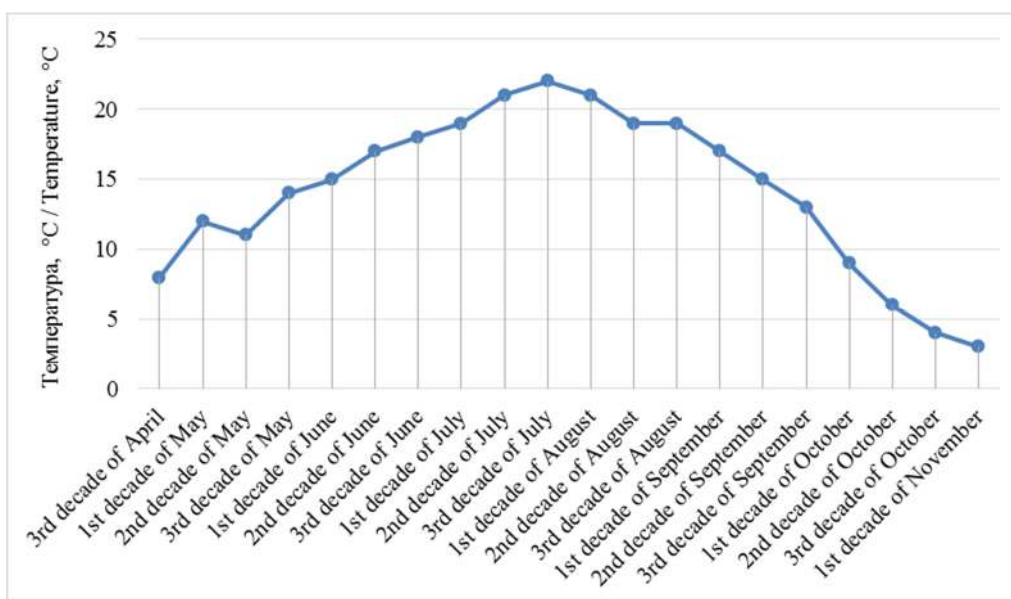


Рисунок 1 – Средняя температура воды по декадам при проведении опыта
(период «интенсивного кормления»)

Figure 1 – Average water temperature for decades during the experiment
(the period of "intensive feeding")

Таблица 3 – Общие показатели выращивания двухлеток форели в производственном опыте

Table 3 – General indicators of growing two-year-old trout in the production experience

Группы / Groups		Показатели выращивания / Growing indicators						
		Количество рыб, шт. / Number of fish, pcs	Начальная масса рыб, г / Initial weight of fish, g	Плотность посадки, шт/м ² / Planting density, pcs/m ²	Валовой количество израсходованных кормов, по типам, кг / Gross amount of consumed feed, by type, kg	Масса выращенной рыбы, кг / Weight of farmed fish, kg	Выход (сохранность), % / Output (safety), %	Валовый кормовой коэффициент, кг/кг / Gross feed ratio, kg/kg
Опыт / Experiment	1	4680	188	14,9	$\frac{5205^*}{15335^{**}}$	24910	82,83	1,03
	2	4300	220	13,7				
	3	4976	212	15,8				
	4	4695	230	14,9				
	5	5024	201	16				
Итого / Total		23675	-	-	20540	-	19612	-
Контроль / Control	1	5157	190	16,4	$\frac{5353^*}{14752^{**}}$	25035	79,46	1,02
	2	4549	211	14,5				
	3	6276	188	20,0				
	4	4893	207	15,6				
	5	4375	270	13,9				
Итого / Total		25250	-	-	20105	-	20063	-

Примечание. *В числителе – количество корма диаметром 4,5 мм.

** В знаменателе – количество корма диаметром 6 мм.

Данные по количеству рыбы в опытных и контрольных садках, величине навески на момент посадки рыбы в садки, плотности посадки, кормовым коэффициентам и биомассе форели в начале и конце выращивания представлены в таблице 3. Полученные данные за полный сезон выращивания форели до товарного веса свидетельствуют об аналогичной ситуации состояния рыб как в опытных, так и в контрольных группах. Средняя масса одной головы форели составила в опытных группах выращивания 1,270 кг, а в контрольных – 1,248 кг. Общее физиологическое состояние рыб как в опыте, так и в контроле было сходным и полностью соответствовало всем нормативным значениям.

Расчётная стоимость опытных и контрольных кормов составила соответственно 84 549 руб./т и 89 456 руб./т. Общие затраты на корма для опытных садков составили 1 736 636 рублей и 1 798 513 рублей соответственно при выращивании рыб в контрольных садках. В итоге 1 кг прироста живой массы форели в опыте составил 87,10 руб./кг против 91,20 руб./кг в контроле.

Выводы. Данные, полученные за полный сезон выращивания форели до товарного веса, по количеству рыбы в опытных и контрольных садках, величине навески на момент посадки рыбы в садки, плотности посадки, кормовым коэффициентам и биомассе форели в начале и конце выращивания свидетельствуют об улучшении изучаемых показателей в опытной группе. Средняя масса одной головы форели составила в опытных группах выращивания 1,270 кг, а в контрольных – 1,248 кг, что на 0,022 кг или 1,76 % выше, чем в контроле. Общее физиологическое состояние рыб как в опыте, так и в контроле было сходным и полностью соответствовало всем нормативным значениям.

Расчётная стоимость опытных и контрольных кормов составила соответственно 84 549 руб./т и 89 456 руб./т. Общие затраты на корма для опытных садков составили 1 736 636 рублей и 1 798 513 рублей соответственно при выращивании рыб в контрольных садках. В итоге 1 кг прироста живой массы форели в опыте был на 4,1 руб./кг ниже, чем в контрольной группе.

Таким образом, следует признать, что использование оптимального аминокислотного профиля в кормах, ввод при оптимизации кормов кристаллических аминокислот и отсутствие минимального уровня сырого протеина при расчёте рационов способствует сохранению существующих показателей выращивания форели при возможном увеличении процента выхода рыбы (сохранности) за счёт оптимизации азотистого обмена с одновременным снижением себестоимости выращивания рыбы.

Библиографический список

1. Анализ влияния белкового концентрата на микробиоту кишечника молоди ленского осетра в условиях УЗВ / Д. А. Ранделин [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (173). С. 139-145.
2. Мочалова Н. С., Неверова О. П. Эффективный режим кормления молоди радужной форели // Молодежь и наука. 2020. № 2. С. 44.
3. Оценка эффективности кормления радужной форели на этапах формирования ремонтно-маточного стада в установках замкнутого цикла водообеспечения / Е. И. Хрусталева [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2014. № 1 (1). С. 43-47.
4. Применение комбикормов с использованием местных кормовых источников при выращивании радужной форели / С. И. Николаев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 324-333.
5. 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.

6. Японцев А. Э. Сравнение подходов к определению усвояемости аминокислот // Птицеводство. 2016. № 2. С. 35-37.
7. Apparent digestibility of dry matter, organic matter, protein and energy of native Peruvian feedstuffs in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / A. O. Chura [et al.] // Fisheries and Aquatic Science. 2018. V. 21 (1).
8. Beloborodov A., Minchenok E. Modeling of the rainbow trout feeding in the cage complex of the «Russian Sea - Aquaculture» company // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2020. № 539. 012189.
9. Fishmeal alternative from renewable CO2 for rainbow trout feed / S. Lee [et al.] // Aquaculture Research. 2020. V. 51 (10).
10. Guven A., Yalcin S. Effects of dietary yeast autolysate on performance, some blood parameters and lysozyme activity in rainbow trout // Veteriner Fakültesi dergisi. 2017. 64 (3). P. 177-182.
11. Karabulut H. A., Kurtoglu I. Z. The effect of red pepper to add into commercial trout feed on growth performance and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Fresenius Environmental Bulletin. 2017. V. 26(12). P. 7473-7477.
12. Vasiliev D. S. Efficiency of using hydrobiont meal with different preparation technologies in feeding rainbow trout // Bioscience Biotechnology Research Communications. 2021. V. 14(3). P. 1148-1153.

Conclusions. The data obtained for full seasonal rearing of trout to marketable weight in terms of the number of fish in the experimental and control indicators, the size of the sample at the time of fish placement in the cage, stocking density, feed ratios and biomass, trout at the beginning and end of rearing are presented in confirmation of the improvement of the studied indicators in the experimental group. The average weight of one trout head was 1.270 kg in the experimental rearing groups, and 1.248 kg in the control groups, which is 0.022 kg or 1.76% higher than in the control. The general physiological state of the fish both in the experiment and in the control was similar and fully corresponded to all the normative values.

The estimated cost of the experimental and control feed was 84549 rubles/ton and 89456 rubles/ton, respectively. The total cost of feed for the experimental cages amounted to 1,736,636 rubles and 1,798,513 rubles, respectively, when growing fish in the control group. As a result, 1 kg of gain in live weight of trout in the experiment was 4.1 rubles/kg lower than in the control group.

Thus, one should use the optimal use of the amino acid profile in feed, use the optimization of the feed of crystalline amino acids and the absence of a minimum level of crude protein when calculating rations; improve the use of trout farming with a possible increase in the percentage of fish yield (safety) by optimizing nitrogen metabolism with a corresponding reduction in the cost of growing fishes.

References

1. Analiz vliyaniya belkovogo koncentrata na mikrobiotu kishechnika molodi lenskogo osetra v usloviyah UZV / D. A. Randelin [i dr.] // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 3 (173). P. 139-145.
2. Mochalova N. S., Neverova O. P. Jefferktivnyj rezhim kormleniya molodi raduzhnoj foreli // Molodezh' i nauka. 2020. № 2. P. 44.
3. Ocenka jefferktivnosti kormleniya raduzhnoj foreli na etapah formirovaniya remontno-matochnogo stada v ustanovkah zamknutogo cikla vodoobespecheniya / E. I. Hrustalev [i dr.] // Tehnologii pischevoj i pererabatyvayushej promyshlennosti APK - produkty zdorovogo pitaniya. 2014. № 1 (1). P. 43-47.
4. Primenenie kombikormov s ispol'zovaniem mestnyh kormovyh istochnikov pri vyraschivanii raduzhnoj foreli / S. I. Nikolaev [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 3 (59). P. 324-333.

5. Jeffektivnost' ispol'zovaniya belkovogo koncentrata iz belogo lyupina v komplekse s myasokostnoj mukoj v kombikormah pri vyraschivani molodi sibirskogo osetra / S. I. Nikolaev [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 4 (56). P. 146-152.
6. Yaponcev A. Ye. Sravnenie podhodov k opredeleniyu usvoyaemosti aminokislot // Pti-
cevodstvo. 2016. № 2. P. 35-37.
7. Apparent digestibility of dry matter, organic matter, protein and energy of native Peruvian feedstuffs in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / A. O. Chura [et al.] // Fisheries and Aquatic Science. 2018. V. 21 (1).
8. Beloborodov A., Minchenok E. Modeling of the rainbow trout feeding in the cage complex of the «Russian Sea - Aquaculture» company // IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2020. № 539. 012189.
9. Fishmeal alternative from renewable CO2 for rainbow trout feed / S. Lee [et al.] // Aquaculture Research. 2020. V. 51 (10).
10. Guven A., Yalcin S. Effects of dietary yeast autolysate on performance, some blood parameters and lysozyme activity in rainbow trout // Veteriner Fakültesi dergisi. 2017. 64 (3). P. 177-182.
11. Karabulut H. A., Kurtoglu I. Z. The effect of red pepper to add into commercial trout feed on growth performance and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // Fresenius Environmental Bulletin. 2017. V. 26(12). P. 7473-7477.
12. Vasiliev D. S. Efficiency of using hydrobiont meal with different preparation technologies in feeding rainbow trout // Bioscience Biotechnology Research Communications. 2021. V. 14(3). P. 1148-1153.

Author's Information

Yapontsev Aleksey Eduardovich, postgraduate student of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com, e-mail: yapontsev.alexey@gmail.com, tel. + 7-911-749-15-82

Chekhranova Svetlana Viktorovna, Associate Professor of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), Candidate of Agricultural Sciences, e-mail: schekhranova@mail.ru

Batrakova Yulia Mikhailovna, lecturer of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: yulya.batrakova.95@mail.ru

Samofalova Olga Vladimirovna, Assistant of the Department "Feeding and Breeding of Farm Animals" of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: korneevaoluhka97@mail.ru

Stavtsev Andrey Ernestovich, postgraduate student of the Volgograd State Agrarian University (26 University Avenue, Volgograd, 400002), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com

Информация об авторах

Японцев Алексей Эдуардович, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: yapontsev.alexey@gmail.com, тел. +7-911-749-15-82

Чехранова Светлана Викторовна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: schekhranova@mail.ru

Батракова Юлия Михайловна, преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: yulya.batrakova.95@mail.ru

Самофалова Ольга Владимировна, ассистент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: korneevaoluhka97@mail.ru

Ставцев Андрей Эрнестович, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-30

STRATEGIES FOR RESTORING RECLAIMED LANDS PREVIOUSLY REMOVED FROM CIRCULATION

V. A. Shevchenko, M. N. Lytov

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

Received 09.09.2021

Submitted 08.11.2021

Summary

An algorithm for choosing a strategy for resuming the use of agricultural lands previously withdrawn from circulation is proposed, depending on the natural-ecological model of the state of the territory. The concept of technological groups, problem-oriented with respect to the qualitative level of the ecological state of the former reclaimed agricultural lands, put into circulation, has been developed.

Abstract

Introduction. The relevance of research is determined by the need to solve the problem of abandoned and unused agricultural lands for a long time. Reclaimed land is a particularly valuable fund of agricultural land, and therefore the problem of their re-involvement in circulation is especially acute. Changes in the ecological skeleton for a long time not used, including the former reclaimed lands, require a well-calculated, scientifically grounded approach to their involvement in agricultural turnover in each specific situation. And in this regard, modeling the ecological state of the territory on the basis of a system of typical natural-ecological models and a generalized algorithm for their design opens up wide opportunities in terms of choosing an optimal strategy and designing technologies for the development of unused, former reclaimed agricultural lands. The aim of the study is to develop uniform approaches to the choice of a strategy for the renewal of the use of agricultural lands previously withdrawn from circulation, depending on the natural-ecological model of the state of the territory. **Object.** The object of research is not used for a long time, including the former reclaimed agricultural land, which is supposed to be involved in re-circulation and resumption of economic activity. **Materials and methods.** The study is based on a natural-ecological model of territories intended for development, which is formalized by a combination of factors $\sum F^i$, where F is one of the selected variety of factors that are of direct importance in the development of unused agricultural lands and for the formation of ecologically balanced highly productive agricultural landscapes. Index i characterizes the degree of violation, the cumulative deviation of indicators from the regional norm, and this is the second key indicator that is necessary for choosing a strategy for the development of reclaimed lands that have been removed from circulation. **Results and conclusions.** The basis for the qualitative differentiation of lands intended for development in relation to the natural and ecological state, as well as the readiness of irrigation and drainage systems, is based on a complex indicator - index i , which divides the unused lands for a long time into three large clusters. These are lands that are safe from the point of view of environmental ecology, with active segments of the irrigation and drainage system, which can be developed for agricultural use without restrictions; lands with violations and deviations from the norm, exceeding the maximum permissible values, but which can be developed and used with restrictions; as well as lands on which the deformations of the ecological skeleton have reached critical levels, and which cannot be directly introduced into agricultural circulation. The proposed strategy links these categories in a single process, the general vector of which is directed towards the restoration of the functions of agricultural lands and improvement of the ecological state through the consistent involvement of various technological groups in the work. Technological groups are developed taking into account the specifics of the problems under consideration and form problem-oriented technological complexes, starting from the conservation of the most disturbed territories and pumping direct land development using organic or biologized farming systems. The strategy makes it possible to develop consistent, scientifically grounded programs for the development of unused agricultural lands for a long time, for almost any environmental category.

Key words: *unused land, reclamation fund, reuse, strategies, technology groups, algorithm.*

Citation. Shevchenko V.A., Lytov M.N. Strategies for restoring reclaimed lands previously removed from circulation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 283-296 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-30.

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

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

УДК 504.062:631.61

СТРАТЕГИИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАНЕЕ ВЫВЕДЕННЫХ ИЗ ОБОРОТА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

В. А. Шевченко, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук
М. Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова

Дата поступления в редакцию 09.09.2021

Дата принятия к печати 08.11.2021

Актуальность. Актуальность исследований определяется необходимостью решения проблемы выбывших и длительное время не используемых земель сельскохозяйственного назначения. Мелиорированные земли являются особо ценным фондом сельскохозяйственных земель, и поэтому проблема их повторного вовлечения в оборот стоит особенно остро. Изменения экологического скелета длительное время не используемых, в том числе бывших мелиорированных земель, требуют хорошо просчитанного, научно обоснованного подхода к их вовлечению в сельскохозяйственный оборот в каждой конкретной ситуации. И в этом плане моделирование экологического состояния территории на основе системы типовых природно-экологических моделей и обобщенного алгоритма их конструирования открывает широкие возможности в плане выбора оптимальной стратегии и проектирования технологий освоения не используемых, бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения. Целью исследования является разработка единообразных подходов к выбору стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота сельскохозяйственных земель в зависимости от природно-экологической модели состояния территории. **Объект.** Объектом исследований являются длительное время не используемые, в том числе бывшие мелиорированные сельскохозяйственные земли, предполагаемые к вовлечению в повторный оборот и возобновлению хозяйственной деятельности. **Материалы и методы.** В основу исследования положена природно-экологическая модель предполагаемых к освоению территорий, которая формализованно описывается комбинацией факторов $\sum F^i$, где F – это один из выделенного многообразия факторов, имеющих непосредственное значение при освоении неиспользуемых сельскохозяйственных земель и для формирования экологически сбалансированных высокопродуктивных агроландшафтов. Индекс i характеризует степень нарушения, совокупного отклонения показателей от региональной нормы, и это второй ключевой показатель, который необходим для выбора стратегии освоения выбывших из оборота мелиорированных земель. **Результаты и выводы.** В основу качественного дифференцирования предполагаемых к освоению земель относительно природно-экологического состояния, а также готовности гидромелиоративных систем положен комплексный показатель – индекс i , который делит длительное время не используемые угодья на три крупных кластера. Это земли благополучные с точки зрения экологии окружающей среды, с действующими сегментами гидромелиоративной системы, которые могут быть освоены для сельскохозяйственного использования без ограничений; земли с нарушениями и отклонениями от нормы, превышающими предельно допустимые значения, но которые могут быть освоены и использоваться с ограничениями; а также земли, на которых деформации экологического скелета достигли критических отметок и которые не могут быть введены в

сельскохозяйственный оборот непосредственно. Предложенная стратегия связывает эти категории в единый процесс, общий вектор которого направлен в сторону восстановления функций сельскохозяйственных земель и улучшения экологического состояния путем последовательного вовлечения в работу различных технологических групп. Технологические группы разработаны с учетом специфики рассматриваемой проблематики и формируют проблемно ориентированные технологические комплексы начиная от консервации наиболее нарушенных территорий и закаявая прямым освоением земель с использованием органической или биологизированной систем земледелия. Стратегия позволяет разработать последовательные, научно обоснованные программы освоения длительное время не используемых сельскохозяйственных земель для практически любых экологических категорий.

Ключевые слова: *мелиорированные земли, мелиоративный фонд, возобновление использования земель.*

Цитирование. Шевченко В. А., Лытов М. Н. Стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота мелиорированных земель. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 283-296. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-30.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Проблема выбывших и длительное время не используемых сельскохозяйственных земель – одна из серьезных проблем аграрного комплекса России [1, 5, 8, 11]. Имея в основе социально-экономические корни, сегодня эта проблема получила гораздо большее разнообразие аспектов. Без хозяйственного использования за длительный период экология брошенных сельскохозяйственных земель в значительной мере трансформировалась, причем вектор этих изменений применительно к каждой территории в отдельности имеет самое разнообразное изменение. Очень большие деформации наблюдаются и по инженерной сети на брошенных, ранее мелиорированных территориях [3, 10]. В ряде случаев сегменты гидромелиоративных систем были полностью разрушены, в других – продолжают эксплуатироваться со значительным ущербом для окружающей среды [2, 4]. Изменения экологического скелета длительное время не используемых, в том числе бывших мелиорированных земель, требуют хорошо просчитанного, научно обоснованного подхода к их вовлечению в сельскохозяйственный оборот в каждой конкретной ситуации [6, 7, 9, 12-15]. Техничко-технологические комплексы, необходимые для вовлечения таких земель в сельскохозяйственный оборот, тоже могут очень сильно различаться в зависимости от складывающейся природно-экологической ситуации и состояния сегментов гидромелиоративной системы в обслуживаемой зоне. И в этом плане моделирование экологического состояния территории на основе системы типовых природно-экологических моделей и обобщенного алгоритма их конструирования открывает широкие возможности в плане выбора оптимальной стратегии и проектирования технологий освоения неиспользуемых, бывших мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения.

Целью исследования является разработка единообразных подходов к выбору стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота сельскохозяйственных земель в зависимости от природно-экологической модели состояния территории.

Материалы и методы. Объектом исследований являются длительное время не используемые, в том числе бывшие мелиорированные сельскохозяйственные земли, предполагаемые к вовлечению в повторный оборот и возобновлению хозяйственной

деятельности. Предмет исследований – стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота сельскохозяйственных земель применительно к технико-технологическим аспектам восстановления сельскохозяйственной деятельности.

Формализованно природно-экологическая модель предполагаемых к освоению территорий описывается комбинацией факторов $\sum F^i$, где F – один из выделенного многообразия факторов, имеющих непосредственное значение при освоении неиспользуемых сельскохозяйственных земель и для формирования экологически сбалансированных высокопродуктивных агроландшафтов. Факторное поле F действительно чрезвычайно многообразно, представлено разносторонними и в значительной мере несогласованными процессами, некоторые из которых взаимосвязанны, а другие – самостоятельны. Для того чтобы хоть как-то упорядочить это факторное поле, было предложено формировать комплексы факторов, обусловленные определенным сходством процессов и отражающие определенную грань проблемы возобновления использования ранее брошенных сельскохозяйственных земель. Так, было выделено пять основных сегментов, характеризующих различные аспекты возобновления использования брошенных сельскохозяйственных земель. Это мелиоративный, деградационный, техногенный и фитосанитарный сегменты природно-экологического характера и непосредственно связанный с ними, когда речь касается ранее мелиорированных территорий, инженерно-инфраструктурный сегмент. Каждому из рассматриваемых факторных комплексов присваивается показатель i , который характеризует степень нарушения, совокупного отклонения показателей от региональной нормы. Отклонения имеют качественную или количественную шкалу, которая характеризуется определенной областью в поле допустимых значений, имеет область превышения допустимых значений, а также область значений деградации фактора, при которых непосредственное сельскохозяйственное использование земель невозможно. Исследованиями принята целочисленная градация показателя i , где значение 0 характеризует типичное региональное состояние земель, отсутствие каких-либо значимых экологических проблем и предполагает количественную оценку состояния всей совокупности факторов в пределах допустимого диапазона. При значениях показателя i , равных единице, предполагается, что отклонение хотя бы одного из рассматриваемого комплекса факторов превышает границы допустимого диапазона. Превышение допустимого диапазона отклонений напрямую связано с определенными ограничениями, накладываемыми на использование вводимых в оборот земель и необходимость проведения определенных мероприятий по реабилитации осваиваемых сельскохозяйственных территорий. В то же время такой специфичной характеристикой земель, характеризующихся показателем i , равным единице, является принципиальная возможность освоения таких земель. Предполагается, что, хотя и с ограничениями, но сельскохозяйственные земли с такими нарушениями экологического благополучия использовать можно, а мероприятия по реабилитации призваны обеспечить расширение направлений освоения таких территорий.

При значениях i , равных двум, освоение сельскохозяйственных земель в ближайшей перспективе признается невозможным. Предполагается такая деформация экологической среды, при которой возобновление производства связано с возможностью возникновения критических ситуаций или получением сельскохозяйственной продукции, опасной для жизни и здоровья человека. При этом превышение экологической деформации среды не может быть в сколь-либо значимой форме компенсировано использованием специальных агротехнических приемов или направлений сельскохозяйственного производства.

Результаты и обсуждение. Предложенный подход к формированию природно-экологических моделей брошенных и длительное время не используемых, в том числе бывших мелиорированных сельскохозяйственных земель, имеет свои недостатки, однако дает простые и понятные инструменты для разработки стратегии освоения таких террито-

рий. Значение критерия i в предложенном алгоритме (рисунок 1) принято в качестве исходного ключевого показателя, характеризующего выбор стратегии освоения и направлений последующего сельскохозяйственного использования осваиваемых территорий.

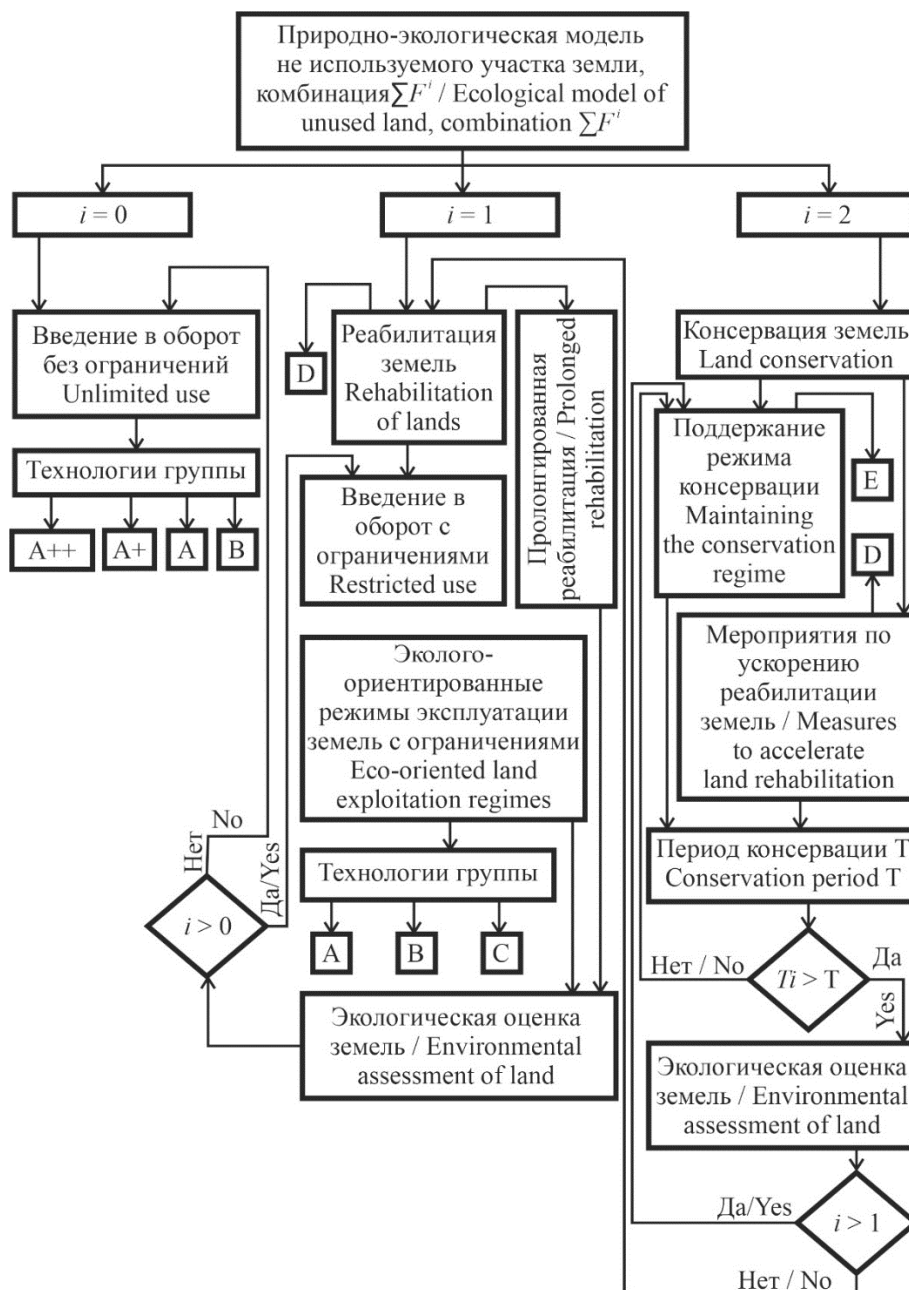


Рисунок 1 – Стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота сельскохозяйственных земель в зависимости от природно-экологической модели состояния территории

Figure 1 – Strategies for resuming the use of agricultural lands previously withdrawn from circulation, depending on the natural-ecological model of the state of the territory

При значениях критерия i , равных нулю, освоение длительное время не используемых сельскохозяйственных территорий возможно без каких-либо ограничений. Такое экологическое состояние осваиваемых территорий предполагает отсутствие каких-либо значимых процессов деградации земель, мелиоративное благополучие, благопри-

ятное размещение относительно факторов техногенного характера, отсутствие карантинных сорняков или вредителей и формирование зональных типов растительного покрова. Кроме того, предполагается наличие действующей гидромелиоративной системы, сегменты которой на вновь вводимых в оборот землях обеспечивают выполнение заданных функций в приемлемом технологическом режиме. Такие территории являются наиболее привлекательными с точки зрения повторного вовлечения в сельскохозяйственный оборот с восстановлением мелиоративной функции. Эти земли также очень привлекательны и для освоения новых, эколого-ориентированных, так называемых «зеленых» технологий производства сельскохозяйственной продукции.

Предложенная стратегия (рисунок 1) предполагает выбор определенной технологии освоения длительное время не используемых земель в зависимости от сложившейся природно-экологической ситуации и состояния инженерных элементов сегмента гидромелиоративной системы, обслуживающего эту территорию. Для решения этой задачи были выделены семь технологических групп, имеющих качественные отличия как по потенциальным возможностям освоения неиспользуемых земель с различной экологической ситуацией, так и в отношении производства экологически безопасной продукции, в том числе и возможности развертывания «особых» направлений использования. К таким направлениям, в частности, можно отнести производство лекарственного сырья, сырья для производства детского питания, лечебно-профилактического питания и другие направления, предъявляющие особые требования к условиям производства.

Для неиспользуемых аграрных территорий, значение критерия i которых равно нулю, стратегия предполагает возможность использования технологий освоения из группы В, а также групп А, А+ и А++.

Технологии класса А предполагают возможность возделывания практически всех без исключения сельскохозяйственных культур, входящих в составы региональных севооборотов, и также тех видов сельскохозяйственных растений, интродукция которых возможна (и целесообразна!) с учетом региональных природно-климатических особенностей. Применение технологий класса А предполагает полное отсутствие каких-либо дополнительных ограничений экологического характера по мелиоративному состоянию земель и плодородию почвы, степени эрозионной опасности и т.д. Это технологии так называемого «прямого освоения», когда залежь, сформировавшаяся на длительно не используемых сельскохозяйственных, может без предварительной подготовки и каких-либо специальных приемов адаптации вводиться в сельскохозяйственный оборот (рисунок 2).



Рисунок 2 – Прямое освоение многолетней залежи в КФХ Выборнов В. Д. Ленинского района Волгоградской области

Figure 2 – Direct development of a multi-year deposit in a peasant farm
Vybornov V. D. Leninsky district of the Volgograd region

В то же время считаем целесообразным деление технологий класса А на группы, характеризующиеся различным уровнем экологической безопасности производства. На рисунке 1 эти группы технологий выделены индексами А, А+ и А++.

Технологии группы А – это технологии и системы земледелия, характеризующиеся применением разрешенных средств агрономической химии. Эта группа включает совокупность классических интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, традиционно разрабатываемых и используемых в условиях орошения (рисунок 3). Технологии допускают применение минеральных удобрений и минерально-органических комплексов, гербицидов как средства борьбы с сорной растительностью, за исключением группы карантинных сорняков, фунгицидов и инсектицидов, входящих в перечень пестицидов, разрешенных к применению в Российской Федерации. Эта группа технологий имеет, пожалуй, наибольшие перспективы в плане освоения длительного время не используемых сельскохозяйственных земель, так как позволяет максимально эффективно решать текущие задачи, подавлять развитие сорной растительности, предупреждать развитие болезней и распространение вредителей. Последнее особенно актуально, когда к освоению территорий подходят не комплексно, а мозаично, и вводимые в оборот земли граничат с оставшимися невостребованными территориями, резервирующими различные виды сельскохозяйственных вредителей. С другой стороны, необходимо учитывать, что широкое использование средств агрономической химии уже не соответствует современным трендам и стратегиям развития сельскохозяйственного производства.



Рисунок 3 – Возделывание кукурузы на вновь вовлекаемых в оборот мелиорированных землях в ОАО «Агрофирма «Восток» Николаевского района Волгоградской области

Figure 3 – Cultivation of maize on reclaimed lands newly drawn into circulation at JSC «Agrofirma Vostok» of the Nikolaevsky district of the Volgograd region

Группа технологий А+ включает биологизированные системы земледелия и технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Это группа технологий также предполагает возможность интенсивного ведения сельского хозяйства, однако используется при производстве продукции с повышенными требованиями к экологической безопасности. Задача решается путем расширенного использования биологизированных приемов в возделывании сельскохозяйственных культур, оптимизации ризосфер-

ной и эндофитной структуры в микробиологической функции почвы, применения микробиологических средств защиты растений, микробиологических удобрений, энтомо- и акарифагов, продуктов жизнедеятельности микробных ассоциаций, оказывающих видоспецифичное влияние на возбудителей болезней и вредителей.

Технологии группы А+ не декларируют полного отказа от применения средств агрономической химии. Однако применяется она, как правило, точно и только в том случае, когда задача не решается биологизированными агроприемами. Технологии группы А+ также предполагают широкое использование наукоемких технологий и доказанных синергетических эффектов, позволяющих минимизировать применение агрохимии и существенно снижать дозировку препаратов в наиболее токсичной ее части. Кроме того, технологии группы А+ предполагают наличие дополнительных ограничений на применение средств агрономической химии в соответствии с требованиями производимой продукции.

Группа А++ включает совокупность технологий возделывания сельскохозяйственных культур по системе органического земледелия. Данная система изначально разрабатывалась на принципах полного отказа от применения средств агрономической химии, и все ее позиции регламентируют запрет на любые техногенные загрязнения, которые могут попасть в готовую продукцию. Введение технологий органической системы земледелия предполагает наличие переходного периода, в течение которого производимая продукция не может быть признана органической. Вместе с тем период, когда земли не использовались в сельскохозяйственном производстве, при определенных условиях может быть зачтен в счет переходного периода. В этом случае освоение длительное время не используемых земель может проводиться сразу с использованием технологий, подразумевающих непосредственное производство продукции органического земледелия, то есть реализуется принцип прямого ведения в оборот. Следует признать, что регламент сельскохозяйственных технологий, обеспечивающих гарантированно успешное ведение в оборот длительное время не используемых сельскохозяйственных земель, сегодня еще не разработан в достаточной мере. Кроме того, культура органического сельского хозяйства разрабатывалась не только (и даже, может быть, не столько!) как система земледелия, но и как бренд экологически чистых продуктов питания. И это в значительной мере прослеживается на примере современных органических технологий, когда есть запрет на простые и понятные любому формы «токсичных» агротехнических приемов, но экологическая безопасность применяемых технологий не всегда в достаточной мере и научно обоснованна.

Технологии группы В тоже могут быть использованы в качестве технологий «прямого освоения», когда совокупность приемов возделывания сельскохозяйственной культуры и тайм-планы освоения длительное время не используемых сельскохозяйственных земель в большей части совпадают. Технологии группы В также базируются на принципах интенсивного или адаптивного сельского хозяйства в зависимости от природно-экологических условий возделывания, возделываемой культуры и экономической конъюнктуры производства. Принципиальным отличием технологий, отнесенным нами к группе В, является необходимость в проведении мелиоративных мероприятий для улучшения условий выращивания растений. При значениях критерия i , равных нулю, экологическое состояние земель предполагается в пределах нормы. Однако и диапазон допустимых отклонений факторов, определяющих в совокупности экологическое состояние земель, может включать различные уровни «экологического благополучия». Мелиорирующие приемы, применяемые в рамках группы технологий В, используются в этом случае для оптимизации условий выращивания с целью повышения продуктивности посевов и качества получаемой продукции.

При значениях критерия i , равных единице, освоение длительное время не используемых сельскохозяйственных территорий предполагает наличие определенного рода ограничений, необходимость реабилитации земель, проведения рекультивационных мероприятий, реставрации или реконструкции элементов гидромелиоративной сети в границах данной территории.

Если i , равное единице, присвоено относительно ситуации с каким-либо из природно-экологических сегментов модели, подразумевается необходимость проведения рекультивационных мероприятий или реабилитации земель, применение каких-либо специальных агротехнических приемов, в достаточной мере компенсирующих влияние негативного фактора (факторов). Если же i , равное единице, присвоено относительно инженерной системы для реализации мелиоративных технологий, то предполагается необходимость реставрации или реконструкции элементов гидромелиоративной системы, а освоение земель возможно без наложения специальных ограничений. Следует понимать, что в реальности зачастую наблюдается комплексное отклонение факторов, принадлежащих разным сегментам природно-экологической модели, и, соответственно, требуются комплексные подходы и технологии освоения таких земель. Общие подходы при этом следующие:

- проводятся мероприятия по рекультивации или назначаются параметры реабилитации земель, итогом которых предполагается компенсация негативных факторов среды до приемлемого уровня, при которых возможно хотя бы ограниченное использование земель;
- назначаются эколого-ориентированные режимы эксплуатации земель с ограничениями. Такие режимы эксплуатации вновь вводимых в оборот сельскохозяйственных земель предполагают формирование общего вектора восстановления экологической ситуации и постепенное возвращение негативных факторов в пределы допустимого диапазона;
- как альтернатива эколого-ориентированным режимам эксплуатации земель, когда такой подход к освоению земель экономически невыгоден или не вписывается в утвержденные тайм-планы программы освоения, возможна реализация концепции пролонгированной реабилитации земель. Пролонгированная реабилитация земель предполагает компенсацию отклонений негативных факторов по каждому сегменту природно-экологической модели до уровня, когда показатели не превышают допустимых норм. Освоение земель в этом случае возможно уже без наложения ограничений;
- по прошествии обоснованного периода эксплуатации земель с ограничениями или пролонгированной реабилитации назначается экологическая оценка земель, которая должна достоверно подтвердить возвращение в норму факторов, по которым ранее были установлены критические отклонения. По результатам такой оценки предполагается два исхода. В случае если подтверждена компенсация отклонения факторов до нормы, критерию i природно-экологической модели присваивается значение ноль (0), а земли с этого момента могут использоваться без ограничений. Если же показатели по этому перечню факторов все еще выходят за пределы допустимого диапазона, значение критерия i не меняется, а период эксплуатации земель с ограничениями продлевается.

Таким образом, стратегия предполагает общее поступательное движение экологического состояния осваиваемых территорий в направлении восстановления с возможностью последующего использования без ограничений.

Эколого-ориентированные режимы эксплуатации земель с ограничениями предполагают использование технологий группы А, В и С. На самом деле длительная реабилитация земель с индексом экологического состояния $i = 1$ является не исключительно обязательным условием их освоения для сельскохозяйственного использования. Технологии группы В, которые включают специальные приемы улучшения экологического состояния земель, могут с успехом использоваться, если этого воздействия достаточно, чтобы ком-

пенсировать негативное влияние факторов с показателем $i = 1$. Также допустимым является и использование технологий группы А, обладающих весьма эффективными инструментами на основе агрономической химии. Такого рода технологии допускают прямое освоение земель даже при исключительно высоких степенях распространения полевой сорной растительности, вредителей и болезней, макроэлементном истощении почвы, которое может быть компенсировано применением минеральных удобрений.

Технологии группы С используются, когда технологические комплексы группы А и В не позволяют компенсировать влияние факторов с показателем $i = 1$ до приемлемого уровня. В этом случае вводятся различного рода ограничения на сельскохозяйственное использование вновь вводимых в оборот земель, призванные исключить получение небезопасной для жизни и здоровья продукции, а также предотвратить возможность интенсификации деградационных процессов. Ограничения, которые применяются на таких землях, зависят от совокупности нарушенных факторов окружающей среды. Это могут быть ограничения по виду производимой продукции и ее назначения, которые исходят из того, что разные сельскохозяйственные культуры неодинаково восприимчивы к факторам окружающей среды, отклонения по которым вышли за пределы допустимого диапазона. Слабая восприимчивость к таким факторам является дополнительным буфером, компенсирующим негативное действие факторов. Другой подход предполагает введение промежуточного звена для компенсации действия «токсичных» факторов. Например, вводимые в оборот земли на начальном этапе могут использоваться для производства не пищевых продуктов, а кормов для животных. Технологии приготовления кормов и особенности их использования животными являются тем самым буфером, который способен компенсировать действие негативного («токсичного») фактора. Другой вид ограничений предполагает ограничение на использование технологий возделывания сельскохозяйственных культур. В зависимости от совокупности неблагоприятных экологических факторов могут быть ограничены эрозионно опасные технологии, некоторые гидромелиоративные технологии и т.д.

Ограничение по использованию вновь вводимых в оборот сельскохозяйственных земель также предполагает возможность наложения временного запрета на производство сельскохозяйственной продукции в период экологической реабилитации этих территорий. При необходимости могут проводиться рекультивационные мероприятия (технологии группы D), результатом которых предполагается возможность, хоть в ряде случаев и ограниченного, использования сельскохозяйственных земель для производства продукции.

При значении критерия i , равному двум, предполагается, что природно-экологическая ситуация получила чрезвычайно опасное негативное развитие и использование земель путем повторного ввода в сельскохозяйственный оборот недопустимо. Такая ситуация, например, сложилась в зоне радиоактивного загрязнения ЧАЭС, где превышение загрязнения почвы по радионуклидам на длительный период вывело сельскохозяйственные земли из оборота. Другим примером являются земли с критическим уровнем снижения содержания гумуса, сбитые и подверженные интенсивному процессу опустынивания территории. Использование таких земель в сельскохозяйственном производстве в этом случае невозможно. Более того, необходима консервация негативных процессов, важно остановить и предотвратить распространение негативных факторов на смежные сельскохозяйственные территории.

Предложенная стратегия в отношении таких земель предполагает реализацию мероприятий по следующим основным направлениям:

– консервация земель. Мероприятия такого рода направлены на предотвращение распространения негативных процессов за пределы зоны консервации; определение зоны консервации является важной неотъемлемой частью этих работ;

– поддержание режима консервации. Это та работа, которая необходима, чтобы поддерживать созданные барьеры в полностью функциональном состоянии;

– мероприятия по реабилитации земель в зоне консервации. Этот вид мероприятий предполагает работу непосредственно с негативными процессами, приведшими к утрате производственного потенциала сельскохозяйственных земель. Предполагается компенсация, снижение и ликвидация негативного тренда, а также постепенное восстановление функции земель как природного объекта, используемого для производства сельскохозяйственной продукции;

– контроль за состоянием объектов консервации и оценка периода реабилитации земель. Предполагается, что в течение периода реабилитации функции земель восстанавливаются, как минимум, до уровня, когда возможно их сельскохозяйственное использование с ограничениями. Оценка периода реабилитации проводится на основе оценки трендов с учетом закономерностей и специфики процессов, определяющих развитие негативных факторов, а также факторов восстановления функции сельскохозяйственных угодий;

– по истечении периода реабилитации земель проводится экологическая оценка, в задачи которой входит изучение текущего состояния земель и возможности их расконсервирования для последующего сельскохозяйственного использования. В случае если экологическая ситуация позволяет, критерий i для территории понижают до единицы и в силу вступает стратегия ввода земель в сельскохозяйственный оборот с ограничениями.

Технологии, которые используются в отношении земель со значениями критерия $i = 2$, относятся к группам D и E. Технологии группы D предполагают проведение рекультивационных мероприятий, мероприятий по ускорению реабилитации земель, преломления негативных процессов и формированию восстановительного тренда. Технологии группы E – это направление по консервации земель и поддержания режима консервации в течение всего периода реабилитации.

Выводы. Разработан алгоритм выбора стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота сельскохозяйственных земель в зависимости от природно-экологической модели состояния территории. В основу качественного дифференцирования предполагаемых к освоению земель относительно природно-экологического состояния, а также готовности гидромелиоративных систем положен комплексный показатель – условный критерий i , который делит длительное время не используемые угодья на три крупных кластера. Это земли благополучные с точки зрения экологии окружающей среды с действующими сегментами гидромелиоративной системы, которые могут быть освоены для сельскохозяйственного использования без ограничений; земли с нарушениями и отклонениями от нормы, превышающими предельно допустимые значения, но которые могут быть освоены и использоваться с ограничениями, а также земли, на которых деформации экологического скелета достигли критических отметок и которые не могут быть введены в сельскохозяйственный оборот непосредственно. Предложенная стратегия связывает эти категории в едином процессе, общий вектор которого направлен в сторону восстановления функций сельскохозяйственных земель и улучшения экологического состояния путем последовательного вовлечения в работу различных технологических групп. Технологические группы разработаны с учетом специфики рассматриваемой проблематики и формируют проблемно ориентированные технологические комплексы начиная от консервации наиболее нарушенных территорий и закаячивая прямым освоением земель с использованием органического земледелия или биологизированных систем земледелия. Стратегия позволяет разработать последовательные, научно обоснованные программы освоения длительного время не используемых сельскохозяйственных земель для практически любых экологических категорий.

Библиографический список

1. Арзамасцева Н. В., Прохорова Н. В., Хамидова Л. Л. Проблема достоверности и полноты информации о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021. № 3. С. 119-128.
2. Балакай Г. Т., Куприянова С. В. Техническое состояние мелиоративных систем России и предложения по их восстановлению // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 1 (77). С. 5-9.
3. Дубенок Н. Н., Ольгаренко Г. В. Перспективы восстановления мелиоративного комплекса Российской Федерации // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 2. С. 56-59.
4. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф. Диагностика деградационных процессов на неиспользуемых сельскохозяйственных землях // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64. № 2.
5. Результаты технологии введения залежных земель в севооборот / А. В. Кудрявцев, Ю. А. Кокорев, П. В. Морозов, В. В. Голубев, Е. С. Белякова, В. В. Косолапов // Вестник НГИЭИ. 2020. № 12 (115). С. 5-15.
6. Салпагарова И. А., Любимова И. Н. Возможность и целесообразность возврата в сельскохозяйственный оборот ранее мелиорированных солонцовых земель // Почвоведение. 2020. № 9. С. 1100-1110.
7. Семенова Е. И., Титова В. И., Митянин И. О. Содержание тяжелых металлов в почве после распашки залежи первой стадии сукцессии // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 1-1 (91). С. 108-113.
8. Хлыстун В. Н., Мурашева А. А., Столяров В. М. Концептуальные подходы к разработке и реализации программы вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2020. № 5. С. 2-11.
9. Ходячих И. Н. Смена аспектов фитоценозов на разновозрастных залежах степной зоны Южного Урала // Естественные и технические науки. 2021. № 5 (156). С. 77-80.
10. Шадских В. А., Кижяева В. Е., Романова Л. Г. Эколого-мелиоративные аспекты использования орошаемых земель саратовской области // Экология и строительство. 2020. № 2. С. 58-65.
11. Шевченко В. А. Современные оценки неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения на Нижней Волге // Природообустройство. 2020. № 2. С. 6-13.
12. Bell S. M. Soil organic carbon accumulation rates on mediterranean abandoned agricultural lands // The Science of the Total Environment. 2021. V. 759. N. 143535.
13. Khryk V. M., Kimeichuk I. V., Nosnikau V. V. Stability of natural regeneration at ravine-gully systems // Proceedings of BSTU. Issue 1, Forestry, Nature Management, Processing of Renewable Resources. 2021. № 2 (246). P. 103-111.
14. Kozak M., Pudelko R. Impact assessment of the long-term fallowed land on agricultural soils and the possibility of their return to agriculture // Agriculture. 2021. V. 11. N 2. P. 1-16.
15. Restoring steppe landscapes: patterns, drivers and implications in Russia's steppes / R. Pazur, P. H. Verburg, M. Bürgi, A. V. Prishchepov, K. Myachina, S. Levykin, G. Kazachkov, I. Yakovlev, E. V. Ponkina, N. Rogova, R. Akhmetov // Landscape Ecology. 2021. V. 36. N 2. P. 407-425.

Conclusions. An algorithm for choosing a strategy for resuming the use of agricultural lands previously withdrawn from circulation has been developed, depending on the natural-ecological model of the state of the territory. The basis for the qualitative differentiation of lands intended for development in relation to the natural and ecological state, as well as the readiness of irrigation and drainage systems, is a complex indicator, the conditional criterion i, which divides the unused lands for a long time into three large clusters. These are lands that are safe from the point of view of environmental ecology with existing segments of the irrigation and drainage system, which can be developed for agricultural use without restrictions, lands with violations and deviations from the norm, exceeding the maximum permissible values, but which can be developed and used with restrictions, as well as lands on which the deformations of the ecological skeleton have reached critical levels, and which cannot be directly introduced into agricultural circulation. The proposed strategy links these categories in a

single process, the general vector of which is directed towards the restoration of the functions of agricultural lands and improvement of the ecological state through the consistent involvement of various technological groups in the work. Technological groups are developed taking into account the specifics of the problems under consideration and form problem-oriented technological complexes, starting from the conservation of the most disturbed territories and pumping direct land development using organic or biologized farming systems. The strategy makes it possible to develop consistent, scientifically grounded programs for the development of unused agricultural lands for a long time, for almost any environmental category.

References

1. Arzamasceva N. V., Prohorova N. V., Hamidova L. L. Problema dostovernosti i polnoty informacii o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2021. № 3. P. 119-128.
2. Balakaj G. T., Kupriyanova S. V. Tehnicheskoe sostoyanie meliorativnyh sistem Rossii i predlozheniya po ih vosstanovleniyu // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2020. № 1 (77). P. 5-9.
3. Dubenok N. N., Ol'garenko G. V. Perspektivy vosstanovleniya meliorativnogo kompleksa Rossijskoj Federacii // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2021. № 2. P. 56-59.
4. Kirejcheva L. V., Yurchenko I. F. Diagnostika degradacionnyh processov na neispol'zuemyh sel'skohozyajstvennyh zemlyah // International Agricultural Journal. 2021. T. 64. № 2.
5. Rezul'taty tehnologii vvedeniya zaleznyh zemel' v sevooborot / A. V. Kudryavcev, Yu. A. Kokorev, P. V. Morozov, V. V. Golubev, E. S. Belyakova, V. V. Kosolapov // Vestnik NGI. 2020. № 12 (115). P. 5-15.
6. Salpagarova I. A., Lyubimova I. N. Vozmozhnost' i celesoobraznost' vozvrata v sel'skohozyajstvennyj oborot ranee meliorirovannyh soloncovykh zemel' // Pochvovedenie. 2020. № 9. P. 1100-1110.
7. Semenova E. I., Titova V. I., Mityanin I. O. Soderzhanie tyazhelykh metallov v pochve posle raspashki zalezhi pervoj stadii sukcesii // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2020. № 1-1 (91). P. 108-113.
8. Hlystun V. N., Murasheva A. A., Stolyarov V. M. Konceptual'nye podhody k razrabotke i realizacii programmy вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных земель // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2020. № 5. P. 2-11.
9. Hodyachih I. N. Cmena aspektov fitocенозов на разновозрастных залежах степной зоны Южного Урала // Estestvennye i tehicheskie nauki. 2021. № 5 (156). P. 77-80.
10. Shadskih V. A., Kizhaeva V. E., Romanova L. G. Jekologo-meliorativnye aspekty ispol'zovaniya oroshaemykh zemel' saratovskoj oblasti // Jekologiya i stroitel'stvo. 2020. № 2. P. 58-65.
11. Shevchenko V. A. Sovremennye ocenki neispol'zuemykh zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya na Nizhnej Volge // Prirodoobustrojstvo. 2020. № 2. P. 6-13.
12. Bell S. M. Soil organic carbon accumulation rates on mediterranean abandoned agricultural lands // The Science of the Total Environment. 2021. V. 759. P. 143535.
13. Khryk V. M., Kimeichuk I. V., Nosnikau V. V. Stability of natural regeneration at ravine-gully systems // Proceedings of BSTU. Issue 1, Forestry, Nature Management, Processing of Renewable Resources. 2021. № 2 (246). P. 103-111.
14. Kozak M., Pudelko R. Impact assessment of the long-term fallowed land on agricultural soils and the possibility of their return to agriculture // Agriculture. 2021. V. 11. N 2. P. 1-16.
15. Restoring steppe landscapes: patterns, drivers and implications in Russia's steppes / R. Pazur, P. H. Verburg, M. Bürgi, A. V. Prishchepov, K. Myachina, S. Levykin, G. Kazachkov, I. Yakovlev, E. V. Ponkina, N. Rogova, R. Akhmetov // Landscape Ecology. 2021. V. 36. N 2. P. 407-425.

Authors Information:

Shevchenko Viktor Alexandrovich, Corresponding Member of RAS, Director of the all-Russian research Institute of hydraulic engineering and melioration named after A. N. Kostyakov (127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya street, 44, building 2), doctor of agricultural Sciences, Professor

E-mail: mail@vniigim.ru

Lytov Michail Nikolaevich, Leading Researcher, Volgograd Branch of the Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation A.N. Kostyakova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), Candidate of Agricultural Sciences, assistant professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, E-mail: LytovMN@yandex.ru

Информация об авторах:

Шевченко Виктор Александрович, член-корреспондент РАН, директор Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (127550, Москва, ул. Большая Академическая, 44, корпус 2), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

E-mail: mail@vniigim.ru

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

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-31

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE UNIFORM APPLICATION OF A WORKING SOLUTION ON THE IMPACTED OBJECT DURING THE TREATMENT OF AROUND CROPS BY THE METHOD OF STRIP SPRAYING

I.B. Borisenko^{1,2}, M. V. Meznikova¹, E. I. Ulybina^{1,3}

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia*

²*Federal State Budgetary Scientific Institution*

«Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region

³*State Budget Professional Educational Institution*

«Sebryakovsky Technological College» Volgograd region, Russia

Received 12.09.2021

Submitted 15.11.2021

Abstract

Introduction. This article discusses the indicators and factors that affect the uniformity of the application of the solution to the processing object during the operation of chemical protection of row crops. The uniformity of the sunflower solution coating is estimated from the position of the traditional and strip technology of applying the solution to the plant. A theoretical justification is given for the indicator of the uniformity of applying a chemical solution to the culture in the longitudinal and transverse planes, depending on the vibrations of the sprayer rod. The analysis of the coefficient of variation of the solution distribution depending on the installation of the sprayers on the rod is also given. Since the effectiveness of covering the entire crop with drops of solution will depend on the drift of the drop by the wind, it is therefore necessary to try to install the sprayers as close as possible to the surface of the treatment, so that the drops of solution have time to reach the leaf plate of the plant without being vaporized. This is not always possible to achieve, since reducing the installation height of the sprayers. **Materials and methods.** To justify the factors affecting the reduction of rod vibrations during continuous and strip spraying, the operational and agro-technological requirements for rod sprayers were taken into account. They were also based on practical and theoretical studies previously obtained in the study of the parameters of rod sprayers. Mathematical dependences of the influence of vertical, transverse and angular vibrations of the rod on the uniformity of the coating of the plant with a chemical solution were derived. **Results and conclusions.** The theoretical justification of the factors affecting the uniformity of spraying along the line of movement in the longitudinal plane of the rod vibrations allowed us to determine the coefficient of variation as the most important parameter affecting the quality of spraying. The mathematical dependence of the height of the fusion of the H_c - zone of continuous spraying, on the distance between the sprayers M and the spray angle of the installed nozzle β , is also derived. The influence of vertical vibrations of the rod on the amount of coating of the culture with the spray torch is determined and the coefficient of change of these vibrations K_b is derived. According to the results of theoretical studies, it was concluded that for high-stemmed crops, such as sunflower, during the operation of chemical protection, it is necessary that the plant always remains in the zone of continuous directional spraying. Since with directional spraying, the maximum possibility of de-

stroying pests and diseases is achieved. The accuracy and uniformity of the application of the solution to the culture is significantly affected by the longitudinal, transverse and vertical, and angular vibrations of the rod. Due to the fact that during continuous spraying it is difficult to achieve the required quality of spraying without reducing the installation height of the sprayers on the rod, and therefore the zone of continuous spraying is constantly changing with such fluctuations. The technology of strip spraying, on the contrary, with the derived theoretical coefficients, shows a decrease in the height of spraying from vertical vibrations of the rod at a given installation height required by operational characteristics. This is due to the fact that when the sprayer rotates relative to its axis by 45° , the solution is redistributed, while the height of the fusion between the sprayers is reduced by half. This leads, on the contrary, to an increase in the spraying area for longline crops. By increasing the height of the confluence zone, you can reduce the installation of the sprayer rod, while the quality of spraying will only improve. The coating coefficient, which affects the quality of the spray, increases with a decrease in the height of the rod vibrations. Therefore, the maximum effect will be achieved in the uniformity and quality of spraying.

Key words: *rod sprayer, rod vibrations, modernization of sprayers, chemical plant protection, quality of spraying, strip method of chemical treatment, row crops, uniformity of spraying.*

Citation. Borisenko, I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. Theoretical justification of the uniform application of a working solution on the impacted object during the treatment of around crops by the method of strip spraying *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4 (64). 296-305. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-31.

Author's contribution. All the authors of this article took part in the analysis, planning, research and mathematical calculations to justify the theoretical dependencies that reduce the vibrations of the rod using the new technology. The authors reviewed and approved the received version of the article.

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

УДК 632.98:631.348.45

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ НАНЕСЕНИЯ РАБОЧЕГО РАСТВОРА НА ОБЪЕКТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР СПОСОБОМ ПОЛОСОВОГО ОПРЫСКИВАНИЯ

И. Б. Борисенко^{1,2}, доктор технических наук, старший научный сотрудник
М. В. Мезникова¹, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Е. И. Улыбина^{1,3}, соискатель

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

²ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук, с. Соленое Займище, Астраханская область

³Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Себряковский технологический техникум, Волгоградская обл., г. Михайловка, Россия

Дата поступления в редакцию 12.09.2021

Дата принятия к печати 15.11.2021

Актуальность. В данной статье рассматриваются показатели и факторы, влияющие на равномерность нанесения раствора на объект обработки при проведении операции химической защиты пропашных культур. Оценивается равномерность покрытия раствором подсолнечника с позиции традиционной и полосовой технологии нанесения раствора на растение. Дано теоретическое обоснование показателю равномерности нанесения химического раствора на культуру в продольной и поперечной плоскости в зависимости от колебаний штанги опрыскивателя, а также дан анализ коэффициента вариации распределения раствора в зависимости от установки распылителей на штанге. Так как эффективность покрытия каплями раствора всей культуры будет зависеть от сноса капли ветром, необходимо стремиться устанавливать распылители как можно ближе к поверхности обработки, чтобы капли раствора успевали долетать до листовой пластины растения не испаряясь. Этого не всегда удастся добиться, так как, снижая установочную высоту распылителей, необходимо обязательно учитывать рельеф поля и его неоднородность, чтобы избежать зацепов краем штанги опрыс-

квивателя за почву. Особенно это характерно для опрыскивателей с большой шириной захвата. Несоблюдение установочной высоты будет приводить к большим механическим повреждениям урожая или превышающему норму нанесению химического раствора на культуру, что ведет к токсичности и перенасыщению раствором растений. Для соблюдения всех требований к качеству и равномерности нанесения раствора на растение необходимо также учитывать и угловые колебания штанги относительно оси подвеса штанги. Учитывая все колебания штанги опрыскивателя, необходимо помнить, что подсолнечник – высокостебельная культура, которая должна находиться с учетом роста и развития в зоне максимального распыления раствора. Этого можно добиться изменив угол наклона оси распылителя на штанге и перераспределяя раствор. При этом распределении поток рабочего раствора можно сделать более стабильным и равномерным вне зависимости от колебаний штанги и рельефа поля и улучшить качественные показатели опрыскивания. **Материалы и методы.** Для обоснования факторов, влияющих на снижение колебаний штанги при сплошном и полосовом опрыскивании, учитывали эксплуатационные и агротехнологические требования, предъявляемые к штанговым опрыскивателям. Также основывались на практических и теоретических исследованиях, полученных ранее при изучении параметров штанговых опрыскивателей. Были выведены математические зависимости влияния вертикальных колебаний штанги на равномерность покрытия растения химическим раствором. **Результаты.** Теоретическое обоснование факторов, влияющих на равномерность опрыскивания вдоль линии движения в продольной плоскости колебаний штанги, позволило определить коэффициент вариации как наиболее важный параметр, влияющий на качество опрыскивания, также выведена математическая зависимость высоты слияния H_c – зоны сплошного опрыскивания, от расстояния между распылителями M и углом распыла установленной форсунки β для технологии полосового опрыскивания. Определено влияние вертикальных колебаний штанги на величину покрытия культуры факелом распыла. Выведен коэффициент изменения этих колебаний K_B . **Обсуждение и выводы.** По результатам теоретических исследований пришли к выводу, что для высокостебельных культур, таких как подсолнечник, при операции химической защиты необходимо, чтобы растение всегда оставалось в зоне сплошного направленного опрыскивания. Так как при направленном опрыскивании достигается максимальная возможность уничтожения вредителей и болезней. На точность и равномерность нанесения раствора на культуру существенное воздействие оказывают продольные, поперечные и вертикальные, и угловые колебания штанги, за счет которых при сплошном опрыскивании трудно добиться требуемого качества опрыскивания, не снижая установочной высоты распылителей на штанге, а следовательно, зона сплошного опрыскивания при таких колебаниях постоянно меняется. Технология полосового опрыскивания, наоборот, при выведенных теоретических коэффициентах показывает снижение высоты опрыскивания от вертикальных колебаний штанги при заданной установочной высоте, требуемой эксплуатационными характеристиками. Это объясняется тем, что при повороте распылителя относительно своей оси на 45° происходит перераспределение раствора, при уменьшении в два раза высоты слияния между распылителями, что приводит, наоборот, к увеличению зоны опрыскивания для ярусных культур. За счет увеличения высоты зоны слияния можно снижать установку штанги опрыскивателя, при этом качество опрыскивания будет только улучшаться. Коэффициент покрытия, влияющий на качество распыла, при снижении высоты колебаний штанги увеличивается, поэтому будет достигаться максимальный эффект в равномерности и качестве опрыскивания.

Ключевые слова: *штанговые опрыскиватели, колебания штанги, модернизация опрыскивателей, химическая защита растений, качество опрыскивания, полосовой способ химической обработки, пропашные культуры, равномерность опрыскивания.*

Цитирование. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Теоретическое обоснование равномерности нанесения рабочего раствора на объект воздействия при обработке пропашных культур способом полосового опрыскивания. *Известия НВ АУК.* 2021. 4 (64). 296-305. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-31.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали участие в анализе, планировании, исследовании и математических расчетах для обоснования теоретических зависимостей снижающих колебания штанги с использованием новой технологии. Авторы ознакомились и одобрили полученный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Из-за поражения растений болезнями и вредителями потери при получении урожайности могут снижаться на 30-50 % [7, 8]. Поэтому так важен поиск новых технологий при выращивании культур, которые оказывали бы снижающее воздействие болезней, вредителей и сорной растительности [1, 2]. Для этого необходимо, чтобы новые подходы в выборе технологий включали в себя комплекс механических, карантинных, агротехнологических и химических мероприятий [14]. Химические методы защиты с точки зрения экономической выгоды являются наиболее затратными [6]. Проблема рационального использования химических растворов при опрыскивании культурных растений приобретает мировой масштаб, так как именно от этого зависит качество и количество получаемой продукции. А это прямопропорциональная зависимость экологического благополучия и здоровья человека [3].

При этом необходим тщательный подход к выбору новых технологий, которые учитывали бы равномерность нанесения капель на растение при опрыскивании, их однородность и уменьшение сноса капель при неблагоприятных погодных условиях [5, 15]. Нужны новые технологии, которые бы обеспечивали снижение расхода химических препаратов, при этом обеспечивая безопасность окружающей среды. На практике качество распыла оставляет желать лучшего из-за несовершенства конструкции штанговых опрыскивателей [9, 10].

Важно также помнить, что при новых способах опрыскивания выгодным является направленное опрыскивание. Сущность этого способа заключается в том, что раствор направляется только на те участки высокостебельных культур, которые подлежат обработке. Но даже при таком подходе высока вероятность зависимости качества распыла от вертикальных, угловых и продольных колебаний штанги опрыскивателя [4, 13]. Так, при сплошном направленном опрыскивании с применением современной системы распыла и смонтированных на штанге дополнительных понизителей для обработки обратной стороны листа высокостебельных культур не приведет к улучшению качества обработки, так как колебания штанги будут присутствовать и эффект от распыления снизится [12, 16]. Выбранный новый способ полосового нанесения раствора на растение позволяет за счет перераспределения раствора и направления его под определенным углом обеспечить максимальную густоту покрытия раствором мест скопления болезней и вредителей, а также минимизировать эффект от наличия вертикальных, продольных и угловых колебаний штанги.

Материалы и методы. Для достижения поставленной научной задачи, которая сводится к определению сравнительного анализа влияния вертикальных колебаний штанги на качество опрыскивания при сплошном и полосовом опрыскивании, были использованы материалы и рисунки, описанные в патенте способа полосовой химической обработки высокостебельных культур № 2709762 от 29.12.2019 года. Данный способ направлен на распыление рабочего раствора над рядами растений боковыми форсунками с ориентированными навстречу конусам распыла 65-80°. При этом угол пересечения конусов распыла составляет менее 180°, а нижние края находятся в зоне абриса проекции растений. Данный способ позволяет снизить вертикальные колебания штанги на ширину обрабатываемой полосы. Для определения снижения величины колебаний были применены и выведены единые обозначения параметров, связывающих высоту колебания штанги, ширину захвата обрабатываемой полосы для сплошного и полосового способа. Составлены математические уравнения с использованием зависимости параметров для двух способов. Сделан сравнительный анализ. Определены результаты.

Результаты и обсуждение. Для оценки результатов были определены качественные показатели нанесения рабочего раствора на растение. Эти показатели необходимо разделить на две составляющие: равномерное распределение препарата в продольной плоскости движения опрыскивателя (вдоль линии движения) и равномерность

распределения препарата в поперечной плоскости движения вдоль штанги опрыскивателя. Равномерность распределения препарата в продольной плоскости зависит от неровностей поля, скорости движения агрегата по полю. Сегодня, чтобы справиться с этими факторами, существуют автоматизированные компьютерные системы, которые поддерживают постоянный рабочий расход жидкости в зависимости от скорости движения по полю [11]. Эта зависимость будет характеризоваться коэффициентом вариации и вычисляться по формуле [9]:

$$K_B = 10^2 \frac{\sigma}{\bar{Q}}, \quad (1)$$

где σ – стандартное отклонение расхода жидкости между отдельными распылителями, $\text{дм}^3/\text{мин}$; $\bar{Q}$ – среднее арифметическое значение расхода жидкости отдельными распылителями по ширине захвата опрыскивателя, $\text{дм}^3/\text{мин}$.

Между отдельными распылителями стандартное отклонение расхода жидкости вычисляют по формуле [9]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где n – число распылителей, шт.

Среднее арифметическое значение расхода жидкости отдельными распылителями по ширине захвата опрыскивателя вычисляют по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}. \quad (3)$$

На коэффициент вариации оказывает действие качество работы распылителей и техническое состояние штанги и высота ее установки. Согласно руководству по эксплуатации, штанга должна устанавливаться параллельно рельефу поля, ее отклонение от рекомендуемой высоты 50-70 см будет приводить к поломкам или несимметричному формированию факелов распыла. Нужно всегда стремиться к минимальной высоте установки штанги, уменьшая тем самым снос рабочей жидкости ветром. Но при этом будет страдать качество распыла. Влияние колебания штанги на равномерность распределения раствора по ширине захвата приведено на рисунке 1 [2].

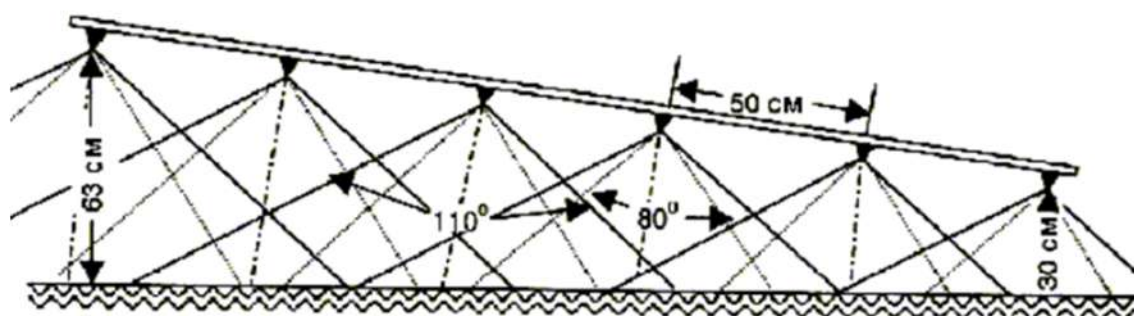


Рисунок 1 – Влияние колебания штанги на равномерность распределения раствора по ширине захвата

Figure 1 – Influence of vibrations of the rod on the uniformity of distribution of the solution over the working width

Коэффициент вариации распределения жидкости – это неявная и не всем понятная характеристика. Для большей наглядности отметим, что на каждый процент неравномерности распределения препарата приходится 0,4 % (по объему) его производимости.

тельного использования. Иными словами, если опрыскиватель распределяет пестицид с коэффициентом вариации 20 %, то около 8 % препарата теряется. Приведенные выше данные позволяют рассматривать равномерность распределения препарата как один из важнейших показателей качества опрыскивания и зафиксировать ее численную оценку в агротехнических требованиях. Так, для России принято, что при установке отечественных распылителей потери на качество не должны превышать 25 %, а с использованием зарубежных распылителей эти потери составляют не более 15 %. Поэтому так важно снизить зависимость вертикальных колебаний штанги от качества распыла.

При движении опрыскивателя возникают колебания штанги в вертикальной и горизонтальной плоскостях, которые влияют на равномерность распределения рабочей жидкости по эффективной ширине захвата. Соответственно, высота установки штанги определяется минимальным расстоянием над объектом воздействием с учетом допустимых колебаний в вертикальной и горизонтальной плоскостях, и относительно оси подвеса. При этом при распылении факелов распыла из соседних форсунок будет происходить пересечение факелов, образуя точку слияния. Расстояние от форсунки до точки слияния будет определяться высотой слияния факелов распыла H_c , которая зависит от расстояния между форсунками M и углом распыла β . Для сплошного опрыскивания эта зависимость показана на рисунке 2.

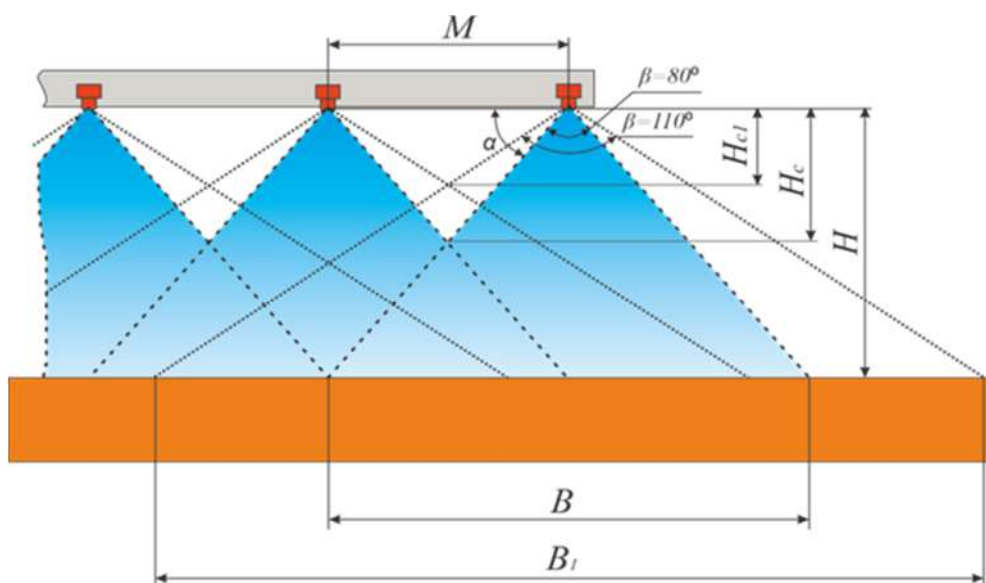


Рисунок 2 – Высота слияния факелов распыла H_c , м при сплошном опрыскивании

Figure 2 – Height of spray torch convergence H_c m in case of continuous spraying

Данная величина определяется выражением:

$$H_c = \frac{M}{2} \tan \alpha, \quad (4)$$

где M – расстояния между распылителями M , м; α – обратная величина половины угла распыла β , град.

Учитывая, что:

$$\alpha = 90^\circ - \frac{\beta}{2}, \quad (5)$$

тогда:

$$H_c = \frac{M}{2} \tan\left(\alpha - \frac{\beta}{2}\right). \quad (6)$$

В серийных опрыскивателях наибольшее распространение нашло расстояние между форсунками 0,5 м и форсунки с углом распыления 110° и 80° , 65° . Откуда находим: $H_{c110}=0,175$ м; $H_{c80}=0,298$ м, $H_{c65}=0,392$ м.

Для способа полосового опрыскивания угол распыла β поворачиваем на величину 45° относительно центральной оси форсунки, направляя потоки рабочего раствора навстречу друг другу. Высоту слияния для полосового способа обозначим $H_{сп}$, м (рисунок 3).

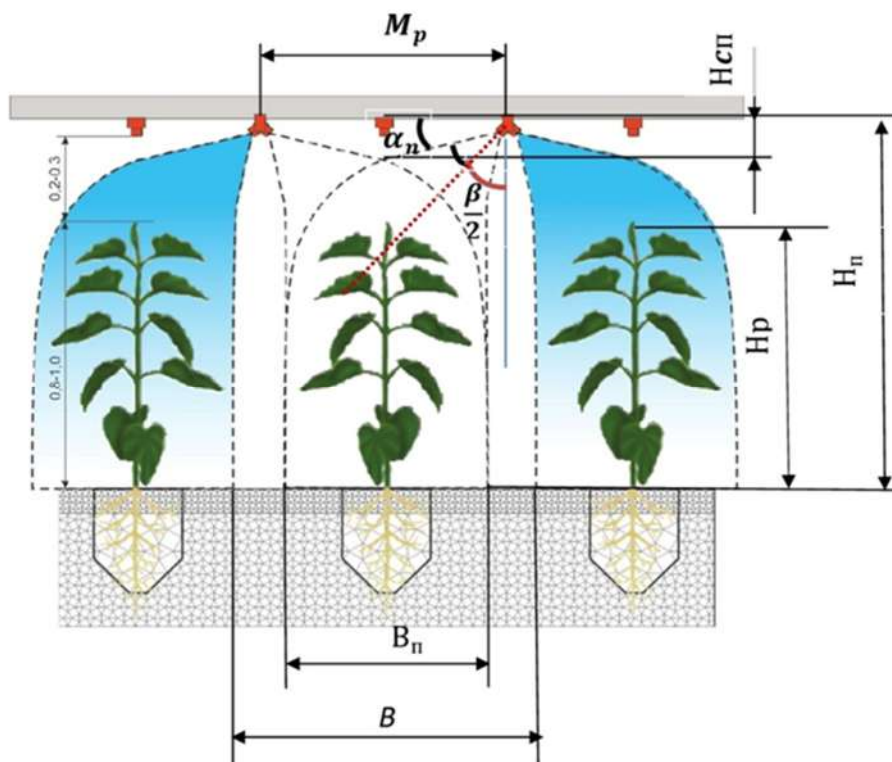


Рисунок 3 – Высота слияния факелов распыла $H_{сп}$, м при полосовом способе нанесения раствора на растение

Figure 3 – Height of fusion of spray torches $H_{сп}$, m at strip method of solution application to the plant

Тогда для полосового способа высота слияния $H_{сп}$, м будет выражаться формулой:

$$H_{сп} = \frac{M_p}{2} \tan \alpha_n, \quad (7)$$

Учитывая, что:

$$\alpha_n = 90^\circ - \frac{\beta}{2} - \alpha_1 \quad (8)$$

где угол α_1 – это угол поворота форсунки на 45° относительно центральной оси согласно техническому решению,

Находим высоту слияния $H_{сп}$ для полосовой технологии серийных форсунок с углом распыла 80° и 65° соответственно: $H_{сп 65^\circ}=0,055$ м, $H_{сп 80^\circ}=0,022$ м.

Сравнивая высоту слияния при сплошном и полосовом способе опрыскивания для форсунок с одинаковыми углами распыла, делаем вывод, что высота слияния уменьшается, а зона сплошного опрыскивания увеличивается. В случае объемной обработки высокостебельных растений высота опрыскивания будет складываться из высоты установки

штанги, высоты растения H_p , высоты сплошного опрыскивания $H_{сп}$ и колебаний штанги в вертикальной плоскости Δ . Колебания штанги, согласно справочникам по химической защите растений, составляет 0,2-0,3 м. Тогда высота опрыскивания будет:

$$H_{п} = H_p + H_{сп} + \Delta. \quad (9)$$

Отсюда следует, что при постоянных колебаниях штанги и известной величине высоты растения влиять на величину высоты опрыскивания будет высота слияния и чем меньше она будет, тем будет меньше высота опрыскивания. Значит, можно будет снизить высоту установки штанги на эту величину и уменьшить нахождение капли в полете, при этом качество и равномерность опрыскивания улучшается.

Выводы. Анализ результатов исследования высоты слияния потоков рабочих растворов в зависимости от вертикальных колебаний штанги показывает, что при полосовой технологии показатель $H_{сп}$, уменьшается, при этом зона сплошного опрыскивания увеличивается. Увеличение по сравнению со сплошным нанесением раствора на растение происходит для форсунок с углом распыла 80° на 0,276 м, а для форсунок с углом распыла 65° – на 0,337 м. При этом зона опрыскивания увеличивается на эти же показатели. Соответственно, на эти показатели можно снизить установку штанги опрыскивателя.

Применение метода оценки качества опрыскивания при полосовой химической обработке растений на примере подсолнечника с использованием коэффициента вариации и снижение вертикальных колебаний штанги в вертикальной плоскости позволят в дальнейшем оценить равномерность нанесения раствора при объемном ярусном опрыскивании и оценить зависимость распределения раствора от угловых и горизонтальных колебаний штанги.

Библиографический список

1. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Новые технологии применения опрыскивателя // Сельский механизатор. 2019. № 8. С. 4-5,13.
2. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Научные аспекты технической модернизации опрыскивателей для химической защиты подсолнечника // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 1-11.
3. Варфоломеева М. М., Фомина И. В. Из опыта модернизации прицепного штангового опрыскивателя // Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. 2017. № 11. С. 128-134.
4. Данилов М. В., Абаев В. В. Особенности технологии защиты растений с применением штанговых опрыскивателей и ее недостатки // Вестник научных конференций. 2019. № 3-1 (43). С. 46-47.
5. Киреев И. М., Коваль З. М. Результаты моделирования технологического процесса распределения капельной жидкости между распылителями штанговых опрыскивателей // Техника и оборудование для села. 2018. № 12. С. 16-21.
6. Константинов М. М., Петренко Е. С. Техничко-экономическое обоснование ширины захвата штангового опрыскивателя // Известие Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (69). С. 122-125.
7. Корнилов Т. В. Экзамен не выдержали // Защита и карантин растений. 2019. № 12. С. 39.
8. Лукомец В. М., Пивень В. Т., Тишков Н. М. Защита подсолнечника от вредителей и болезней // Защита и карантин растений. 2017. № 5. С. 14-16.
9. 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.
10. Повышение эффективности химической обработки пропашных культур в рамках полосовой технологии / М. В. Мезникова, И. Б. Борисенко, Е. И. Улыбина, О. В. Бояркина // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 4. С. 453-465.

11. Фомина И. В., Варфоломеева М. М. Современное состояние и тенденции развития техники для химической защиты растений // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации и информатизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. 2017. № 11. С. 182-189.

12. Цепляев А. Н., Абезин В. Г., Скрипкин Д. В. Технология уборки картофеля комбайном // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 276-284.

13. 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.

14. Kruk I. S., Tiunchik A. A. Simulation of rod vibration process with an independent pendular suspension and vertical stabilization system // The Belarusian State Agrarian Technical University. 2018. Vol 56. No 4. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-4-469-480>.

15. 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.

16. Innovative method of strip-till 3-D spraying in chemical treatment of crops to implement resource-saving approaches in strip-till technology / M. V. Meznikova, I. B. Borisenko, O. G. Chamurliiev, E. I. Ulybina and O. N. Romenskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 839, Biological Technologies in Agriculture: from Molecules to Ecosystems (2021) 042043 IOP Publishing <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/4/042043>

Conclusion. Analysis of the results, the height of the merger of the working solution flows from the vertical vibrations of the rod, shows that with the band technology, the Nsp indicator decreases, while the continuous spraying zone increases. The increase compared to the continuous application of the solution to the plant occurs for injectors with a spray angle of 80° by 0.048 m, and for injectors with a spray angle of 110° by 0.058 m. At the same time, the spraying area increases by the same indicators. The use of the method of assessing the quality of spraying of the method of strip chemical treatment of plants, for example, sunflower, using the coefficient of variation and reducing the vertical vibrations of the rod in the vertical plane will further assess the uniformity of the application of the solution during volumetric long-line spraying and assess the dependence of the distribution of the solution on the angular and horizontal vibrations of the rod.

References

1. Borisenko I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. New technologies for the use of spraying // Rural machine operator. 2019. No. 8. P. 4-5,13.

2. Borisenko I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. Scientific aspects of technical modernization of sprayers for chemical protection of sunflower // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: nauka i vysshee professional obrazovanie. 2020. No. 4 (60). P. 1-11.

3. Varfolomeeva M. M., Fomina I. V. From the experience of modernization of a trailed barbell sprayer // Russian Research Institute of Mechanization and Informatization of Agricultural Chemical Support of Agriculture. 2017. No. 11. P. 128-134.

4. Danilov M. V., Abaev V. V. Features of plant protection technology using barbell sprayers and its shortcomings // Bulletin of scientific conferences. 2019. No. 3-1 (43). P. 46-47.

5. Kireev I. M., Koval Z. M. Results of modeling the technological process of distribution of drip liquid between sprayers of rod sprayers // Technika i oborudovanie dlya sela. 2018. No. 12. P. 16-21.

6. Konstantinov M. M., Petrenko E. S. Feasibility study of the working width of the rod sprayer // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 1 (69). P. 122-125.

7. Kornilov T. V. The exam did not pass // Protection and quarantine of plants. 2019. No. 12. P. 39.

8. Lukomets V. M., Piven V. T., Tishkov N. M. Protection of sunflower from pests and diseases // Protection and quarantine of plants. 2017. No. 5. P. 14-16.

9. Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G., Tkachenko A. V. Efficiency of innovative systems of sunflower cultivation on the southern chernozems of the Volgograd region // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2020. No. 3 (59). P. 116-124.

10. Improving the efficiency of chemical treatment of pro-arable crops within the framework of strip technology / M. V. Meznikova, I. B. Borisenko, E. I. Ulybina, O. V. Boyarkina // Bulletin RUDN. Series: Agronomy and animal husbandry. 2019. V. 14. No. 4. P. 453-465.

11. Fomina I. V., Varfolomeeva M. M. Current state and trends in the development of technology for chemical plant protection // Problems of mechanization of agrochemical support of agriculture: All-Russian Research Institute for Mechanization and informatting of agrochemical support of agriculture. 2017. № 11. P. 182-189.

12. Tseplyaev A. N., Abezin V. G., Skripkin D. V. Technology of harvesting potatoes with a harvester // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. No. 1 (49). P. 276-284.

13. 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.

14. Kruk I. S., Tiunchik A. A. Simulation of rod vibration process with an independent pendular suspension and vertical stabilization system // The Belarusian State Agrarian Technical University. 2018. Vol 56. No 4. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-4-469-480>.

15. 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.

16. Innovative method of strip-till 3-D spraying in chemical treatment of crops to implement resource-saving approaches in strip-till technology / M. V. Meznikova, I. B. Borisenko, O. G. Chamurliov, E. I. Ulybina and O. N. Romenskaya // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 839, Biological Technologies in Agriculture: from Molecules to Ecosystems (2021) 042043 IOP Publishing <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/4/042043>.

Authors information

Borisenko Ivan Borisovich, Honored inventor of the Russian Federation, doctor of technical sciences, senior researcher, Department of agriculture and Agrochemistry, Volgograd state agrarian University, Volgograd, Russia, Caspian research Institute of arid agriculture, Salt zaymishche village, Astrakhan region, (Russia, 400002, Volgograd region, Volgograd, 26 pr. Universitetskii) <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-6486-9210>, t.+7 (8442) 41-12-20, +7 (902) 387-29-42, E-mail: borisenivan@yandex.ru

Meznikova Marina Viktorovna candidate of technical sciences, senior researcher of "Research Institute for Advanced Innovations and Research in the Agroindustrial Complex" of the of the FSBEI HE Volgograd SAU, Volgograd (Russia, 400002, Volgograd region, Volgograd, 26 pr. Universitetskii), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-9384-7766>, t.+7 (8442) 41-15-18, +7(960)883-09-50, E-mail: marina_roxette@mail.ru

Ulybina Ekaterina Ivanovna, teacher GBPOU «Sebryakovsky technological technical» (Russia, 403345, Volgograd region, Mikhaylovka, 146a Communesreet), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-3523-478t>, t.+7(905)434-39-16, E-mail: ulibina.ekat@yandex.ru

Информация об авторах:

Борисенко Иван Борисович, Заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, старший научный сотрудник кафедры «Земледелие и агрохимия», ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26); Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия (с. Солёное Займище, Астраханская область). <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-6486-9210>, т. +7 (8442) 41-12-20, +7 (902) 387-29-42. E-mail: borisenivan@yandex.ru

Мезникова Марина Викторовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник «НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-9384-7766>, т.+7 (8442) 41-15-18, +7(960)883-09-50, E-mail: marina_roxette@mail.ru

Улыбина Екатерина Ивановна, преподаватель ГБПОУ «Себряковский технологический техникум» (РФ, 403345, Волгоградская обл., г. Михайловка, ул. Коммуны д. 146 а), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-3523-4478> т. +7(905)434-39-16, E-mail: ulibina.ekat@yandex.ru

OPTIONS OF IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTIVE SOLUTIONS OF THE HYDROMELIORATIVE SYSTEM FOR REGULATION OF THE HYDROTHERMAL REGIME AND INTEGRATED PROTECTION OF CROPS FROM CLIMATIC RISKS

V.V. Borodychev, M. N. Lytov

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

Received 11.05.2021

Submitted 25.10.2021

Summary

A system of options for the implementation of functional elements of an irrigation and drainage system with expanded possibilities of regulating the hydrothermal regime of agro-phytocenosis is proposed for use in the operation of an algorithm for technical synthesis and search for optimal solutions based on the method of morphological combinatorics.

Abstract

Introduction. This study is an integral part of the work on a model for creating technical systems for regulating the hydrothermal regime of agro-phytocenosis using the method of morphological combinatorics. The method is easily formalized, due to which it can be used to solve problems of automatic synthesis and search for optimal design solutions based on machine algorithms. The purpose of the study is to develop a system of options for the implementation of functional elements of irrigation and drainage systems with expanded possibilities for regulating the hydrothermal regime of agro-phytocenosis for use in the operation of an algorithm for technical synthesis and search for optimal solutions based on the method of morphological combinatorics. **Object.** The object of research is a new generation of irrigation and drainage systems with enhanced functionality for regulating the hydrothermal regime of agro-phytocenosis and complex protection of crops from climatic risks. **Materials and methods.** The methodological basis of research is the search, analysis and formation of a system of known design solutions, as well as potentially promising options for the implementation of functional elements of the irrigation and drainage system with advanced technological capabilities. Implementation options for design solutions are systematized by groups of design features for each of the selected functional elements of the system. A prerequisite for the inclusion of design features in the working groups of options is the presence of two or more alternative options for implementation. **Results and conclusions.** A set of options for the implementation of functional elements of a hydro-reclamation system is proposed, which provides an expansion of technological capabilities for regulating the hydrothermal regime of agro-phytocenoses and complex protection of crops from climatic risks. The main functional elements of the irrigation and drainage system, identified as the most promising for technical improvement and the creation of new effective structures, are drip and sprinkler outlets, an irrigation pipeline, a distribution pipeline, an additional water supply system, a differential pressure system, a filtration system, a hydraulic feeder, water conduits of a conducting irrigation network of different orders. The options for the implementation of design features for these, the main functional elements of the improved structures of the irrigation and drainage system are given in two main formats. The first of them is a list one, when the implementation options are presented in the form of a sequentially organized list, and each element of the list is some kind of fundamental design decision regarding the functional element in question. The second format is interval format, when any quantitative feature of a functional element varies from minimum to maximum with a certain step. The proposed system includes both well-known and already tested options for design solutions, and potentially promising options for implementation, which are still defining the requirements for the created design solutions.

Key words: *irrigation and drainage system, structures, functional element, constructive feature, implementation options, morphological combinatorics.*

Citation. Borodychev V.V., Lytov M.N. Options of implementation of constructive solutions of the hydromeliorative system for regulation of the hydrothermal re-gime and integrated protection of crops from climatic risks. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 306-324 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-32.

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

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

УДК 631.67:581.55

ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА И КОМПЛЕКСНОЙ ПРОТЕКЦИИ ПОСЕВОВ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ

В. В. Бородычев, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН
М. Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

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

Дата поступления в редакцию 11.05.2021

Дата принятия к печати 25.10.2021

Актуальность. Настоящее исследование является составной частью работы над моделью создания технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза с использованием метода морфологической комбинаторики. Метод легко формализуется, благодаря чему может быть использован для решения задач автоматического синтеза и поиска оптимальных конструктивных решений на основе машинных алгоритмов. Цель исследования – разработать систему вариантов реализации функциональных элементов ГМС с расширенными возможностями регулирования гидротермического режима агрофитоценоза для использования в работе алгоритма технического синтеза и поиска оптимальных решений на основе метода морфологической комбинаторики. **Объект.** Объектом исследований является гидромелиоративные системы нового поколения с расширенными функциональными возможностями по регулированию гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков. **Материалы и методы.** Методологической основой исследований является поиск, анализ и формирование системы известных конструктивных решений, а также потенциально перспективных вариантов реализации функциональных элементов гидромелиоративной системы с расширенными технологическими возможностями. Варианты реализации конструктивных решений систематизируются по группам конструктивных признаков для каждого из выделенных функциональных элементов системы. Необходимым условием включения конструктивных признаков в состав рабочих групп вариантов является наличие двух и более альтернативных вариантов реализации. **Результаты и выводы.** Предложена совокупность вариантов реализации функциональных элементов гидромелиоративной системы, обеспечивающей расширение технологических возможностей по регулированию гидротермического режима агрофитоценозов и комплексной протекции посевов от климатических рисков. Основными функциональными элементами гидромелиоративной системы, выделенными в качестве наиболее перспективных для технического совершенствования и создания новых эффективных конструкций, являются водовыпуски капельного и дождевального типа, поливной трубопровод, распределительный трубопровод, система добавочного водообеспечения, система дифференцированных напоров, система фильтрации, гидроподкормщик, водоводы проводящей оросительной сети разных порядков. Варианты реализации конструктивных признаков по этим, основным функциональным элементам совершенствуемых конструкций гидромелиоративной системы заданы в двух основных форматах. Первый из них – списочный, когда варианты реализации представлены в форме последовательным образом организованного списка, а каждый элемент

списка – это какое-то принципиальное конструктивное решение относительно рассматриваемого функционального элемента. Второй формат интервальный, когда какой-либо количественный признак функционального элемента варьируется от минимума до максимума с определенным шагом. Предложенная система включает как известные и уже апробированные варианты конструктивных решений, так и потенциально перспективные варианты реализации, только еще определяющие требования к создаваемым конструктивным решениям.

Ключевые слова: гидромелиоративные системы, конструкции гидромелиоративных систем, морфологическая комбинаторика, регулирование гидротермических режимов.

Цитирование. [Бородычев В. В.], Лытов М. Н. Варианты реализации конструктивных решений гидромелиоративной системы для регулирования гидротермического режима и комплексной протекции посевов от климатических рисков *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 306-324. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-32.

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. Автоматизированные гидромелиоративные системы с расширенным функционалом по регулированию гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков являются перспективным направлением развития современных гидромелиоративных технологий [1, 3, 10, 11, 13]. Сохраняя все преимущества возделывания сельскохозяйственных культур в открытом грунте, такие системы дают эффективные инструменты для обеспечения максимальной защиты растений от различного рода неблагоприятных условий окружающей среды, включая критические и стрессовые факторы. Разработка таких технических систем уже начата, предложены и апробированы первые конструктивные решения, построенные на идее комбинирования разных способов орошения [2, 4, 5, 6]. Уже сейчас эти конструкции зачастую имеют принципиально различные решения. Область технического совершенствования таких систем чрезвычайно широка и на сегодня практически не освоена. Использование методов автоматического синтеза и поиска оптимальных конструктивных решений относительно гидромелиоративных систем с расширенными возможностями регулирования гидротермического режима агрофитоценоза является как никогда актуальным. Одним из таких, хорошо формализуемых методов, является метод морфологической комбинаторики [7, 14]. Настоящее исследование является составной частью работы над моделью создания технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза с использованием метода морфологической комбинаторики. Цель исследования – разработать систему вариантов реализации функциональных элементов ГМС с расширенными возможностями регулирования гидротермического режима агрофитоценоза для использования в работе алгоритма технического синтеза и поиска оптимальных решений на основе метода морфологической комбинаторики.

Материалы и методы. Объектом исследований являются гидромелиоративные системы нового поколения с расширенными функциональными возможностями по регулированию гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков. Предмет исследований – варианты реализации конструктивных решений по функциональным элементам гидромелиоративной системы с расширенными возможностями регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков. Методологической

основой исследований является поиск, анализ и формирование системы известных конструктивных решений, а также потенциально перспективных вариантов реализации функциональных элементов гидромелиоративной системы с расширенными технологическими возможностями [8, 9, 12, 15]. Варианты реализации конструктивных решений систематизируются по группам конструктивных признаков для каждого из выделенных функциональных элементов системы. Необходимым условием включения конструктивных признаков в состав рабочих групп вариантов является наличие двух и более альтернативных вариантов реализации.

Конструктивные признаки группируются относительно функциональных элементов технической системы. Чтобы выделить совокупность конструктивных признаков, используются некоторые общие подходы. В частности, оценивается взаимное расположение функциональных элементов, составляющих техническую систему. Качественная либо количественная характеристика взаимного расположения функциональных элементов системы является конструктивным признаком. Если техническую систему можно разбить на функциональные элементы, то, безусловно, будут и взаимосвязи между ними. То, как устроены эти связи, тоже является конструктивным признаком технической системы. К конструктивным признакам относится геометрическая форма, соотношение размерных оценок, материал, из которого изготовлен конструктивный элемент. Эти, общепринятые сегменты не ограничивают поиска конструктивных признаков, причем для каждой технической системы всегда можно сформировать наиболее важные параметры.

Результаты и обсуждение. Особенностью конструкции гидромелиоративной системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков является объединение функционала сразу нескольких способов полива и их совокупного использования в определенном режиме. При этом реализуется возможность наилучшего использования их преимуществ и минимизация совокупного действия отрицательных факторов. В качестве основного конструктивного концепта на начальном этапе используется комбинация из капельного способа орошения и дождевания. Такая техническая система имеет следующие, наиболее важные и перспективные с точки зрения конструктивного совершенствования, функциональные элементы:

- водовыпуск системы капельного типа;
- водовыпуск системы дождевального типа;
- трубопровод системы поливной;
- трубопровод системы распределительный;
- система добавочного водообеспечения;
- система обеспечения дифференцированных напоров;
- система фильтрации и комплексной водоочистки;
- функциональный узел приготовления и дозирования растворов;
- трубопроводы проводящей оросительной сети разных порядков.

Для каждого из функциональных элементов выделена совокупность конструктивных признаков, различные варианты реализации которых обуславливают создание новых технических решений. Собственно, разработка и систематизация вариантов реализации конструктивных признаков составляет элемент инженерного творчества, тогда как остальная работа, включая составление допустимых комбинаций, параметрическую оптимизацию, определение показателей приоритета технического решения, может выполняться в автоматическом режиме, с применением машинных алгоритмов и вычислительных мощностей.

По положению капельного водовыпуска относительно поливного трубопровода выделено два качественных и один интервальный вариант реализации (предполагающий множественные реализации на определенном интервале). Капельный водовыпуск на поливном трубопроводе может размещаться через определенное расстояние, которое задается в интервальном формате, от минимального (А) до максимального (В) значения (таблица 1). В зависимости от расстояния между капельницами можно сформировать полосовое или очаговое увлажнение. Однако даже для формирования наиболее распространенного, полосового увлажнения можно использовать капельные ленты с существенно различающимися интервалами расстановки капельниц. Следует понимать, что при более частой расстановке используются, как правило, конструктивно упрощенные варианты капельных водовыпусков. В комбинированных системах к капельным водовыпускам предъявляют особые требования, из-за чего мы вынуждены допустить возможность усложнения их конструкции. В этом плане такой интервальный параметр, как расстояние между капельницами на поливном трубопроводе, может сыграть определенную роль в создании более совершенных конструкций комбинированных систем орошения. Другие варианты реализации конструктивного признака по положению капельниц относительно поливного трубопровода, – списочные, и предполагают установку капельного водовыпуска либо за пределами поливной трубки, либо встроенными в нее. В первом варианте может рассматриваться возможность подпочвенно-капельного, как правило очагового увлажнения.

Второй вариант в настоящее время получил большее распространение, так как дает более технологичную в плане развертывания системы конструкцию. Однако развертывание систем комбинированного орошения, само по себе, предполагает создание новой технологии. Вариант с капельными водовыпусками, вынесенными за пределы поливного трубопровода, в этом случае может оказаться более выгодным.

Варианты реализации конструктивного признака по производительности капельного водовыпуска задаются в интервальном формате. Следует учитывать, что в зависимости от производительности капельного водовыпуска меняется геометрия контура увлажнения почвы. Поэтому варианты реализации этого конструктивного признака должны быть увязаны с шагом расстановки капельных водовыпусков на поливном трубопроводе, а также с почвенными характеристиками увлажняемого участка. Нужно также помнить, что в комбинированных системах орошения используются водовыпуски как минимум двух- и более типов. Должна учитываться возможность совместной их работы при известных ограничениях пропускной способности поливных трубопроводов.

Одной из главных функциональных особенностей капельного орошения является дозированная водоподача, которая обеспечивается конструктивной компенсацией производительности водовыпусков при разных напорах. Системы орошения для комплексного регулирования гидротермического режима агрофитоценозов, основанные на комбинации разных способов полива, предполагают технологическую ступень изменения рабочих напоров, что требует расширения функциональных возможностей компенсаторного механизма по производительности капельных водовыпусков. Варианты реализации конструктивного признака заданы в списочном формате. На начальном этапе рассматриваются перспективы использования компенсаторного механизма лабиринтного, мембранного и поплавкового типов, однако допускается и расширение этого списка реализаций.

Конструктивный признак прерывания водного потока в капельных водовыпусках специфичен для систем орошения, основанных на использовании комбинации способов полива. В настоящем апробированы системы комбинированного орошения без прерывателя потока на капельницах. Однако устройство такого прерывателя позволит исключить сочетанный расход воды водовыпусками разного типа, что перспективно в плане снижения материалоемкости и увеличения возможностей масштабирования системы.

Таблица 1 – Варианты реализации конструкций водовыпусков технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза

Table 1 – Options for the implementation of structures of technical system water outlets to regulate the hydrothermal regime of agrophytocenosis

Функциональный элемент Element	Конструктивный признак / Constructive feature	Варианты реализации / Implementation options
1	2	3
Водовыпуск капельного типа / Drip type water outlet	1.1 Положение относительно поливного трубопровода / Position from drip line	1.1.1 Интервал между капельными водовыпусками от А до В с шагом b / Drip interval from A to B with step b 1.1.2 Интегрирован с трубопроводом / integrated 1.1.3 Вынесен за пределы трубопровода / Separately
	1.2 По производительности / Outlet speed	1.2.1 Производительность от А до В с шагом b / Capacity from A to B with step b
	1.3 Компенсация расхода воды при разных напорах / Compensation	1.3.1 Компенсация лабиринтного типа / labyrinth 1.3.2 Компенсация мембранного типа / membrane type 1.3.3 Компенсация поплавкового типа / float type
	1.4 Прерывание потока / Interrupting a stream	1.4.1 Без прерывателя потока / No breaker 1.4.2 С интегрированным в конструкцию прерывателем потока / With breaker
	1.5 Взаимосвязь с системой / Interconnection with the system	1.4.1 Прямой контакт с водным потоком / Direct contact 1.4.2 Соединение посредством старт-коннектора с водоподводящей трубкой / External connection
Водовыпуск дождевального типа / Sprinkler type outlet	2.1 Положение относительно поливного трубопровода / Position from drip line	2.1.1 Интервал между дождевателями вдоль поливного трубопровода от А до В с шагом b / Sprinkler interval 2.1.2 Установка дождевальных аппаратов на каждом поливном трубопроводе / On every pipeline 2.1.3 Установка дождевальных аппаратов через: от С до D поливных трубопроводов с шагом в n трубопроводов / Through from C to D pipelines
	2.2 Взаимосвязь с системой / Interconnection with the system	2.2.1 Посредством водопроводящей штанги, интегрированной в поливную трубопровод / Integrated boom 2.2.2 Соединение посредством старт-коннектора с водоподводящей трубкой / Through a water pipe
	2.3 Прерывание потока / Interrupting a stream	2.3.1 Без прерывателя потока No breaker 2.3.2 С электромеханическим прерывателем потока / With electromechanical breaker 2.3.3 С гидромеханическим прерывателем потока / With hydromechanical breaker
	2.4 Конструктивные особенности / Design features	2.4.1 Дефлекторные с неизменяемой геометрией водовыпуска Deflector not adjustable 2.4.2 Дефлекторные с регулируемой геометрией водовыпуска Deflector adjustable 2.4.3 Щелевые не регулируемые / Slotted not adjustable 2.4.4 Щелевые регулируемые / Slotted adjustable 2.4.5 Струйные с вращающимся водовыпуском / Inkjet with rotating water outlet 2.4.6 Многоструйные с круговым поливом / Multi-jet with circular irrigation

Окончание таблицы 1

1	2	3
Водвы- пуск дож- девального типа / Sprinkler type outlet	2.5 Параметры дождя / Rain options	2.5.1 Мелкокапельный (аэрозоль, до 0,4 мм) / Droplet 2.5.2 Крупнокапельный (0,7 мм и более) / Coarse droplet 2.5.3 С регулируемой крупностью капель / Adjustable drop
	2.6 Производительность / Sprinkler power	2.6.1 Производительность от А до В с шагом b / Capacity from A to B with step b
	2.7 Дальность эффектив- ного увлажнения / Effective humidification range	2.7.1 Дальность факела дождя от А до В с шагом b / Rain torch range from A to B with step b

Конструктивный признак по взаимосвязи функционального элемента (в данном случае – капельного водовыпуска) с системой предполагает два списочных варианта реализации, которые должны быть согласованы с вариантами реализации в плане положения капельницы относительно поливного трубопровода.

Следующим из рассматриваемых функциональных элементов является система водовыпусков дождевального типа. По положению дождевальных водовыпусков относительно поливного трубопровода выделен один списочный и два интервальных варианта реализации. Списочный вариант реализации предполагает установку дождевальных водовыпусков на каждом поливном трубопроводе. При этом обеспечивается наименьшая пропускная нагрузка на каждый из задействованных поливных трубопроводов, однако конструкция самого трубопровода должна быть рассчитана на ступенчатое изменение напора. При установке дождевальных водовыпусков не на каждом поливном трубопроводе, а с определенным интервалом, конструкция не задействованных трубопроводов может быть упрощена, так как к ним не предъявляются особые требования. С другой стороны, пропускная нагрузка на задействованные поливные трубопроводы в этом случае существенно возрастает, и это противоречие, безусловно, требует решения оптимизационной задачи. Данный вариант реализации представлен в интервальном формате, где установка дождевальных аппаратов осуществляется через некоторое целое число поливных трубопроводов, которое изменяется от С (минимум) до D (максимум) с шагом n.

Еще один интервальный вариант реализации конструктивного признака задан относительно расстояния между дождевальными аппаратами вдоль поливного трубопровода. Это расстояние, безусловно, должно быть согласовано со схемой расстановки дождевальных аппаратов по поливным трубопроводам. Но тут есть и еще один момент. Ведь если дождевание используется для регулирования тех или иных факторов микроклимата растений, то, собственно, совсем необязательно осуществлять увлажнение посева сплошную. Факторы микроклимата характеризуются высокой степенью диффузии, поэтому даже выборочное точечное увлажнение может оказать существенное влияние на весь посев. С другой стороны, чем больше расстояние между зонами орошения, тем меньше возможность управлять микроклиматом посева. Эта задача также требует поиска наиболее выгодного варианта реализации при варьировании расстояния между дождевальными аппаратами вдоль поливного трубопровода от А до В с шагом b.

Конструктивный признак относительно взаимодействия дождевателей с системой задан двумя списочными вариантами реализации. Дождеватели с системой могут быть соединены посредством гибкой водоподводящей трубки. При этом сами дождевальные аппараты устанавливаются на штанги простейшей конструкции. Второй вариант реализации предполагает, что установочная штанга может сама использоваться в качестве водоподводящего элемента. Это усложняет конструкцию установочных элементов, но позволяет расширить их функциональность и тем самым исключает необходимость использования избыточных конструктивных модулей.

Конструктивный признак по прерыванию потока воды в дождевальные аппараты также является специфичным для систем комбинированного орошения. В настоящее время выделены три возможности реализации данного конструктивного признака. Первая из них не предполагает использования прерывателей потока, вторая опирается на использование электромеханических клапанов, а третья предусматривает использование прерывателей потока гидромеханического типа. Преимущество электромеханических прерывателей потока заключается в возможности организации любого режима включения дождевателей по программе, независимо от энергетических параметров водного потока. В то же время возникает потребность в организации систем управления и силового питания такого рода прерывателей. Гидромеханические прерыватели потока срабатывают при изменении напора воды в системе и не требуют дополнительных систем управления. Однако, если система не предполагает дифференцирования напоров, то реализовать этот принцип на практике не представляется возможным.

Конструктивные особенности дождевателей сегодня имеют достаточно большое число вариантов реализаций. Применительно к системам комбинированного орошения выделена возможность использования дефлекторных, щелевых и струйных дождевальных аппаратов. Струйные аппараты могут быть со вращающимся водовыпуском, а также с организацией кругового действия за счет умножения водовыпусков. Другими вариантами реализации данного конструктивного признака может стать использование изменяемой геометрии водовыпуска. Для гидромелиоративных систем, предполагающих регулирование не только водного режима почвы, но и комплексную протекцию посевов от климатических рисков такой подход особенно важен. Как уже говорилось, для достижения поставленной цели на начальном этапе предполагается комбинирование капельного орошения и дождевания. Но параметры дождя могут быть разными, и в зависимости от этого могут эффективно решаться разные задачи. Например, для защиты от заморозков дождевание может быть эффективным только при формировании достаточно крупных фракций дождя, а для регулирования микроклимата капли, наоборот, должны быть максимально мелкими. Аэрозольные поливы, обеспечивающие мелкокапельное дождевание посевов, вообще выделены как отдельный способ орошения. Регулирование геометрии водовыпусков дождевальных аппаратов вкуче с дифференцированием рабочих напоров системы позволяет изменять параметры дождя для наилучшего достижения поставленных целей.

Параметры дождя, которые непосредственно связаны с конструкцией дождевального водовыпуска и расходно-напорных характеристик системы, выделены в качестве самостоятельного конструктивного признака и имеют три списочных варианта реализации. Согласно этим вариантам, дождь может быть мелкокапельным (аэрозоль, до 0,4 мм), крупнокапельным (0,7 мм и более), а также с регулируемой крупностью капель.

Производительность дождевального водовыпуска является конструктивным признаком, который в случае с комбинированными системами орошения требует решения оптимизационной задачи. Увеличение производительности дождевального аппарата повышает нагрузку на водоподводящие трубопроводы. А так как в качестве водоподводящих трубопроводов используются капельные ленты (трубки), то вопрос оптимизации производительности дождевателей стоит особенно остро. Варианты реализации этого конструктивного признака заданы в интервальном формате с изменением от А до В с шагом b.

Дальность эффективного увлажнения рассматривается как самостоятельный конструктивный признак, также требующий решения оптимизационной задачи. Повышение зоны эффективного действия факела дождя позволяет увеличить шаг расстановки дождевателей и снизить потребность в их общем количестве. В то же время увеличение факела

дождя может быть связано с необходимостью увеличения производительности дождевальных аппаратов, повышения энергетических характеристик водного потока, а также может быть ограничено требованиями к параметрам дождя. Реализация этого конструктивного признака задана в интервальном формате с минимумом, максимумом и шагом вариации.

Поливной трубопровод является еще одним важным функциональным элементом, совершенствование которого перспективно с точки зрения создания современных эффективных технических систем для регулирования гидротермического режима агрофитоценозов и комплексной протекции посевов от климатических рисков (таблица 2). Относительно этого функционального элемента нами в настоящее время выделены три перспективных конструктивных признака, для которых разработаны различные варианты реализации. Один из таких важных конструктивных признаков – геометрические параметры поливного трубопровода. И, пожалуй, главный из них – диаметр поливного трубопровода. От диаметра поливного трубопровода напрямую зависят его пропускная способность и совокупная производительность всех работающих одновременно водовыпусков. Пропускная способность вкуче с оптимизацией системы водовыпусков определяет возможности масштабирования системы. Большой диаметр определяет возможности большего масштабирования. Вместе с тем с увеличением диаметра трубопровода резко возрастает материалоемкость и стоимость системы. Кроме того, современной промышленностью отработаны несколько вариантов по диаметру капельных трубопроводов и видится целесообразным ориентироваться именно на них. Варианты реализации по этому параметру заданы в интервальном формате, где диаметр возрастает от величины A до B с шагом b .

Следующие варианты реализации конструктивного признака имеют списочный характер и включают альтернативу использования капельных лент или капельных трубок. Опытами доказана возможность использования и тех и других при выполнении определенных требований относительно технических характеристик. В то же время капельная лента сегодня – это, как правило, более дешевый вариант с малой толщиной стенки и некомпенсированными капельницами. Для систем комбинированного орошения такой вариант менее предпочтителен, хотя и может конкурировать при изготовлении небольших по площади обслуживания модулей.

Еще один интервальный вариант реализации задан относительно толщины стенки поливного трубопровода. Здесь необходимо учитывать возможность коннекторного соединения с водопроводящей трубкой дождевателя, дифференцирование напоров в системе при разных режимах работы, а также показатели материалоемкости изготавливаемого трубопровода. Толщина стенки изменяется от некоей минимальной величины C до максимальной величины D с шагом d .

Следующий конструктивный признак предполагает оценку вариантов технического исполнения капельного трубопровода. Контролем здесь является вариант без особенностей, что означает использование типовых капельных трубопроводов. Другими вариантами реализации этого конструктивного признака могут являться капельные линии со встроенным узлом присоединения старт-коннектора, либо трубопроводы с отводами для встраивания штанги дождевального водовыпуска. Предлагаемые варианты отражают специфику комбинированных систем орошения и непосредственно связаны с выбором установочной конструкции дождевателей (способа соединения с системой).

Еще один конструктивный признак поливного трубопровода совершенствуемой системы орошения рассматривается относительно прерывания потока воды в районе узла водоотведения. В качестве контроля рассматриваются поливные трубопроводы без прерывателя потока. Конструкции таких систем известны и апробированы в условиях производства. Недостатком таких конструкций является необходимость кратного увеличения про-

пускной способности водоподводящей сети при работе системы в режиме, когда задействованы водовыпуски всех типов. Диаметр трубопроводов водоподводящей сети нескольких последних рангов приходилось увеличивать, что в значительной мере повышает материалоемкость таких проектов. Использование прерывателей потока позволяет организовать работу системы в режиме «Волна». Вариант такой конструкции с присоединяемыми электромеханическими прерывателями потока разработаны и испытаны во ВНИИГиМ [2]. Другими вариантами реализации конструктивного признака являются конструкции поливного трубопровода со встроенными электромеханическими прерывателями потока, а также со встроенными или присоединяемыми гидромеханическими прерывателями потока, предполагающими импульсное управление потоком воды.

Таблица 2 – Варианты реализации конструкций трубопроводов поливного модуля технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза

Table 2 – Options for the implementation of pipeline structures for the irrigation module of the technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis

Функциональный элемент / Element	Конструктивный признак / Constructive feature	Варианты реализации / Implementation options
Поливной трубопровод / Irrigation pipeline	3.1 Геометрические параметры / Geometric parameters	3.1.1 Диаметр от А до В с шагом b / Diameter change 3.1.2 Лента / Ribbon 3.1.3 Трубка / A tube 3.1.4 Толщина стенки от С до D с шагом d / Variable mils
	3.2 Конструктивные особенности / Design features	3.2.1 Без особенностей (типовая) / Typical 3.2.2 Со встроенным узлом присоединения старт-коннектора / With built-in start connector 3.2.3 С отводами для встраивания штанги дождевального водовыпуска / With taps for recessed sprinkler boom
	3.3 Прерывание потока (система «волна») / Interrupting a stream	3.3.1 Без прерывания потока / No breaker 3.3.2 Со встроенным электромеханическим прерывателем потока / With built-in electromechanical flow breaker 3.3.3 С присоединяемым электромеханическим прерывателем потока / With external electromechanical flow breaker 3.3.4 Со встроенным гидромеханическим прерывателем потока / With built-in hydromechanical flow breaker 3.3.5 С присоединяемым гидромеханическим прерывателем потока / With external hydromechanical flow breaker
Распределительный трубопровод / Distribution pipeline	4.1 Конструктивные особенности / Design features	4.1.1 Один трубопровод для работы в режиме низконапорного капельного и высоконапорного орошения дождеванием / Single type of pipeline 4.1.2 Два трубопровода для разделения низко- и высоконапорных потоков оросительной воды для питания системы в режиме капельного орошения и в режиме дождевания / Double piping
	4.2 Конструкционный материал / Construction material	4.2.1 Полимер / Polymer 4.2.2 Сталь / Steel 4.2.3 Металло-полимерные решения / Metal-plastic 4.2.4 Композит / Composite

Следующим функциональным элементом рассматриваемой технической системы, совершенствование которого кажется перспективным для создания эффективных систем комбинированного орошения, является распределительный трубопровод. Здесь выделено два конструктивных признака: конструктивные особенности распределитель-

ного трубопровода и используемый конструкционный материал. Относительно конструктивных особенностей распределительного трубопровода в настоящее время включено два списочных варианта реализации. Первый из них наиболее очевиден и предполагает использование одного распределительного трубопровода для работы системы в режиме низконапорного капельного и высоконапорного орошения дождеванием. Второй вариант предполагает использование двух трубопроводов для разделения низко- и высоконапорного потоков оросительной воды. На первый взгляд, такой подход не оправдан, так как повышает материалоемкость и стоимость системы. С другой стороны, такая конструкция дает возможность задействовать для работы в режиме дождевания (аэрозольного орошения) не все капельные линии, а лишь некоторые из них. В этом случае только используемые капельные трубопроводы должны быть рассчитаны на кратное повышение напора воды, иметь сложные и дорогостоящие конструкции компенсированных капельниц, тогда как к остальным капельным трубопроводам таких требований не предъявляется. В этом случае повышение затрат на дополнительный распределительный трубопровод может быть кратно компенсировано экономией и поливных капельных трубопроводах.

В качестве конструкционных материалов для распределительного трубопровода на данном этапе предполагается возможность использования полимеров, стали, металло-полимерных решений и композитов.

Следующий выделенный функциональный элемент специфичен для систем комбинированного орошения, в основу которых положена возможность полива сразу несколькими способами одновременно. Этот функциональный элемент – система добавочного водообеспечения (таблица 3). Потребность в дополнительном водообеспечении возникает при совокупной работе сразу нескольких типов водовыпусков и характеризует тот дополнительный объем воды, который определяется производительностью дополнительно установленных водовыпусков. Конструктивные признаки, которые выделены для этого функционального элемента, характеризуются положением компонентов системы добавочного водообеспечения относительно стандартных модулей капельного орошения и некоторыми конструктивными особенностями ее исполнения.

По положению в составе технической системы выделены два варианта реализации. Один из вариантов предполагает централизованное исполнение, тогда как другой ориентирован на децентрализованные, а в ряде случаев – и на распределенные конструкции.

Конструктивные особенности на настоящий момент включают два возможных варианта реализации. Это реализация в составе стандартных модулей системы, и внешнее исполнение с организацией водонакопителя. Реализация функции в составе стандартных модулей системы предполагает, что никаких принципиальных конструктивных изменений в систему не вносится. Гидравлический расчет системы комбинированного орошения в этом случае ведется на максимальное водопотребление, которое возможно при совокупной работе всех типов водовыпусков. Это существенно увеличивает материалоемкость системы, а также, например, в случае с регулированием микроклимата, требует практически непрерывной ее работы. Центральная насосная станция и все водоводы системы находятся в рабочем режиме и в том случае, когда нужды в проведении увлажнительных поливов нет. Существенно усложняется задача оптимального комплектования гидромодуля системы, высоко вероятными становятся все большие пики водопотребления. Поиск решения этой проблемы ведется с момента изготовления первого опытного образца системы комбинированного орошения. Одним из принципиальных решений проблемы является внешнее исполнение системы добавочного водообеспечения с организацией водонакопителей.

Таблица 3 – Варианты реализации конструкций для дополнительного регулирования водного потока гидромелиоративной системы комбинированного типа

Table 3 – Options for the implementation of structures for additional regulation of the water flow of the irrigation and drainage system of the combined type

Функциональный элемент / Element	Конструктивный признак / Constructive feature	Варианты реализации / Implementation options
Система добавочного водообеспечения / Additional water supply system	5.1 Положение в составе технической системы / Execution	5.1.1 Централизованное исполнение / Centralized 5.1.2 Децентрализованное исполнение / Decentralized
	5.2 Конструктивные особенности / Design features	5.2.1 Реализация в составе стандартных модулей системы / Using standard modules 5.2.2 Внешнее исполнение с организацией водонакопителя / External design with water storage
Система дифференцированных напоров / Differential head system	6.1 Положение в составе технической системы / Execution	6.1.1 Централизованное исполнение / Centralized 6.1.2 Децентрализованное исполнение / Decentralized
	6.2 Конструктивные особенности / Design features	6.2.1 Расширение функционала основной насосной системы в плане обеспечения дифференцированных напоров / Regulation by the main pumping station 6.2.2 Использование регуляторов давления / Using pressure regulators 6.2.3 Использование дополнительного насосного оборудования / Using additional pumping equipment

Еще одним, специфичным для конструкций комбинированного орошения функциональным элементом является система обеспечения дифференцированных напоров. Необходимость дифференцирования давления воды в системе в конструкциях комбинированного орошения определяется разными рабочими напорами, с которыми работают водовыпуски разных типов. Например, рабочее давление воды для нормального функционирования дождевальных насадок в 1,5-4 раза больше, чем при капельном орошении. Рабочие напоры для аэрозольного орошения могут быть еще выше, чем при дождевании. Различия в рабочих напорах таких водовыпусков настолько велики, что требуется ступенчатое изменение давления воды в системе. Относительно этого функционального элемента системы комбинированного орошения выделены два конструктивных признака, разработка вариантов реализации которых может быть наиболее перспективна. Это положение в составе технической системы и конструктивные особенности системы дифференцирования напоров.

По положению в составе технической системы выделены два варианта реализации конструктивного признака. Это централизованное исполнение, когда система обеспечения дифференцированных напоров непосредственно связана с конструкцией и возможными режимами работы основной насосной станции, и децентрализованное исполнение, когда регулирование напоров осуществляется сегментарно, непосредственно в поливных модулях.

Конструктивные особенности включают три списочных варианта реализации. Первый из них предполагает расширение функционала основной насосной системы для обеспечения дифференцированных напоров. Такое конструктивное решение возможно только в рамках централизованного исполнения системы. Использование регуляторов давления, – еще один из вариантов реализации конструктивного признака. Исполнение

системы в этом случае может быть как централизованное, так и децентрализованное. Следует понимать, что регуляторы давления обеспечивают возможность контролируемого снижения напора в заданном (обслуживаемом) сегменте. При этом насосная станция должна быть ориентирована на создание максимальных напоров, необходимых при работе системы в пиковых режимах.

Еще один, на наш взгляд перспективный вариант реализации системы дифференцированных напоров предполагает использование дополнительного насосного оборудования. Это исключительно периферийное исполнение, в котором вспомогательное насосное оборудование устанавливается непосредственно перед обслуживаемым сегментом системы. Дополнительное насосное оборудование ориентировано на создание повышенного напора при работе системы в пиковых режимах и включается по мере необходимости.

Система фильтрации воды является важным неотъемлемым функциональным элементом комбинированных систем орошения (таблица 4). Повышенные требования к качеству воды предъявляют технологии капельного орошения и мелкодисперсного дождевания, интегрированные в единую техническую систему. Это предполагает и высокие требования к надежности, а также эффективности процесса фильтрации воды.

Таблица 4 – Варианты реализации конструкций модуля водоподготовки технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза

Table 4 – Options for the implementation of designs of the water treatment module of the technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis

Функциональный элемент / Element	Конструктивный признак / Constructive feature	Варианты реализации / Implementation options
Система фильтрации / Filtration system	7.1 Положение в составе технической системы / Execution	7.1.1 Централизованное исполнение / Centralized 7.1.2 Децентрализованное исполнение / Decentralized
	7.2 Конструктивные особенности / Design features	7.2.1 Песчано-гравийный фильтр / Sand and gravel 7.2.2 Гидроциклон / Hydrocyclone 7.2.3 Сетчатый фильтр / Strainer 7.2.4 Дисковый фильтр / Disc filter 7.2.5 Отстойник / Sump 7.2.6 Многоступенчатая система с комбинацией конструкций по пункту 7.2.1-7.2.5 / Combination according to 7.2.1-7.2.5
Гидроподкормщик / Hydraulic feeder	8.1 Положение в составе технической системы / Execution	8.1.1 Централизованное исполнение / Centralized 8.1.2 Децентрализованное исполнение / Decentralized
	8.2 Взаимосвязи с технической системой / Relationship with the technical system	8.2.1 Стационарное исполнение с интеграцией в систему посредством запорно-регулирующей арматуры / Stationary execution 8.2.2 Мобильный гидроподкормщик с унифицированным интерфейсом присоединения к технической системе / Mobile hydraulic feeder
	8.3 Конструктивные особенности / Peculiarities	8.3.1 С трубкой Вентури / With venturi tube 8.3.2 С насосом-дозатором / With metering pump

По положению в составе технической системы этот конструктивный элемент имеет два варианта реализации. Станция фильтрации воды может быть установлена централизованно и обслуживать всю систему в целом. Вариант имеет как преимущества, так и недо-

статки. К последним следует отнести возможность формирования органических образований непосредственно в трубопроводах системы и засорения водовыпусков системы даже при исправно работающей центральной станции. Децентрализованное исполнение предполагает, что система фильтрации может быть разнесена в пространстве. Это могут быть полнофункциональные фильтрационные комплексы, устанавливаемые непосредственно перед обслуживаемым сегментом, могут быть дополнительные фильтрационные элементы, обеспечивающие доочистку воды на периферии в режиме совместной работы с централизованно установленной фильтрационной станцией.

Конструктивные особенности устройства станции водоочистки для систем комбинированного орошения включают возможности использования песчано-гравийного фильтра, гидроциклона, сетчатого фильтра, дискового фильтра, отстойника, а также различные комбинации перечисленных конструкций с организацией многоступенчатого фильтрационного узла. Гидроподкормщик – еще один функциональный элемент, существенно расширяющий возможности современных гидромелиоративных систем. Конструкции комбинированных систем орошения, помимо регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков, в значительной мере расширяют функциональные возможности в плане проведения удобрительных поливов. Комбинация различных способов и технологий орошения позволяет использовать сочетание традиционных удобрительных поливов с, например, некорневыми подкормками, приповерхностным внесением микроэлементов и др.

Конструктивные признаки этого функционального элемента, для которых в настоящем исследовании предложены различные варианты реализации, включают положение в составе технической системы, взаимосвязи с технической системой, конструктивные особенности.

По положению в составе технической системы рассматривается централизованный и децентрализованный варианты исполнения гидроподкормщика. Централизованное исполнение гидроподкормщика может быть оправдано на относительно небольших сегментах гидромелиоративных систем комбинированного орошения. Следует понимать, что рабочий раствор при этом поступает сразу во все одновременно работающие модули; поэтому режимы работы централизованного гидроподкормщика и полива различных групп сельскохозяйственных культур необходимо согласовывать. Недостатком децентрализованного исполнения гидроподкормщика является усложнение конструкции, необходимость устройства дополнительных интерфейсов с соединительными и запорно-регулирующими конструкциями, дублирование функционального элемента.

Последний из указанных недостатков может быть преодолен за счет использования мобильного гидроподкормщика с унифицированным интерфейсом присоединения к технической системе. Классической альтернативой такому варианту реализации являются гидроподкормщики стационарного типа.

Относительно конструктивных особенностей гидроподкормщика в настоящий момент предложены два списочных варианта реализации. Это гидроподкормщик с трубкой Вентури и с насосом-дозатором. Последний вариант является более технологичным и обеспечивает наиболее точное дозирование питательного раствора, однако требует наличия дополнительного энергетического источника для привода.

Водоводы проводящей оросительной сети разных порядков завершают список основных функциональных элементов, перспективных в плане совершенствования конструкций гидромелиоративных систем нового поколения с расширенными возможностями по регулированию гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков (таблица 5). По этой позиции в настоящее

время выделены два конструктивных признака, для которых предложены различные варианты реализации. Это конструктивные особенности функционального элемента и конструкционные материалы, применяющиеся для его оштукатуривания.

Таблица 4 – Варианты реализации водоводов проводящей оросительной сети технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза

Table 4 – Options for the implementation of water pipelines of a conducting irrigation network of a technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis

Функциональный элемент/ Element	Конструктивный признак / Constructive feature	Варианты реализации / Implementation options
Водоводы проводящей оросительной сети разных порядков / Conducting irrigation pipelines	9.1 Конструктивные особенности / Design features	9.1.1 Каналы с противофильтрационной облицовкой / Channels with anti-filtration lining 9.2.2 Трубопроводы / Pipelines
	9.2 Конструкционные материалы / Construction materials	9.2.1 Бетон / Concrete 9.2.2 Полимеры / Polymers 9.2.3 Сталь / Steel 9.2.4 Композиты / Composites

Предполагается возможность использования каналов с противофильтрационной облицовкой либо закрытых водоводов – водопроводящих трубопроводов. Необходимо учитывать, что использование открытой оросительной сети, помимо известных потерь воды и экологических рисков, связано с необходимостью устройства совокупности насосных станций, обеспечивающих создание рабочих напоров непосредственно в исполнительных модулях системы. Использование трубопроводов позволяет осуществлять централизованную запитку системы с использованием одной или нескольких энергетических установок. Кроме того, использование трубопроводов предпочтительнее, так как предотвращает непроизводительные потери воды на испарение в процессе транспортировки, исключает попадание различного рода примесей в процессе транспортировки воды, снижает экологические риски для окружающей среды.

По конструкционным материалам в список возможных вариантов реализации внесены бетон (это, преимущественно, открытая оросительная сеть), сталь (закрытая оросительная сеть), полимеры и композиты (могут использоваться как при устройстве открытой, так и закрытой оросительной сети). Одним из наиболее перспективных и, что немаловажно, реализуемых сегодня на практике вариантов, является использование полимерных трубопроводов для устройства закрытой водопроводящей оросительной сети.

Выводы. Синтез и анализ комбинаций возможных вариантов реализации функциональных элементов технической системы является основой одного из наиболее эффективных методов создания технических решений – метода морфологической комбинаторики. Метод хорошо формализуем, его можно без потерь трансформировать в машинную алгоритмику и в значительной мере автоматизировать процесс автоматизированного поиска оптимальных технических решений. Основой и материалом для работы подобных алгоритмов являются варианты реализации функциональных элементов технической системы, разработанные и систематизированные относительно совокупности основных конструктивных признаков. Настоящим исследованием предложена система такого рода вариантов реализации для основных функциональных элементов гидромелиоративной системы, обеспечивающей расширение технологических возможностей по регулированию гидротермического режима агрофитоценозов и комплексной протек-

ции посевов от климатических рисков. Основными функциональными элементами гидромелиоративной системы, выделенными в качестве наиболее перспективных для технического совершенствования и создания новых эффективных конструкций, являются водовыпуски капельного и дождевального типа, поливной трубопровод, распределительный трубопровод, система добавочного водообеспечения, система дифференцированных напоров, система фильтрации, гидропокойщик, водоводы проводящей оросительной сети разных порядков. Варианты реализации конструктивных признаков по этим, основным функциональным элементам совершенствуемых конструкций гидромелиоративной системы заданы в двух основных форматах. Первый из них – списочный, когда варианты реализации представлены в форме последовательным образом организованного списка, а каждый элемент списка – это какое-то принципиальное конструктивное решение относительно рассматриваемого функционального элемента. Второй формат интервальный, когда какой-либо количественный признак функционального элемента варьируется от минимума до максимума с определенным шагом. Предложенная система включает как известные и уже апробированные варианты конструктивных решений, так и потенциально перспективные варианты реализации, только еще определяющие требования к создаваемым конструктивным решениям. Предложенная система вариантов реализации функциональных элементов технической системы ни в коей мере не позиционируется как окончательная, но является открытой системой, предполагающей непрерывное пополнение вновь разрабатываемыми техническими решениями.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Технологические функции технической системы для регулирования гидротермического режима агрофитоценоза и комплексной протекции посевов от климатических рисков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 307-319.
2. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 9-19.
3. Закономерности энергомассообмена в среде "почва-растение-атмосфера" в современных климатических и хозяйственных условиях использования орошения / О. И. Жовтоног, Л. А. Филиппенко, В. В. Полищук, А. Ф. Салюк, А. В. Хоменко // Меліорація і водне господарство. 2018. № 2 (108). С. 19-28.
4. Курбанов С. А., Майер А. В., Амшонов Б. Х. Система внутрпочвенного мелкоструйчатого локального орошения многолетних насаждений в сочетании с аэрозольным увлажнением // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 3 (35). С. 51-55.
5. Майер А. В. Управление гидротермическим режимом и физиологическая активность плодовых культур // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 4 (76). С. 65-70.
6. Мелихова Е. В. Техника комбинированного орошения овощных культур // Овощи России. 2019. № 2 (46). С. 84-87.
7. Мелихова Е. В., Бородычев В. В., Рогачев А. Ф. Функционально-морфологический анализ и совершенствование технических средств комбинированного орошения // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 4. С. 30-36.
8. Рыжак А. Н. Универсальная структурно-компоновочная схема системы капельного орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 1 (65). С. 107-111.
9. Терпигорев А. А., Гжибовский С. А. Технические средства и конструкция автоматизированной стационарно-сезонной системы надкранового увлажнительного дождевания // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 3 (11). С. 124-131.

10. A smart capillary barrier-wick irrigation system for home gardens in arid zones / A. Al-Mayahi, S. Al-Ismaïly, A. Al-Maktoumi, H. Al-Busaidi, A. Kacimov, R. Janke, J. Bouma, J. Šimůnek // *Irrigation Science*. 2020. V. 38. N. 3. P. 235-250.
11. Brody M., Golub A. A., Eshchanov B. R. Approaches to optimize Uzbekistan's investment in irrigation technologies // *Economic Policy*. 2020. V. 15. N. 2. P. 136-147.
12. Communar G., Friedman S. P. Relative water uptake rate as a criterion for trickle irrigation system design: i. coupled source-sink steady water flow model // *Soil Science Society of America Journal*. 2010. V. 74. N. 5. P. 1493-1508.
13. Hasan F. U., Fatima B., Heaney-Mustafa S. A critique of successful elements of existing on-farm irrigation water management initiatives in Pakistan // *Agricultural Water Management*. 2021. V. 244. N. 106598.
14. Lazareva T. Modeling of the content of the creative learning process by the improving of engineers' equipment // *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*. 2012. N. 37. P. 81-88.
15. Schifris S. Inhibition of root penetration in subsurface driplines by impregnating the drippers with copper oxide particles // *Irrigation Science*. 2015. V. 33. N. 4. P. 319-324.
16. Shentsova O. M. The heuristic methods in engineering and design as a trend in modern architectural education // *Modern Science*. 2019. N. 1. P. 136-141.

Conclusions. The synthesis and analysis of combinations of possible options for the implementation of functional elements of a technical system is the basis of one of the most effective methods for creating technical solutions - the method of morphological combinatorics. The method is well formalized, it can be transformed without loss into machine algorithms and to a large extent automate the process of automated search for optimal technical solutions. The basis and material for the operation of such algorithms are options for the implementation of functional elements of a technical system, developed and systematized with respect to a set of basic design features. This study proposes a system of this kind of implementation options for the main functional elements of the irrigation and drainage system, providing an expansion of technological capabilities for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenoses and complex protection of crops from climatic risks. The main functional elements of the irrigation and drainage system, identified as the most promising for technical improvement and the creation of new effective structures, are drip and sprinkler outlets, an irrigation pipeline, a distribution pipeline, an additional water supply system, a differential pressure system, a filtration system, a hydraulic feeder, water conduits of a conducting irrigation network of various orders. The options for the implementation of design features for these, the main functional elements of the improved structures of the irrigation and drainage system are given in two main formats. The first of them is a list one, when the implementation options are presented in the form of a sequentially organized list, and each element of the list is some kind of fundamental design decision regarding the considered functional element. The second format is interval format, when any quantitative feature of a functional element varies from minimum to maximum with a certain step. The proposed system includes both well-known and already tested options for design solutions, and potentially promising options for implementation, which are still defining the requirements for the created design solutions. The proposed system of options for the implementation of functional elements of a technical system is in no way positioned as final, but is an open system that assumes continuous replenishment of newly developed technical solutions.

References

1. Borodychev V. V., Lytov M. N. Tehnologicheskie funktsii tehnikeskoj sistemy dlya regulirovaniya gidrotermicheskogo rezhima agrofytocenoza i kompleksnoj protekcii posevov ot klimaticheskikh riskov // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2020. № 2 (58). P. 307-319.

2. 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. № 1 (49). P. 9-19.
3. Zakonomernosti jnergomassoobmena v srede "pochva-rastenie-atmosfera" v sovremennykh klimaticheskikh i hozyajstvennykh usloviyakh ispol'zovaniya orosheniya / O. I. Zhovtonog, L. A. Filippenko, V. V. Polischuk, A. F. Salyuk, A. V. Homenko // Melioraciya i vodne gosudarstvo. 2018. № 2 (108). P. 19-28.
4. Kurbanov S. A., Majer A. V., Amshokov B. H. Sistema vnutripochvennogo melkostrujchatogo lokal'nogo orosheniya mnogoletnih nasazhdenij v sochetanii s a]rozol'nym uvlazhneniem // Problemy razvitiya APK regiona. 2018. № 3 (35). P. 51-55.
5. Majer A. V. Upravlenie gidrotermicheskim rezhimom i fiziologicheskaya aktivnost' plodovykh kul'tur // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2019. № 4 (76). P. 65-70.
6. Melihova E. V. Tehnika kombinirovannogo orosheniya ovoschnykh kul'tur // Ovoschi Rossii. 2019. № 2 (46). P. 84-87.
7. Melihova E. V., Borodychev V. V., Rogachev A. F. Funkcional'no-morfologicheskij analiz i sovershenstvovanie tehniceskikh sredstv kombinirovannogo orosheniya // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2018. № 4. P. 30-36.
8. Ryzhakov A. N. Universal'naya strukturno-komponovoch'naya sxema sistemy ka-pel'nogo orosheniya // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2017. № 1 (65). P. 107-111.
9. Terpigorev A. A., Gzhibovskij S. A. Tehnicheskie sredstva i konstrukciya avtomatizirovannoj stacionarno-sezonnoj sistemy nadkronovogo uvlazhnitel'nogo dozhdevaniya // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2017. № 3 (11). P. 124-131.
10. A smart capillary barrier-wick irrigation system for home gardens in arid zones / A. Al-Mayahi, S. Al-Isma'ili, A. Al-Maktoumi, H. Al-Busaidi, A. Kacimov, R. Janke, J. Bouma, J. Šimůnek // Irrigation Science. 2020. V. 38. N. 3. P. 235-250.
11. Brody M., Golub A. A., Eshchanov B. R. Approaches to optimize Uzbekistan's investment in irrigation technologies // Economic Policy. 2020. V. 15. N. 2. P. 136-147.
12. Communar G., Friedman S. P. Relative water uptake rate as a criterion for trickle irrigation system design: i. coupled source-sink steady water flow model // Soil Science Society of America Journal. 2010. V. 74. N. 5. P. 1493-1508.
13. Hasan F. U., Fatima B., Heaney-Mustafa S. A critique of successful elements of existing on-farm irrigation water management initiatives in Pakistan // Agricultural Water Management. 2021. V. 244. N. 106598.
14. Lazareva T. Modeling of the content of the creative learning process by the improving of engineers' equipment // Проблеми інженерно-педагогічної освіти. 2012. N. 37. P. 81-88.
15. Schiffris S. Inhibition of root penetration in subsurface driplines by impregnating the drippers with copper oxide particles // Irrigation Science. 2015. V. 33. N. 4. P. 319-324.
16. Shentsova O. M. The heuristic methods in engineering and design as a trend in modern architectural education // Modern Science. 2019. N. 1. P. 136-141.

Authors Information:

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

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

Lytov Michail Nikolaevich, Leading Researcher, Volgograd Branch of the Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation A.N. Kostyakova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825> LytovMN@yandex.ru

Информация об авторах:

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

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

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

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-33

**TO THE QUESTION ABOUT SAPROPELS AND THEIR INFLUENCE ON WATER
PHYSICAL PROPERTIES IN MIXTURES WITH SAND DURING CONSTRUCTION
AND OPERATION OF ENGINEERING AND RECLAMATION SYSTEMS**

V.S. Bocharnikov¹, A.A. Borovikov²

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Belarusian State Agricultural Academy, Gorki*

Received 18.09.2021

Submitted 20.11.2021

Summary

The article deals with freshwater silts – sapropels, their water-physical properties, and the influence of sapropel content on water-physical properties in sand-sapropel mixtures. The properties of mixtures with mineral soils are compared. Analysis of the compression dependencies of various sapropels showed that their maximum molecular moisture capacity is not lower than that of Montmorillonite clays, which indicates the presence of a large number of particles capable of molecular binding water in large quantities. This made it possible to conclude that it is possible, when calculating the suffusion stability, to increase the size of solid particles by the size of physically bound water films.

Abstract

Introduction. The use of local materials in the construction of hydraulic structures of reclamation systems during their construction and reconstruction instead of expensive imported montmorillonite clays will significantly reduce their cost. **Object.** The objects of research are sapropels, sands and mixtures based on them. **Materials and methods.** Standard methods were used to determine the water-physical properties of sapropels, sands and their mixtures. **Results and conclusions.** Analysis of compression dependencies and calculations of the phase composition of sapropels showed that their maximum molecular moisture capacity is not lower than that of montmorillonite clays, which indicates the presence of molecularly active particles capable of binding water in large quantities. Highly active particles of the organic component of sapropels bind and retain much more water in the soil structure than mineral particles of similar size. This makes it possible to recommend the use of sapropels instead of imported montmorillonite clays, as well as to increase the particle size (reduce the pore size) by the size of the molecular water film when testing mixtures for filtration strength.

Key words: *sapropel, sand-sapropel mixture, water-physical properties.*

Citation. Bocharnikov V.S., Borovikov A.A. To the question about sapropels and their influence on water physical properties in mixtures with sand during construction and operation of engineering and reclamation systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 324-334 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-33.

Author's contribution. 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 submitted final version.

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

УДК 626.8:624.131.37(476)

**К ВОПРОСУ О САПРОПЕЛЯХ И ИХ ВЛИЯНИИ
НА ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В СМЕСЯХ С ПЕСКОМ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ****В. С. Бочарников¹**, доктор технических наук, профессор**А. А. Боровиков²**, старший преподаватель¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки

Дата поступления в редакцию 18.09.2021

Дата принятия к печати 20.11.2021

Аннотация. В статье рассматриваются пресноводные илы – сапропели, их водно-физические свойства, влияние содержания сапропеля на водно-физические свойства в песчано-сапропелевых смесях. Проведено сравнение свойств смесей с минеральными грунтами. Анализ компрессионных зависимостей различных сапропелей показал, что максимальная молекулярная влагоемкость у них не ниже, чем у монтмориллонитовых глин, что указывает на наличие большого количества частиц способных молекулярно связывать воду в большом количестве. Это позволило сделать вывод о возможности при расчетах на суффозионную устойчивость увеличить размер твердых частиц на размер пленок физически связанной воды.

Актуальность. Использование местных материалов в конструкции гидротехнических сооружений мелиоративных систем при их строительстве и реконструкции вместо дорогостоящих привозных монтмориллонитовых глин позволит значительно снизить их стоимость. **Объект.** Объектом исследования являются сапропели, пески и смеси на их основе. **Материалы и методы.** Применялись стандартные методы определения водно-физических свойств сапропелей, песков и их смесей. **Результаты и выводы.** Анализ компрессионных зависимостей и расчеты фазового состава сапропелей показал, что максимальная молекулярная влагоемкость у них не ниже, чем у монтмориллонитовых глин, что говорит о присутствии молекулярно активных частиц, способных связывать воду в большом количестве. Высокоактивные частицы органической составляющей сапропелей связывают и удерживают в структуре грунта значительно большее количество воды, чем минеральные частицы аналогичных размеров. Это позволяет рекомендовать применение сапропелей вместо привозных монтмориллонитовых глин, а также увеличить размер частиц (снизить размер пор) на величину пленки молекулярной воды при проверке смесей на фильтрационную прочность.

Ключевые слова: сапропели, песчано-сапропелевые смеси, водно-физические свойства сапропелей.

Цитирование. Бочарников В. С., Боровиков А. А. К вопросу о сапропелях и их влиянии на водно-физические свойства в смесях с песком при строительстве и эксплуатации инженерно-мелиоративных систем. *Известия НВ АУК*. 2021. 4 (64). 324-334. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-33.

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. Сапропель – пресноводный ил, формирующийся в пресноводных водоемах. Его формирование тесно связано с возникновением и геологическим развитием водоема. Изменение режимобразующих факторов существенно влияет на процесс осадконакопления, но, в конечном счете, отложение сапропеля ведет к обмелению водоема, т.е. к постоянному изменению его батиметрических характеристик. С точки зрения геохронологии, это очень быстрый процесс. Небольшие водоемы заполняются

осадками и превращаются в болота в течение каких-нибудь 100-200 лет. В силу длительного по времени процесса формирования сапропелей они характеризуются пестрым разнообразием водно-физических свойств [2, 5, 7].

Сапропели являются полидисперсными системами, сложенными органическими, минеральными и органоминеральными образованиями [10, 13]. При этом, по мнению Сергеева, основой глинистой фракции является каолинит, однако содержание глинистых минералов не превышает 6 % по массе [6].

Содержание органических и органоминеральных соединений может достигать до 90 % [12], и они определяют водно-физические свойства сапропелей вследствие высокой активности по отношению к минеральной составляющей. Ввиду различия в свойствах органической и минеральной составляющих их следует рассматривать отдельно. Так, органическое вещество биогенных грунтов характеризуется плотностью не превышающей 1,25-1,80 г/см³. В соответствии с рекомендациями плотность органического вещества равна 1,51 г/см³ при выполнении расчетов.

В ранее выполненных расчетах фазового состава сапропеля по известной плотности твердых частиц и степени зольности нами была получена величина плотности частиц органической составляющей 1,55 г/см³, которая отличается от рекомендуемой на величину около 2,5 %.

Строительство и эксплуатация инженерно-мелиоративных систем, включающих подвод поливной воды с использованием как открытой, так и закрытой оросительной сети, направлены на обеспечение бесперебойной работы дождевальной техники [3, 11], капельных и внутрипочвенных трубопроводов [4] и т.д. на основе сохранения и воспроизводства почвенного плодородия [9], экологической устойчивости агроландшафтов [1].

Использование сапропеля при строительстве и эксплуатации таких систем представляет практический интерес [8].

Материалы и методы. С целью изучения водно-физических свойств были отобраны сапропели с различных объектов на территории Республики Беларусь. К основным водно-физическим свойствам сапропелей, представляющих для нас интерес, относятся: гранулометрический состав, плотность твердых частиц, твердость скелета, плотность, влажность, степень зольности, пористость. Плотность частиц грунта определялась пикнометрическим методом; плотность грунта – методом режущего кольца; плотность скелета – расчетным методом; влажность – высушиванием до постоянной массы; гранулометрический состав: песков – ситовым с промывкой водой и ареометрическим; сапропелей и смесей – ареометрическим методом; степень зольности – прокаливанием до постоянной массы; верхнего предела пластичности – методом балансирного конуса; нижнего предела пластичности – раскатыванием. В таблице 1 приведены показатели водно-физических свойств исследованных грунтов.

Песчано-сапропелевые смеси приготавливались путем смешивания песков 1 и 2 и суспензии сапропеля 2 в различном соотношении компонентов. Кумулятивные кривые гранулометрического состава песков и сапропеля 2 приведены на рисунке 1, а песчано-сапропелевых смесей – на рисунках 2 и 3.

Показатели физических свойств исследованных смесей следующие. Плотность твердых частиц смесей при различном содержании сапропеля в смеси изменяется в небольшом диапазоне: для смесей №1–№3 от 2,60 до 2,62 г/см³, для смесей №4–№6 – от 2,62 до 2,64 г/см³. В значительно больших пределах изменяется их плотность: от 1,36 до 1,94 г/см³ для смесей №1–№3 и от 1,37 до 1,95 г/см³ для смесей № 4–№6.

Таблица 1 – Показатели водно-физических свойств исследованных грунтов

Table 1 – Indicators of water-physical properties of the studied soils

Образец / Sample	Плот- ность ρ , г/см ³ / Density, g / cm ³	Влажность W , в долях единицы / Humidity W , in fractions of a unit	Плотность скелета ρ_d , г/см ³ / Skeleton density, g / cm ³	Степень зольно- сти / Ash degree D_{ash} , %	Плот- ность частиц ρ_s , г/см ³ Particle density , g / cm ³	Пори- стость / Porosity n	Коэффи- циент не- одно- родности / Coefficient of hetero- geneity
Сапропель / Sapropel 1	1,617	0,59	1,017	90	2,54	0,600	–
Сапропель / Sapropel 2	1,438	0,93	0,745	85	2,43	0,693	–
Сапропель / Sapropel 3	1,413	1,03	0,696	88	2,46	0,717	–
Сапропель / Sapropel 4	1,144	3,4	0,260	76,6	2,27	0,885	–
Сапропель / Sapropel 5	1,163	2,8	0,306	66,4	2,134	0,857	–
Сапропель / Sapropel 6	1,112	3,9	0,227	55,4	1,98	0,885	–
Сапропель / Sapropel 7	1,092	4,46	0,200	42,4	1,86	0,892	–
Песок / Sand 1	–	–	1,68	–	2,63	0,361	2,6
Песок / Sand 2	–	–	1,72	–	2,65	0,351	52

При этом с увеличением содержания сапропеля в смеси плотность ее уменьшается, а пористость растет от 0,26 при 5 % до 0,477 при 15 %. Значительно изменяется и коэффициент неоднородности: для смесей №1-№3 при изменении концентрации с 5 до 15 % он возрастает с 4,4 до 26,5; для смесей №4-№6 – с 69 до 97 при изменении концентрации с 5 до 15 %).

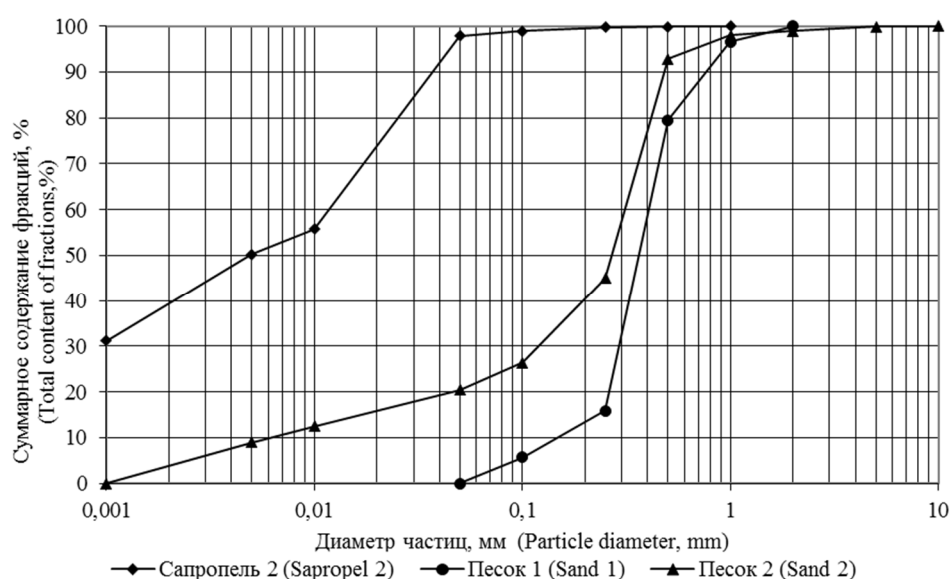


Рисунок 1 – Кумулятивные кривые гранулометрического состава исследованных грунтов

Figure 1 – Cumulative curves of the granulometric composition of the studied soils

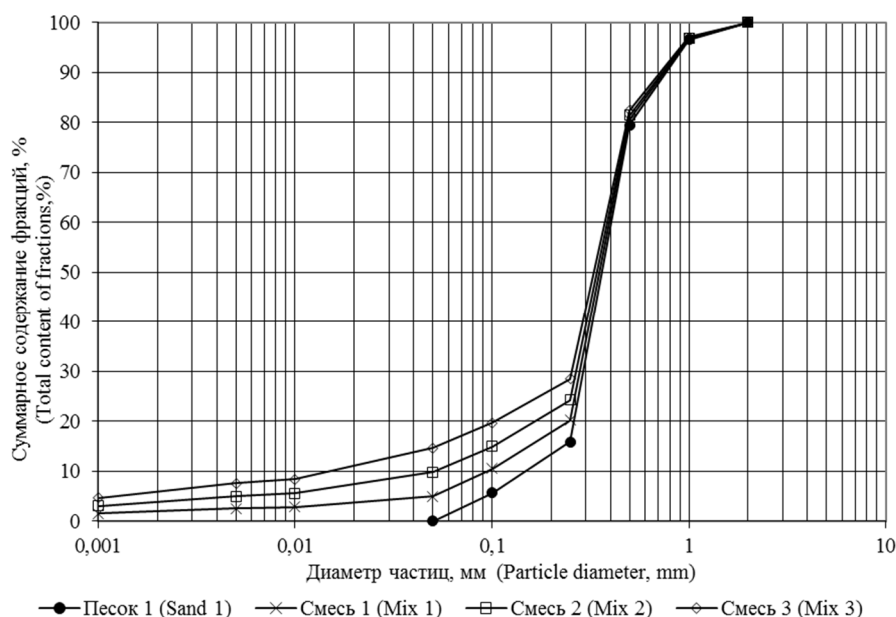


Рисунок 2 – Кумулятивные кривые гранулометрического состава исследованных грунтов

Figure 2 – Cumulative curves of the granulometric composition of the studied soils

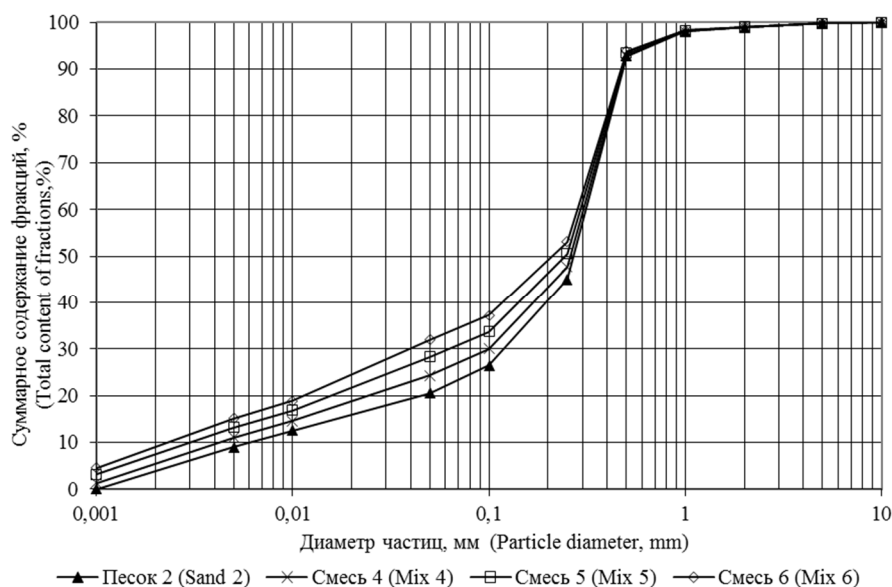


Рисунок 3 – Кумулятивные кривые гранулометрического состава исследованных грунтов

Figure 3 – Cumulative curves of the granulometric composition of the studied soils

Результаты и обсуждение. В ходе изучения водно-физических свойств смесей песка и сапропеля производилось определение числа пластичности для различных концентраций сапропеля в смеси. На рисунках 4 и 5 показаны зависимости, отражающие изменение влажностей на границах текучести и раскатывания и числа пластичности с ростом содержания сапропеля в смеси. Согласно данным рисунков, песчано-сапропелевые составы концентраций 5–15 % по числу пластичности можно отнести к супесчаным грунтам.

Физически связанная вода по существующей классификации (основанной на работах А. Ф. Лебедева, А. А. Роде, В. А. Приклонского, В. Д. Ломтадзе, Е. М. Сергеева и др.) подразделяется на прочносвязанную и слабосвязанную, а ее суммарное количество называют молекулярной влагоемкостью.

Гигроскопическую воду практически невозможно отжать даже при очень больших усилиях, но легко удалить, подвергнув грунт нагреванию. Объем ее, присутствующий в грунте, определяется механическим и минеральным составом и может быть от 0,2 до 30 %, а иногда и более. Слабосвязанная вода энергетически менее прочно удерживается на поверхности частиц и при росте уплотняющей нагрузки относительно легко выводится за пределы грунта.

По данным В. Д. Ломтадзе (1970), значения полной (ПВ) и максимальной молекулярной (ММВ) влагоемкостей (%) для некоторых минеральных грунтов следующие: монтмориллонит ПВ – 71, ММВ – 44; каолинит ПВ – 43, ММВ – 22; гидрослюда ПВ – 29, ММВ – 14; тонкозернистый кварцевый песок ПВ – 25, ММВ – 2.

Активные частицы глин (тонкодисперсные фракции $d < 0,005$ мм) обладают большой обменной способностью, причем наибольшая она у монтмориллонитовых, наименьшая – у гидрослюдистых глин.

В механическом составе сапропелей частицы размером менее 0,005 мм занимают 50 % и более, однако они – результат разложения растительных и животных остатков.

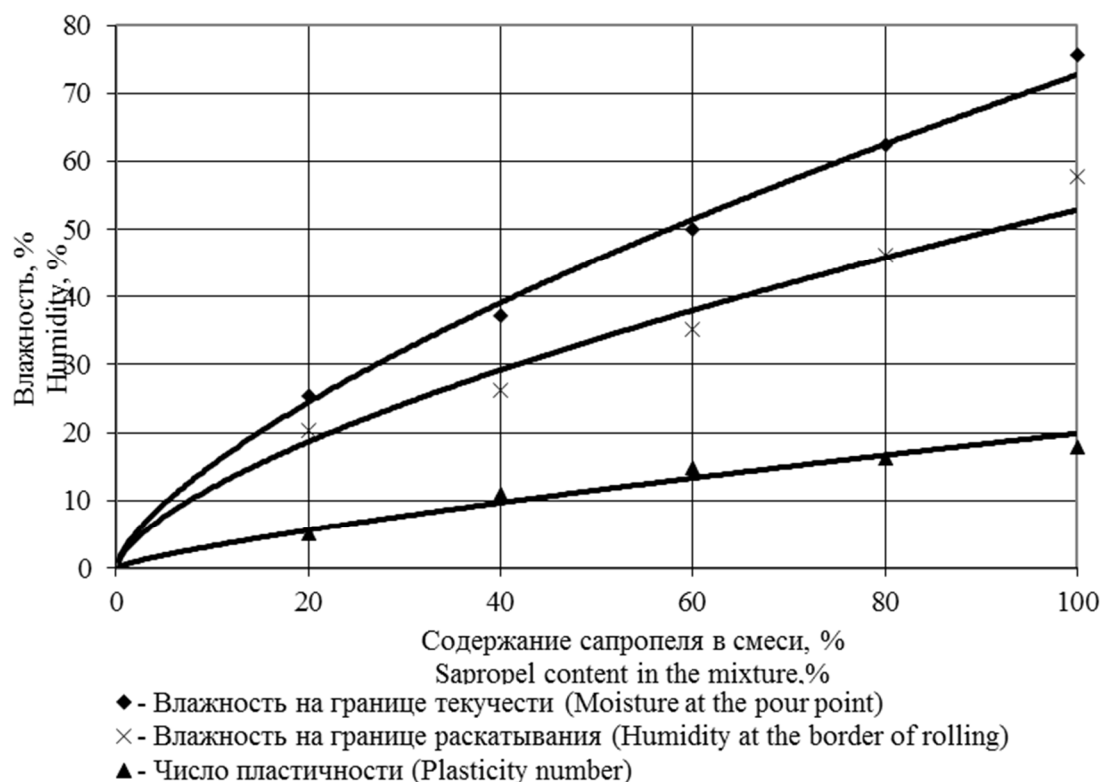


Рисунок 4 – Изменение числа пластичности смеси в зависимости от содержания сапропеля (сапропель 2 + песок 1)

Figure 4 – Change in the number of plasticity of the mixture depending on from the content of sapropel (sapropel 2 + sand 1)

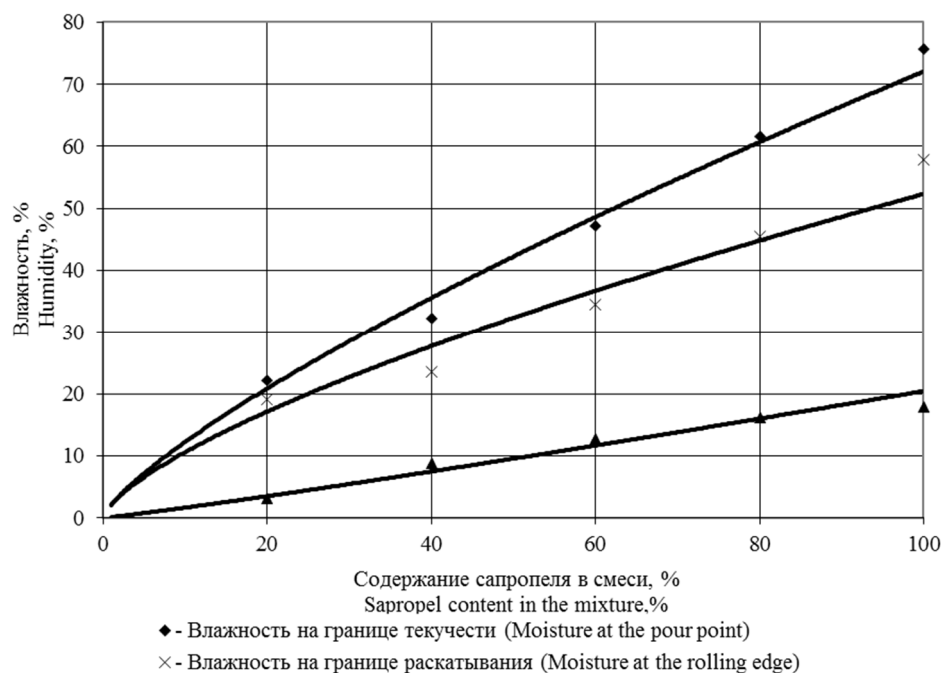


Рисунок 5 – Изменение числа пластичности смеси в зависимости от содержания сапропеля (сапропель 2 + песок 2)

Figure 5 – Change in the number of plasticity of the mixture depending on from the content of sapropel (sapropel 2 + sand 2)

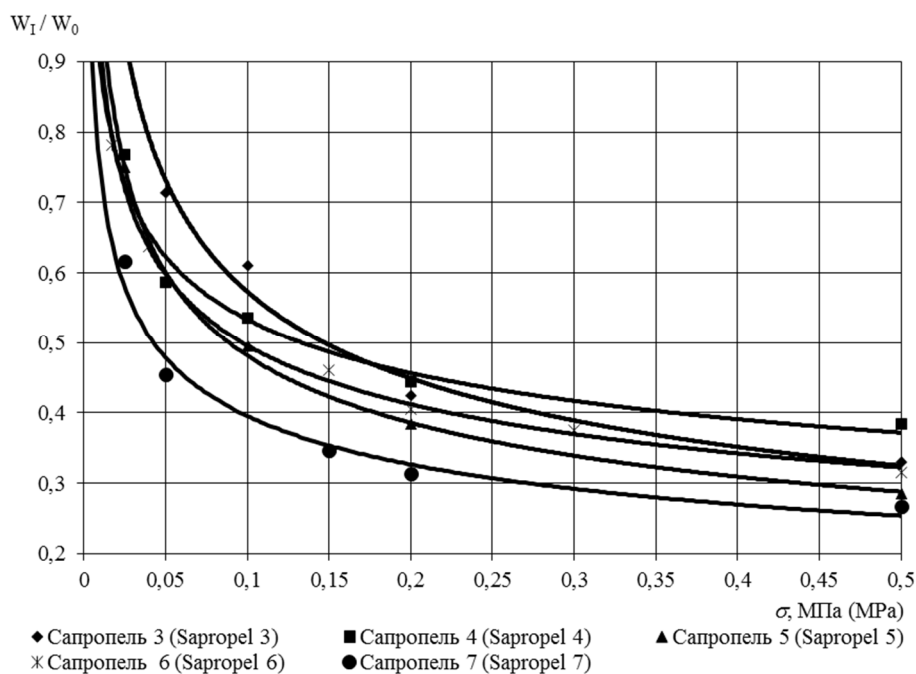


Рисунок 6 – Изменение отношения влажности сапропелей после уплотнения (W^I) к их влажности в естественном состоянии (W_0) в зависимости от уплотняющей нагрузки (σ)

Figure 6 – Change in the ratio of the moisture content of sapropels after compaction (W^I) to their moisture content in the natural state (W_0) depending on the compaction load (σ)

Высокая емкость обмена и способность связывать большое количество воды – их главная особенность. В естественных условиях влажность сапропелей в залежи значительно выше, чем у глинистых грунтов схожего механического состава.

На рисунке 6 показаны результаты лабораторных испытаний различных видов сапропелей в компрессионных приборах.

Выводы. Из рисунка 6 видно, что с ростом уплотняющей нагрузки наблюдается снижение выделяемой воды из образца и процесс практически стабилизируется при нагрузках более 0,2 МПа. Для исследованных образцов влажность после уплотнения под нагрузкой 0,5 МПа составляла от 52 до 182 %. При больших значениях нагрузки она практически не изменялась. Приведенные значения влажности сапропелей после их уплотнения можно принять в качестве максимальной молекулярной влагоемкости. Это свидетельствует о том, что во всех исследованных видах сапропелей максимальная молекулярная влагоемкость не ниже, чем у монтмориллонитовых глин, что свидетельствует о наличии в их составе большого количества активных частиц, способных связывать значительное количество воды. Специфические свойства сапропелей можно объяснить высокой активностью частиц органической составляющей и способностью их связывать и удерживать в структуре грунта значительно большее количество воды, чем минеральными частицами аналогичных размеров.

Проведя расчет фазового состава для сапропеля 3 при естественной влажности, выяснили, что твердая фаза занимает в плотном состоянии 0,283, а вода – 0,717 от объема грунта. Если предположить, что грунт при естественной влажности состоит из шарообразных частиц, покрытых пленками воды, то толщина водных пленок составит 0,42-0,46 от диаметра твердых частиц при любом диаметре этих частиц в реальном диапазоне их изменения по данным гранулометрического анализа.

После удаления воды при уплотнении, когда практически можно принять, что процесс оттока воды прекратился и в грунте осталась только прочносвязанная вода, ее количество для данного вида сапропеля составляет 0,237 от первоначального объема грунта. В данном случае в результате компрессионного удаления рыхлосвязанной воды толщина водных пленок снизилась до 0,15-0,20 от диаметра частиц.

С уменьшением диаметра частиц толщина водных пленок уменьшается и соответственно возрастает прочность связи пленочной воды с твердыми частицами. Естественно, что приведенные расчетные значения получены из предположения, что грунт состоит из частиц одинакового диаметра, однако соотношение толщины водных пленок к диаметру твердых частиц остается практически постоянным. С увеличением диаметра частиц толщина водных пленок увеличивается и, соответственно, уменьшается прочность связи воды с твердыми частицами.

Это позволило сделать заключение о возможности включения прочносвязанной воды при расчетах (суффозионной устойчивости) в размер (диаметр) твердых частиц, так как толщина пленок этой категории воды практически не изменяется при стабильных (неизменяющихся) внешних условиях.

Библиографический список

1. Дуброва Ю. Н., Лейко Д. М., Боровиков А. А. Использование природных ландшафтов в сельскохозяйственном производстве в условиях изменения климата // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2020. № 2 (78). С. 112-117.
2. Исследование процесса сушки органического сапропеля / С. Н. Кокошин [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (86). С. 129-132.
3. Исследования гидравлических характеристик дождевальной машины кругового действия / В. С. Бочарников [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 319-327.

4. Оптимизация основных параметров трубчатых оросительных систем / А. С. Овчинников [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 303-309.
5. Применение сапропеля как органического удобрения в условиях правобережья Саратовской области / И. Ф. Медведев [и др.] // Аграрный научный журнал. 2019. № 11. С. 23-26.
6. Ялтанец И. М., Дементьев В. А., Казаков В. А. Структура комплексной механизации гидромеханизированного предприятия при эксплуатации месторождений торфа и сапропеля и производстве торфо-сапропелевых смесей // Гидротехническое строительство. 2021. № 7. С. 14-21.
7. Ялтанец И. М., Дементьев В. А. Перспективность развития сапропелевой индустрии России и её технологическая основа // Гидротехническое строительство. 2020. № 10. С. 39-45.
8. Biodegradation studies of sapropel-based composite materials / V. Obuka [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. V. 660 (1). 012073.
9. Bocharnikova O. V., Denisova M. A., Bocharnikov V. S. Technology of preparation of natural waters for irrigation // 2020 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 579 (1). 012033.
10. Krivonos O. I., Terekhova E. N., Belskaya O. B. Catalytic hydroprocessing of organic matter of sapropels. The effects of sapropel nature on the yield and composition of products // Catalysis Today. 2021. V. 378. P. 126-132.
11. 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.
12. Utenkova T., Kremcheev E., Korotkova O. Existing methods of dehydration of sapropel // E3S Web of Conferences 2020. V. 174. 01004.
13. Vincevica-Gaile Z., Stankevica K. Impact of micro- and macroelement content on potential use of freshwater sediments (gyttja) derived from lakes of eastern Latvia // Environmental Geochemistry and Health. 2018. V. 40 (5). P. 1725-1738.

Conclusion. Figure 3 shows that with an increase in the sealing load, a decrease in the released water from the sample is observed, and the process practically stabilizes at loads of more than 0,2 MPa. For the investigated samples, the moisture content after compaction under a load of 0,5 MPa ranged from 52 to 182%. At large values of the load, it practically did not change. The given values of the moisture content of sapropels after their compaction can be taken as the maximum molecular moisture capacity. This indicates that in all studied types of sapropels, the maximum molecular moisture capacity is not lower than that of montmorillonite clays, which indicates the presence in their composition of a large number of active particles capable of binding a significant amount of water. The specific properties of sapropels can be explained by the high activity of organic particles and their ability to bind and retain a much larger amount of water in the soil structure than mineral particles of similar size.

After calculating the phase composition for sapropel 3 at natural humidity, the solid phase in the dense state occupies 0,283, and water – 0,717 of the volume of the soil. If we assume that the soil at natural moisture content consists of spherical particles covered with water films, then the thickness of the water films will be 0,42-0,46 of the diameter of solid particles for any diameter of these particles in the real range of their variation according to the granulometric data analysis.

After removing water during compaction, when it is practically possible to assume that the process of water outflow has stopped, and only strongly bound water remains in the soil, its amount for this type of sapropel is 0,237 of the original volume of the soil. In this case, as a result of compression removal of loosely bound water, the thickness of the water films decreased to 0,15-0,20 of the particle diameter.

With a decrease in the particle diameter, the thickness of the water films decreases and, accordingly, the bond strength of the film water with solid particles increases. Naturally, the given calculated values were obtained from the assumption that the soil consists of parti-

cles of the same diameter, but the ratio of the thickness of the water films to the diameter of solid particles remains practically constant. With an increase in the diameter of the particles, the thickness of the water films increases and, accordingly, the strength of the bond between water and solid particles decreases.

This made it possible to conclude that it is possible to include strongly bound water in calculations (suffusion stability) in the size (diameter) of solid particles, since the thickness of films of this category of water practically does not change at stable (unchanging) external conditions.

References

1. Dubrova Yu. N., Leiko D. M., Borovikov A. A. The use of natural landscapes in agricultural production in the context of climate change // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2020. No. 2 (78). P. 112-117.
2. Research of the drying process of organic sapropel / S. N. Kokoshin [et al.] // News of the Orenburg State Agrarian University. 2020. No. 6 (86). P. 129-132.
3. Research of the hydraulic characteristics of the circular sprinkler / V. S. Bocharnikov [et al.] // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2020. No. 2 (58). P. 319-327.
4. Optimization of the main parameters of tubular irrigation systems / A. S. Ovchinnikov [et al.] // Bulletin of the Nizhnevolzhsk agro-university complex: Science and higher professional education. 2018. No. 2 (50). P. 303-309.
5. The use of sapropel as an organic fertilizer in the conditions of the right bank of the Saratov region / I. F. Medvedev [et al.] // Agrarian scientific journal. 2019. No. 11. P. 23-26.
6. Yaltanets I. M., Dementyev V. A., Kazakov V. A. The structure of the complex mechanization of a hydromechanized enterprise during the operation of peat and sapropel deposits and the production of peat-sapropel mixtures // Hydrotechnical construction. 2021. No. 7. P. 14-21.
7. Yaltanets I. M., Dementyev V. A. Prospects for the development of the sapropel industry in Russia and its technological basis // Hydraulic engineering. 2020. No. 10. P. 39-45.
8. Biodegradation studies of sapropel-based composite materials / V. Obuka [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. V. 660 (1). 012073.
9. Bocharnikova O. V., Denisova M. A., Bocharnikov V. S. Technology of preparation of natural waters for irrigation // 2020 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. V. 579 (1). 012033.
10. Krivonos O. I., Terekhova E. N., Belskaya O. B. Catalytic hydroprocessing of organic matter of sapropels. The effects of sapropel nature on the yield and composition of products // Catalysis Today. 2021. V. 378. P. 126-132.
11. 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.
12. Utenkova T., Kremcheev E., Korotkova O. Existing methods of dehydration of sapropel // E3S Web of Conferences 2020. V. 174. 01004.
13. Vincevica-Gaile Z., Stankevica K. Impact of micro- and macroelement content on potential use of freshwater sediments (gyttja) derived from lakes of eastern Latvia // Environmental Geochemistry and Health. 2018. V. 40 (5). P. 1725-1738.

Authors Information

Bocharnikov Viktor Sergeevich, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd Agrarian University (40002, Russia, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26) Doctor of Technical Sciences, Professor, tel. 8 (8442)41-17-84, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Borovikov Aleksey Aleksandrovich, Senior Lecturer of the Department of Hydraulic Structures and Water Supply, Belarusian State Agricultural Academy (213407, Republic of Belarus, Gorki, Michurin street, 5), tel. (+375 44) 764-60-19, e-mail: boral73@mail.ru.

Информация об авторе

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Боровиков Алексей Александрович, старший преподаватель кафедры «Гидротехнические сооружения и водоснабжение» УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (213407, Республика Беларусь, г. Горки, улица Мичурина, 5), тел. (+375 44)764-60-19, e-mail: boral73@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-34

DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF THE TECHNOLOGICAL PROCESSING OF SLOPE LAND TREATMENT WITH ANTI-EROSION WEAPON

S. A. Vasiliev^{1,2}, A. M. Lopotkin², A. A. Vasiliev²

¹Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary

²Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Knyaginino

Received 14.09.2021

Submitted 21.11.2021

The research was carried out under a grant from the President of the Russian Federation for state support of young Russian scientists, the project "Development and research of intelligent technologies and mechatronic systems for accurate ground scanning of the surface of sloping lands" No. MD-1198.2020.8, agreement No. 075-15-2020-228

Summary

In the scientific article, a mathematical model of the technological process of processing slope lands with an anti-erosion tool is developed, taking into account the differentiated impact of the working body on the soil according to information about the exposure of the treated area on a complex slope.

Abstract

Introduction. In the scientific article, a mathematical model of the technological process of processing slope lands with an anti-erosion tool is developed. The occurrence of critical conditions can occur with any traditional tillage on difficult slopes, when technological furrows are formed during the movement of a machine and tractor unit, where heavy rainfall is combined and concentrated, starting from the watershed line. In this case, on difficult slopes with a non-constant slope, it is necessary to determine the maximum permissible deviations of the direction of the main tillage relative to the isohypsum of the slope. **Object.** The purpose of the scientific work is to develop a mathematical model of the technological process of processing slope lands with an anti-erosion tool, taking into account the differentiated impact of the working part on the soil according to information about the exposure of the treated area on a complex slope. **Materials and methods.** When considering the movement of a tractor on a complex slope, the relationship of three angles is revealed: the angular parameter of the deviation of the longitudinal axis of the machine-tractor unit from the isohypsum of the slope; the longitudinal angular parameter of the tool slope and the transverse angular parameter of the tool slope along the isohypsum. Having considered the kinematics of the movement of the working part of the anti-erosion tool, we established the dependence of the angle of deviation of the vector of the absolute speed of the working part on the speed of the longitudinal movement of the machine. **Results and conclusion.** According to the developed dependencies, a mathematical model of the processing of complex slope lands with an active harrow as part of a machine-tractor unit was obtained, in which, on the one hand, the parameters of a complex slope were taken into account, and on the other, the parameters of the active harrow were taken into account. On the basis of a mathematical model of the processing of complex slope lands with an active harrow, particular cases of the location of the slope relative to the direction of movement of the machine-tractor unit are schematically presented, which establish various modes of its operation.

Key words: mathematical model, slope lands, anti-erosion tool, machine-tractor unit, active harrow.

Citation. Vasiliev S. A., Lopatkin A.M., Vasiliev A. A. Development of a mathematical model of the technological processing of slope land treatment with anti-erosion weapon. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 334-344 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-34.

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

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

УДК 631.31:519.87:631.613

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СКЛОНОВЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫМ ОРУДИЕМ

С. А. Васильев^{1,2}, доктор технических наук

А. М. Лопоткин², старший преподаватель

А. А. Васильев², кандидат технических наук

¹Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, Чебоксары

²Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, г. Княгинино

Дата поступления в редакцию 14.09.2021

Дата принятия к печати 21.11.2021

Исследование выполнено по гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых, проект «Разработка и исследование интеллектуальных технологий и мехатронных систем точного наземного сканирования поверхности склоновых земель» № МД-1198.2020.8, соглашение № 075-15-2020-228

Актуальность. В статье разработана математическая модель технологического процесса обработки склоновых земель противоэрозионным орудием. Возникновение критических условий может осуществиться при любой традиционной обработке почвы на сложных склонах, когда формируются технологические борозды при перемещении машинно-тракторного агрегата, где соединяются и концентрируются ливневые осадки начиная с водораздельной линии. В таком случае на сложных склонах с непостоянным уклоном необходимо определять предельно допустимые отклонения направления основной обработки почвы относительно изогипс склона. **Объект.** Целью научной работы является разработка математической модели технологического процесса обработки склоновых земель противоэрозионным орудием с учетом дифференцированного воздействия рабочего органа на почву в соответствии с информацией об экспозиции обрабатываемого участка на сложном склоне. **Материалы и методы.** При рассмотрении движения трактора на сложном склоне выявлена взаимосвязь трех углов: угловой параметр отклонения продольной оси машинно-тракторного агрегата от изогипсы склона; продольный угловой параметр уклона орудия и поперечный угловой параметр уклона орудия по изогипсе. Рассмотрев кинематику движения рабочего органа противоэрозионного орудия, установили зависимость угла отклонения вектора абсолютной скорости рабочего органа от скорости продольного перемещения машины. **Результаты и выводы.** По разработанным зависимостям получили математическую модель обработки сложных склоновых земель активной бороной в составе машинно-тракторного агрегата, в которой, с одной стороны, учтены параметры сложного склона, а с другой, – учитываются параметры активной бороны. На основе математической модели обработки сложных склоновых земель активной бороной схематически представлены частные случаи расположения склона относительно направления движения МТА, устанавливающие различные режимы его работы.

Ключевые слова: математические модели, склоновые земли, противоэрозионные орудия, машинно-тракторные агрегаты, активная борона.

Цитирование. Васильев С. А., Лопоткин А. М., Васильев А. А. Разработка математической модели технологического процесса обработки склоновых земель противоэрозионным орудием. *Известия НВ АУК.* 2021. 4 (64). 334-344. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-34.

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. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Известные способы основной обработки почвы в пределах заданной территории землепользования достаточно часто не отвечают требованиям по защите земель от эрозионных процессов [11, 15, 16, 17]. Одной из причин существенного проявления эрозии почвы является недостаточный учет основных агротехнических требований к ее обработке на склонах [1, 2, 4, 8, 9, 10, 19]. В то же время с учетом этих явлений в течение всего вегетационного периода необходимо мониторить благоприятные условия произрастания растений начиная сразу после основной обработки земли [3, 18].

Известные научные исследования по реализации агротехнических противоэрозионных технологий подтверждают случаи повышения интенсивности эрозионных процессов при движении агрегата под некоторым углом к изогипсам склоновых земель [20, 21]. Возникновение критических условий может осуществиться при любой традиционной обработке почвы на сложных склонах, когда формируются технологические борозды при перемещении машинно-тракторного агрегата, где соединяются и концентрируются ливневые осадки, начиная с водораздельной линии [7, 12, 13, 14]. В таком случае на сложных склонах с непостоянным уклоном необходимо определять предельно допустимые отклонения направления основной обработки почвы относительно изогипс склона.

Объект исследования. Целью научной работы является разработка математической модели технологического процесса обработки склоновых земель противоэрозионным орудием с учетом дифференцированного воздействия рабочего органа на почву по информации об экспозиции обрабатываемого участка на сложном склоне.

Материалы и методы. Рассмотрим технологический процесс обработки почвы противоэрозионным орудием на сложном склоне (рисунок 1).

Выделим основные углы наклона поверхности почвы в продольной и поперечной плоскостях относительно изогипс склона. По проекции на горизонтальную плоскость участка поверхности почвы, где в данный момент выполняется обработка почвы противоэрозионным орудием, установим угловой параметр отклонения от изогипсы склона продольной оси машинно-тракторного агрегата; продольный угловой параметр уклона орудия по изогипсе и поперечный угловой параметр уклона орудия по изогипсе.

Опираясь на теоретические исследования Васильева С.А. при рассмотрении движения трактора на сложном склоне [5, 6, 22, 23], получим взаимосвязь отмеченных углов в виде следующей формулы:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}. \quad (1)$$

Применяя формулу (1), можно определить угол отклонения направления движения противоэрозионного орудия от горизонтали склоновых земель по поперечному и продольному углам наклона.

Все эти особенности с учетом агротехнических требований обработки почвы склоновых земель по созданию особенного микрорельефа дневной поверхности почвы предопределяют перспективное направление реализации контурной обработки почвы активными рабочими органами противоэрозионных машин.

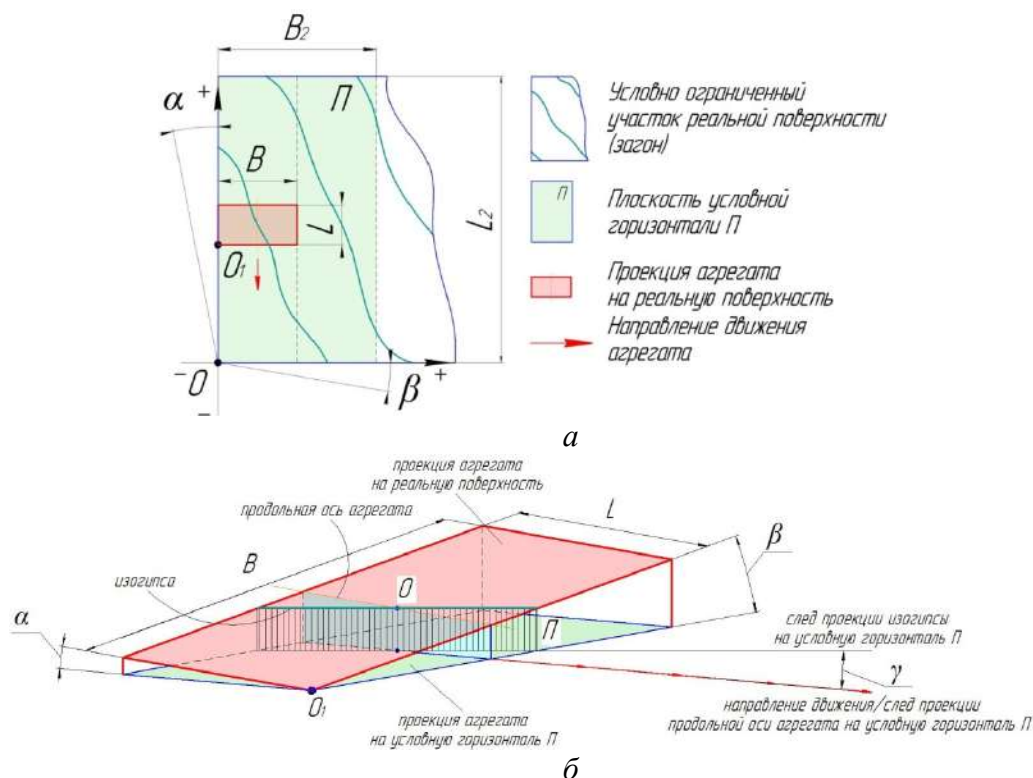


Рисунок 1 – Технологический процесс обработки противозерозионным орудием склоновых земель: *а* – размещение обрабатываемого участка (загона) на сложном склоне; *б* – расположение противозерозионного орудия на дневной поверхности почвы

Figure 1 – Technological process of processing slope lands with an anti-erosion tool: *a* – placement of the treated area (paddock) on a complex slope; *b* – the location of the anti-erosion tool on the day surface of the soil

Нами разработано активное противозерозионное орудие для реализации основной обработки почвы на сложных склоновых землях в машинно-тракторном агрегате «Трактор + Плуг + Противозерозионное орудие» (рисунок 2).



Рисунок 2 – Общий вид машинно-тракторного агрегата с противозерозионным орудием

Figure 2 – General view of the machine-tractor unit with an anti-erosion tool

Рассмотрим кинематику движения рабочего органа противоэрозионного орудия (рисунок 3). В процессе работы рабочий орган участвует в поступательном движении вместе с машинно-тракторным агрегатом и в поперечном движении на ширину орудия. Тогда по закону движения точки представим систему уравнений движения зуба активной борона:

$$\begin{cases} x = V_M t, \\ y = V_{II} t, \end{cases} \quad (2)$$

где x – перемещение точки по оси OX , м; y – перемещение по оси OY в пределах ширины орудия от $B/2$ до $B/2$, м; V_M – продольная скорость рабочего органа, которую можно приравнять к скорости перемещения машины, м/с; t – время, с; V_{II} – поперечная скорость перемещения рабочего органа, м/с.

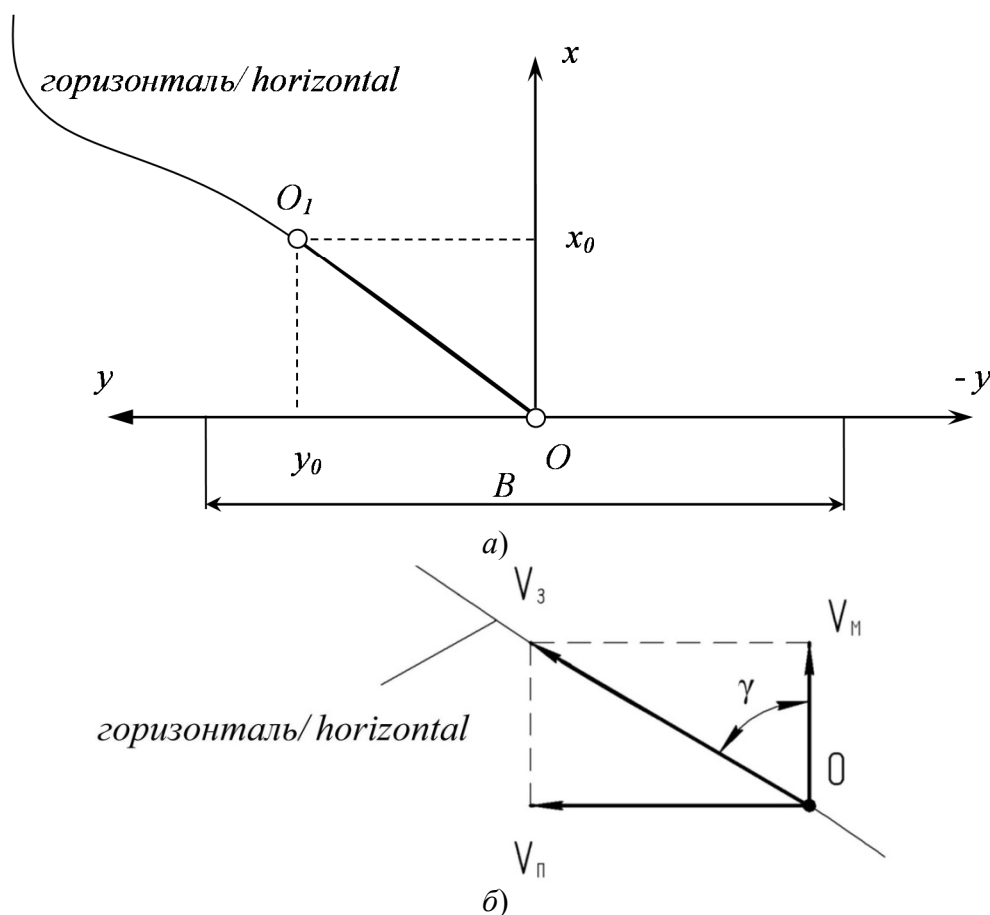


Рисунок 3 – Схема к расчету взаимодействия рабочего органа орудия с почвенными агрегатами на сложном склоне: а – в декартовой системе; б – скоростные параметры

Figure 3- Scheme for calculating the interaction of the working body of the tool with soil aggregates on a complex slope: a - in the cartesian system; b – speed parameters

Для расчета величины абсолютного перемещения рабочего органа воспользуемся известным выражением:

$$S = \sqrt{x^2 + y^2} = t \sqrt{V_M^2 + V_{II}^2}, \quad (3)$$

где S – абсолютное перемещение зуба, м.

Исходя из выражения (3), определив продольную и поперечную составляющие скорости движения точки O , расположенной на планке цепи орудия (рисунок 3б), получим абсолютную скорость рабочего органа V_3 по выражению:

$$V_3 = \sqrt{V_M^2 + V_{II}^2}, \quad (4)$$

где V_3 – абсолютная скорость рабочего органа, м/с.

С учетом того что поперечную скорость рабочего органа можно приравнять к скорости перемещения цепи орудия и определить ее по числу зубьев на ведущей звездочки – z , шагу звеньев в цепи и частоте вращения звездочки – n , примем следующее выражение, представленное в работе [6]:

$$V_{II} = z \cdot d_{\partial} \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right) \cdot n. \quad (5)$$

Откуда абсолютная скорость рабочего органа орудия по (4) будет равна:

$$V_3 = \sqrt{V_M^2 + \left(z \cdot d_{\partial} \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right) \cdot n\right)^2}. \quad (6)$$

Исходя из расчетной схемы взаимодействия рабочего органа орудия с почвенными агрегатами на сложном склоне (рисунок 3б) угол отклонения определим по выражению:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{V_{II}}{V_M}, \quad (7)$$

где γ – угол отклонения скорости рабочего органа от скорости перемещения машины, град.

Тогда с учетом выражения (6) итоговое выражение по определению угла отклонения рабочего органа разработанного противозерозионного орудия от продольной оси трактора будет выглядеть следующим образом:

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{z \cdot d_{\partial} \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right) \cdot n}{V_M}. \quad (8)$$

Результаты и обсуждение. Рассматривая уравнение (8) применительно к сложному склону, констатируем, что оно не раскрывает величину изменения угла отклонения скорости рабочего органа относительно продольной оси машины в процессе обработки почвы. Последнее, как известно, определяется по выражению (1), при известных значениях поперечного и продольного угла наклона противозерозионного орудия от горизонтали склоновых земель. Приравняем выражения (1) и (8) и выразим в виде следующего уравнения:

$$\frac{z \cdot d_{\partial} \cdot \sin\left(\frac{180}{z}\right) \cdot n}{V_M} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \beta}. \quad (9)$$

Выражение (9) представляет собой математическую модель обработки сложных склоновых земель активной бороной в составе машинно-тракторного агрегата. С одной стороны, в этой модели определены параметры сложного склона, с другой, – установлены параметры активной бороны.

Рассмотрим на основе математической модели обработки сложных склоновых земель активной бороной частные случаи расположения склона относительно направления движения МТА, устанавливающие различные режимы работы (рисунок 4).

Применительно оси продольного уклона принимаем положительное значение угла α при совпадении вектора направления движения МТА с вектором направления уклона поверхности, а отрицательное значение – если векторы противоположно направлены (частные случаи 5 и 6 соответственно).

В свою очередь, применительно оси поперечного уклона при наклоне МТА вправо относительно направления движения условно принимаем значения угла β положительными, а влево – отрицательными.

В дальнейшем можно преобразовать математическую модель для каждого частного случая расположения склона относительно направления движения МТА и представить ее в виде модифицированных уравнений.

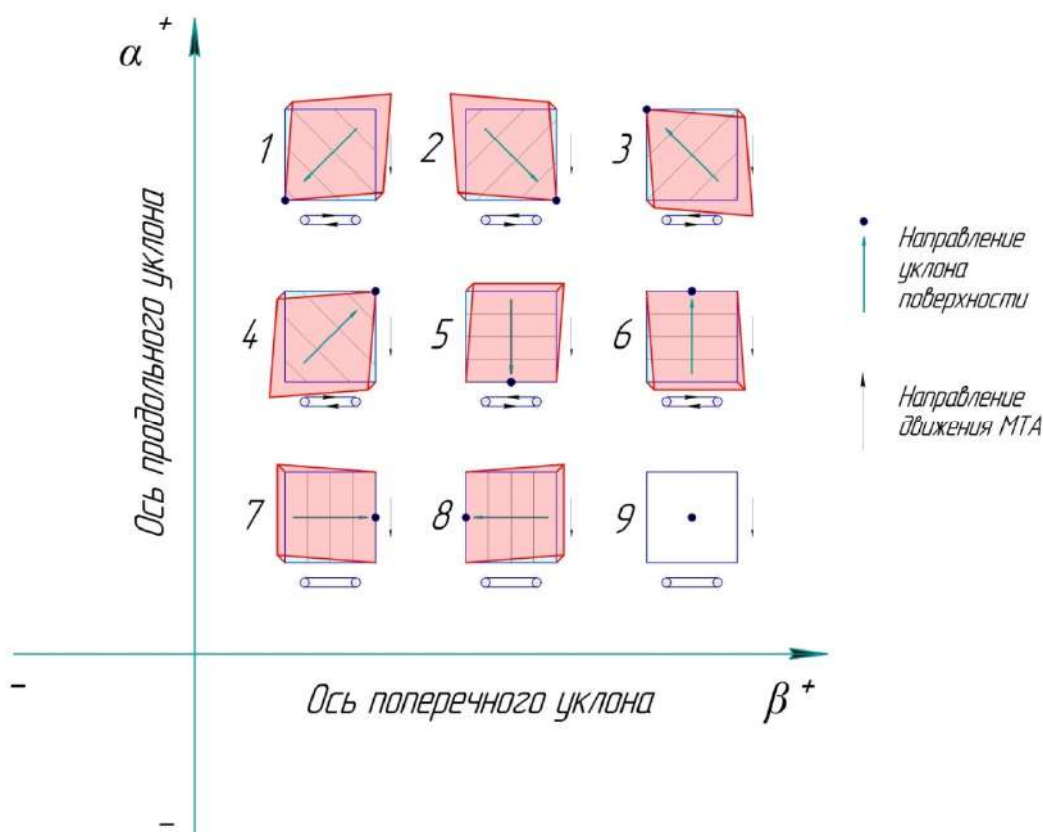


Рисунок 4 – Общая схема частных случаев расположения склона относительно направления движения МТА в локальной системе координат

Figure 4 – General scheme of special cases of the slope location relative to the direction of movement of the MTA in the local coordinate system

Выводы. Таким образом, при рассмотрении движения машины на сложном склоне выявлена взаимосвязь трех углов: угловой параметр отклонения продольной оси машинно-тракторного агрегата от изогипсы склона; продольный угловой параметр уклона орудия и поперечный угловой параметр уклона орудия по изогипсе. Рассмотрев кинематику движения рабочего органа противозерозионного орудия, установили зависимость угла отклонения абсолютной скорости рабочего органа от скорости продольного перемещения машины. По разработанным зависимостям получили математиче-

скую модель обработки сложных склоновых земель активной бороной в составе машинно-тракторного агрегата, в которой, с одной стороны, учтены параметры сложного склона, а с другой, – учитываются параметры активной бороны. Математическая модель позволит рассчитать режимы работы МТА с учетом дифференцированного воздействия рабочего органа на почву по информации об экспозиции обрабатываемого участка на сложном склоне.

Библиографический список

1. Алексеев В. В., Максимов И. И. Применение элементов fuzzy logic при оценке влагообеспеченности в системе растение-почва-воздух // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 2 (49). С. 62-66.
2. Алексеев В. В., Максимов И. И., Мишин П. В. Изучение влияния механического воздействия на скорость и объем поглощения влаги почвой // Вестник НГИЭИ. 2018. № 7 (86). С. 18-28.
3. Алексеев В. В., Краснов В. К. Проблема выбора значимых объясняющих переменных в эконометрических исследованиях // Вестник Российского университета кооперации. 2016. № 4 (26). С. 11-14.
4. Васильев С. А., Васильев А. А., Затылков Н. И. Противозрозионная контурная обработка почвы машинно-тракторными агрегатами на агроландшафтах склоновых земель // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5 (84). С. 43-54.
5. Васильев С. А., Затылков Н. И. Теоретические предпосылки для реализации контурной обработки почвы склоновых земель активным шнековым орудием // Природообустройство. 2019. № 3. С. 54-61.
6. Васильев С. А., Лопоткин А. М., Васильев А. А. Обоснование и выбор конструктивно-технологических параметров активной бороны для контурной обработки почвы склоновых земель // Вестник НГИЭИ. 2019. № 6 (97). С. 106-116.
7. Дмитриев А. Н., Васильев С. А. Результаты почвенно-мелиоративных исследований при реконструкции межхозяйственной оросительной системы «Дружба» Чувашской Республики // Теоретический и научно-практический журнал «Мелиорация и водное хозяйство». 2016. № 2. С. 17-21.
8. Журавель В. Ф. Обоснование технологии противозрозионной обработки почв с учетом методов прогнозирования стока и использования машинных комплексов // Труды Ставропольского НИИСХ. Ставрополь, 1982. С. 78-91.
9. Заславский М. Н. Эрозиоведение. Основы противозрозионного земледелия : учебник для геогр. и почв. спец. вузов. М.: Высшая школа, 1987. 376 с.
10. Каштанов А. Н., Заславский М. Н. Почвоводоохранное земледелие. М.: Россельхозиздат, 1984. 14 с.
11. Кормициков А. Д., Максимов И. И. Исследование и внедрение орудий для безотвальной обработки почвы: отчет по теме 03.13.9. Гос. рег. № 79037347; инв. № Б 855422. Чебоксары, 1980. Т. 1. 87 с.
12. Макарова М. С., Зацаринный В. А. Рекомендации по вспашке почвы на склонах плугами общего назначения // Вестник аграрной науки Дона. 2012. № 4 (20). С. 22-29.
13. Максимов И. И. Оценка эффективности функционирования системы машина-почва-растение // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 11. С. 28-34.
14. Моделирование технологического процесса обработки почвы на склоновых агроландшафтах / С. Г. Мударисов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 1 (39). С. 87-91.
15. Рахимов З. С., Мударисов С. Г., Рахимов И. Р. Возникновение механической эрозии почвы на склоновых полях и пути ее снижения // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 3 (50). С. 96-102.
16. Совершенствование технологического процесса обработки почвы, снижающего водную и технологическую эрозию на склоновых землях / Н. М. Соколов [и др.] // Успехи современного естествознания. 2018. № 11-2. С. 299-304.

17. Сурмач Г. П. Водная эрозия и борьба с ней. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 254 с.
18. Alekseev E. P., Vasilyev S. A., Maksimov I. I. Investigation of seed uniformity under field and laboratory conditions // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. № 450. 062008.
19. Alekseev V. V., Vasilyev S. A. Application of fuzzy logic elements under the moisture supply evaluation in the plant-soil-air system // Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Fuzzy Technologies in the Industry – FTI 2018". CEUR Workshop Proceedings, 2018. 2-s2.0-85058147549.
20. Development of a criteria-based approach to agroecological assessment of slope agrolandscapes / V. Alekseev [et al.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2018. Vol. 6. № 10 (96). P. 28-34.
21. Simulation of Channel Development on the Surface of Agrolandscapes on Slopes / I. I. Maksimov [et al.] // Eurasian Soil Science. 2016. Vol. 49. №. 4. P. 475-480.
22. Study of features of differentiated soil treatment by machine-tractor units on agricultural landscapes of slope lands / S. A. Vasilyev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 52007.
23. Study of the relation between the modes of contour anti-erosion tillage of slope agricultural landscapes and the spatial location of the machine-tractor aggregate / S. A. Vasilyev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 62042.

Conclusions. Conclusions. Thus, when considering the movement of the machine on a complex slope, the relationship of three angles is revealed: the angular parameter of the deviation of the longitudinal axis of the machine-tractor unit from the slope isogypse; the longitudinal angular parameter of the tool slope and the transverse angular parameter of the tool slope along the isogypse. Let's consider the kinematics of the movement of the working body of an anti-erosion tool, we have established the dependence of the angle of deviation of the absolute speed of the working body on the speed of the longitudinal movement of the machine. According to the developed dependencies, we have obtained a mathematical model of processing complex slope lands with an active harrow as part of a machine-tractor unit, in which, on the one hand, the parameters of a complex slope are taken into account, and on the other, the parameters of an active harrow are taken into account. The mathematical model will allow us to calculate the operating modes of the MTA, taking into account the differentiated impact of the working body on the soil based on information about the exposure of the treated area on a complex slope.

References

1. Alekseev V. V., Maksimov I. I. Primenenie elementov fuzzy logic pri ocenke vlagobespechennosti v sisteme rastenie-pochva-vozduh // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. Vol. 13. № 2 (49). P. 62-66.
2. Alekseev V. V., Maksimov I. I., Mishin P. V. Izuchenie vliyaniya mehanicheskogo vozdejstviya na skorost' i ob'em pogloscheniya vlagi pochvoj // Vestnik NGIJeI. 2018. № 7 (86). P. 18-28.
3. Alekseev V. V., Krasnov V. K. Problema vybora znachimyh ob'yasnyayuschih peremennykh v jekonometricheskikh issledovaniyah // Vestnik Rossijskogo universiteta kooperacii. 2016. № 4 (26). P. 11-14.
4. Vasil'ev S. A., Vasil'ev A. A., Zatytkov N. I. Protivojerozionnaya konturnaya obrabotka pochvy mashinno-traktornymi agregatami na agrolandshaftah sklonovykh zemel' // Vestnik NGIJeI. 2018. № 5 (84). P. 43-54.
5. Vasil'ev S. A., Zatytkov N. I. Teoreticheskie predposylki dlya realizacii konturnoj obrabotki pochvy sklonovykh zemel' aktivnym shnekovym orudiem // Prirodoobustrojstvo. 2019. № 3. P. 54-61.

6. Vasil'ev S. A., Lopotkin A. M., Vasil'ev A. A. Obosnovanie i vybor konstruktivno-tehnologicheskikh parametrov aktivnoj borony dlya konturnoj obrabotki pochvy sklonovykh zemel' // Vestnik NGIJeI. 2019. № 6 (97). P. 106-116.
7. Dmitriev A. N., Vasil'ev S. A. Rezul'taty pochvenno-meliorativnykh issledovaniy pri rekonstrukcii mezhhozyajstvennoj orositel'noj sistemy "Druzhba" Chuvashskoj Respubliki // Teoreticheskij i nauchno-prakticheskij zhurnal "Melioraciya i vodnoe hozyajstvo". 2016. № 2. P. 17-21.
8. Zhuravel' V. F. Obosnovanie tehnologii protivojerozionnoj obrabotki pochv s uchetom metodov prognozirovaniya stoka i ispol'zovaniya mashinnykh kompleksov // Trudy Stavropol'skogo NIISX. Stavropol', 1982. P. 78-91.
9. Zaslavskij M. N. Jeroziovedenie. Osnovy protivojerozionnogo zemledeliya : uchebnik dlya geogr. i pochv. spec. vuzov. M.: Vysshaya shkola, 1987. 376 p.
10. Kashtanov A. N., Zaslavskij M. N. Pochvovodoohrannoe zemledelie. M.: Rossel'hozizdat, 1984. 14 p.
11. Kormschikov A. D., Maksimov I. I. Issledovanie i vnedrenie orudij dlya bezotval'noj obrabotki pochvy: otchet po teme 03.13.9. Gos. reg. № 79037347; inv. № B 855422. Cheboksary, 1980. Vol. 1. 87 p.
12. Makarova M. S., Zacarinnij V. A. Rekomendacii po vspashke pochvy na sklonah plugami obshchego naznacheniya // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2012. № 4 (20). P. 22-29.
13. Maksimov I. I. Ocenka jeffektivnosti funkcionirovaniya sistemy mashina-pochva-rastenie // Traktory i sel'hozmashiny. 2013. № 11. P. 28-34.
14. Modelirovanie tehnologicheskogo processa obrabotki pochvy na sklonovykh agrolandshaftah / S. G. Mudarisov [i dr.] // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. V. 11. № 1 (39). P. 87-91.
15. Rahimov Z. S., Mudarisov S. G., Rahimov I. R. Vozniknovenie mehanicheskoy jrozii pochvy na sklonovykh polyah i puti ee snizheniya // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. Vol. 13. № 3 (50). P. 96-102.
16. Sovershenstvovanie tehnologicheskogo processa obrabotki pochvy, snizhayushchego vodnyu i tehnologicheskuyu jeroziyu na sklonovykh zemlyah / N. M. Sokolov [i dr.] // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2018. № 11-2. P. 299-304.
17. Surmach G. P. Vodnaya jeroziya i bor'ba s nej. L.: Gidrometeoizdat, 1976. 254 p.
18. Alekseev E. P., Vasilyev S. A., Maksimov I. I. Investigation of seed uniformity under field and laboratory conditions // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. № 450. 062008.
19. Alekseev V. V., Vasilyev S. A. Application of fuzzy logic elements under the moisture supply evaluation in the plant-soil-air system // Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference "Fuzzy Technologies in the Industry – FTI 2018". CEUR Workshop Proceedings, 2018. 2-s2.0-85058147549.
20. Development of a criteriabased approach to agroecological assessment of slope agrolandscapes / V. Alekseev [et al.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2018. Vol. 6. № 10 (96). P. 28-34.
21. Simulation of Channel Development on the Surface of Agrolandscapes on Slopes / I. I. Maksimov [et al.] // Eurasian Soil Science. 2016. Vol. 49. №. 4. P. 475-480.
22. Study of features of differentiated soil treatment by machine-tractor units on agricultural landscapes of slope lands / S. A. Vasilyev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 52007.
23. Study of the relation between the modes of contour anti-erosion tillage of slope agricultural landscapes and the spatial location of the machine-tractor aggregate / S. A. Vasilyev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 62042.

Authors Information

Vasiliev Sergey Anatolyevich, Head of the Department of Applied Mechanics and Graphics of the I. N. Ulyanov Chuvash State University (15 Moskovsky Prospekt, Cheboksary, Chuvash Republic, Russian Federation), Professor of the Department of Technical Maintenance, Transportation Organization and Transport Management, Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3346-7347> E-mail: vsa_21@mail.ru

Lopotkin Alexey Mikhailovich, Senior Lecturer of the Department "Maintenance, Organization of Transportation and Transport Management" Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics (22a Oktyabrskaya str., Knyaginino, Nizhny Novgorod Region, Russian Federation) E-mail: alexei-lopotkin@yandex.ru

Vasiliev Alexey Anatolyevich, Head of the Department "Maintenance, Organization of transportation and Transport Management" Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics (Russian Federation, Nizhny Novgorod Region, Knyaginino, Oktyabrskaya str., 22a), Candidate of Technical Sciences

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7621-748X> E-mail: alexei.21@mail.ru

Информация об авторах

Васильев Сергей Анатольевич, заведующий кафедрой «Прикладная механика и графика» Чувашского государственного университета имени И.Н. Ульянова (РФ, Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский проспект, 15), профессор кафедры «Техническое обслуживание, организация перевозок и управление на транспорте» Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, (РФ, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22а), доктор технических наук, доцент. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3346-7347> E-mail: vsa_21@mail.ru

Лопоткин Алексей Михайлович, старший преподаватель кафедры «Техническое обслуживание, организация перевозок и управление на транспорте» Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (РФ, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22а) E-mail: alexei-lopotkin@yandex.ru

Васильев Алексей Анатольевич, заведующий кафедрой «Техническое обслуживание, организация перевозок и управление на транспорте» Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (РФ, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, д. 22а), кандидат технических наук

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7621-748X> E-mail: alexei.21@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-35

PROSPECTS OF IMPROVEMENT OF VARIETY AGRO-TECHNICS OF CULTIVATION OF RICE ON THE BASIS OF REGULATION OF THE HYDROTHERMAL VEGETATION MODE

Yu. P. Dobrachev, E.V. Fedotova

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

Received 24.06.2021

Submitted 22.09.2021

Summary

The article presents an analysis of the temperature regime indicators by the phases of growth and development of rice grown in the climatic conditions of the Lower Kuban. Statistical processing of the results of factor analysis of the dependence of the yield value on the temperature factor in different phases of rice growth and development was carried out.

Abstract

Introduction. The task of increasing the yield of rice can be solved through the use of differentiated varietal agricultural technology, taking into account the biological characteristics and requirements of varieties for growing conditions. One of the reserves for further improvement of agricultural technology for growing rice is the task of harmonizing the varietal requirements of the crop for the hydrothermal growing regime during the entire growing season. This approach presupposes active regulation of the water and the associated temperature regime of developing rice crops based on monitoring the morphobiological and agrophysical parameters in order to form the optimal component-wise structure of the

crop. **Object.** The object of the research is to study the aspects of managing the hydrothermal regime of rice agrocenosis. **Materials and methods.** The processing of the initial data on the temperature regime by the phases of development of rice crops was carried out. In the course of data processing, an assessment was made of the temperature accumulated by the sowing, the total indicator of the temperature function «morphogenesis» and the proportion of sunny days. Evaluation of indicators made it possible to form a sample of derived temperature characteristics, accumulated or averaged over the growing season, taking into account the dynamics of the daily variation of air temperature. **Results and discussion.** In the course of factorial and comparative analysis, the regularities of the yield value from the temperature factor in different phases of rice growth and development were revealed. So for the phase of germination, shoots, tillering - with an increase in the amount of high temperatures, the yield increases, exit into the tube and peeling-ripening - an increase in yield with a decrease in the amount of accumulated high temperatures and an increase in the amount of moderate air temperatures.

Key words: *hydrothermal regime, rice agro-technics, rice yield, daily temperature course, morphogenesis.*

Citation. Dobrachev Yu. P., Fedotova E.V. Prospects of improvement of variety agro-technics of cultivation of rice on the basis of regulation of the hydrothermal vegetation mode. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 344-356 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-35.

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

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

УДК 633.18:631.165

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОРТОВОЙ АГРОТЕХНИКИ ВЫРАЩИВАНИЯ РИСА НА ОСНОВЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВЕГЕТАЦИИ

Ю. П. Добрачев, доктор технических наук, главный научный сотрудник
Е. В. Федотова, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 24.06.2021

Дата принятия к печати 22.09.2021

Актуальность. Задача повышения урожайности риса может быть решена на основе применения дифференцированной сортовой агротехники, учитывающей биологические характеристики и требования сортов к условиям произрастания. Одним из резервов дальнейшего совершенствования агротехники выращивания риса является задача согласования сортовых требований культуры к гидротермическому режиму выращивания в течение всего периода вегетации. Такой подход предполагает активное регулирование водного и связанного с ним температурного режима рисовых развивающихся посевов на основе мониторинга морфо-биологических и агрофизических параметров с целью формирования оптимальной покомпонентной структуры урожая. **Объектом исследования** является изучение аспектов управления гидротермическим режимом агроценоза риса. **Материалы и методы.** Проведена обработка исходных данных по температурному режиму по фазам развития посевов риса. В ходе обработки данных выполнена оценка накопленной посевом температуры, суммарного показателя температурной функции «морфогенез» и числа солнечных дней. Оценка показателей позволила сформировать выборки производных температурных характеристик, накопленных или осредненных за фазу вегетации, учитывающих динамику суточного хода температуры воздуха. **Результаты и обсуждение.** В ходе факторного и сравнительного анализа выявлены закономерности величины урожайности от температурного фактора в разные фазы роста и развития риса. Так, для фазы прорастания, всходов, кушения с ростом суммы высоких температур растет урожайность, выхода в трубку и выметывания – созревания – нарастание урожайности при снижении суммы накопленных высоких температур и повышении суммы умеренных температур воздуха.

Ключевые слова: гидротермический режим вегетации риса, агротехника риса, урожайность риса, суточный ход температуры, морфогенез.

Цитирование. Добрачев Ю. П., Федотова Е. В. Перспективы совершенствования сортовой агротехники выращивания риса на основе регулирования гидротермического режима вегетации. *Известия НВ АУК*. 2021. 4 (64). 344-356. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-35.

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. Важнейшее место в агротехнике производства риса занимают водные ресурсы. При выращивании культуры прослеживается важная роль водного фактора на всех этапах производства – от сева до уборки. Различные режимы орошения позволяют обеспечить требуемый водный обмен растений, улучшить температурный режим на всех фазах развития посева, подавлять рост сорной растительности и осуществлять промывку засоленных почв. Любые изменения уровня воды в рисовом чеке (самопроизвольные или регулируемые) сопровождаются сменой температурного режима посева, а именно распределения температуры в почве, в слое воды и воздуха внутри посева. Практикуемые в рисосеющих хозяйствах режимы орошения, организованные в технологические циклы с привязкой к фенофазам посевов, направлены, в том числе на удовлетворение требований сортов риса к температурному фактору [2, 7, 9].

Известно, что рис является теплолюбивой, чувствительной к температурному режиму культурой, для которой установлены по каждой фазе диапазоны температур, необходимые для нормального развития растений, лежащие в пределах от 14 до 36 °С. Оптимальные диапазоны температур для отдельных фаз вегетации достаточно узкие и составляют для прорастания, всходов, кущения, выметывания-цветения 24-28 °С, для выхода в трубку – 19-22 °С, а для фазы созревания – 18-26 °С [1, 8, 10].

Производственные показатели рисоводства за последние годы свидетельствуют о том, что получение урожая риса порядка 8 т/га вполне достижимо большинством предприятий [4-6]. В перспективе задача получения заданного уровня урожайности в большинстве хозяйств независимо от складывающихся природных условий может быть решена на основе применения дифференцированной сортовой агротехники, учитывающей биологические характеристики и требования сортов к условиям произрастания. Полученные многолетние данные в годы различной теплообеспеченности показали, что с изменением суммы температур за вегетационный период от 3,5 до 2,7 тыс. °С урожайность снижается почти на 50% [3, 7].

Выполненные нами ранее статистические исследования влияния температурного режима в период вегетации на урожайность вскрыли некоторые тенденции и закономерности [12]. В частности, статистический анализ, выполненный с использованием рядов среднесуточной температуры воздуха, полученных с метеостанций, и данных производственных показателей урожайности по трем оросительным системам за период 2009-2018 гг., показал, что для июля характерна, с одной стороны, тенденция положительного влияния на урожайность повышения среднемесячной температуры воздуха, а с другой, – повышение коэффициента вариации выборки среднемесячной температуры.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования была взята Кубанская мелиоративная система, являющаяся юго-западной частью Марьяно-Чебургольского водохозяйственного массива и расположенная на правом берегу р. Кубань [5, 9, 11].

Для исследований использовался массив данных о ходе температуры воздуха и количестве осадков с 3-часовым интервалом, полученный на метеостанции Краснодар/Круглик за период с 2010 по 2020 год с мая по август. Данные взяты из открытых интернет-ресурсов *rp5.ru* и *pogodaiklimat.ru*.

Для более надежной оценки накопленной посевом температуры учитывалась биологически активная температура от 10 до 36 °С и суммарная продолжительность в течение суток температуры ниже 25 °С и выше 25 °С. Полученные температурные ряды на метеостанции в стандартных условиях имеют косвенное отношение к температуре воздуха и воды в реальных производственных посевах. Однако экспериментальные исследования суточного хода температуры воздуха и воды в посеве показывают тесную связь с данными стандартных наблюдений на метеостанциях.

Предварительная обработка исходных данных по температурному режиму по фазам развития посевов риса включала оценку:

- накопленной посевом температуры различных диапазонов: от 10 до 25 °С и от 25 до 36 °С в градусоднях;
- суммарный показатель температурной функции «морфогенез» с оптимумом при 21 °С в единицах индекса благоприятных условий;
- суммарный показатель количества солнечных дней за анализируемый период.

1. *Суточный ход температуры.* При анализе влияния температурного режима на урожайность риса, выращиваемого в климатических условиях Нижней Кубани, в первую очередь был определен суточный ход температуры. Это предварительная обработка данных делалась для того, чтобы в случае отсутствия полных рядов измерений температуры воздуха с 3-х часовым интервалом их можно было восстановить по аппроксимациям распределения температуры в течение суток при наличии данных о максимальной и минимальной температурах.

Для каждого месяца по каждому суткам рассчитываются перепады температур относительно минимальной с 3-х часовым интервалом:

$$\Delta T_i = T(i) - T_{min}, \quad (1)$$

где T_{min} – минимальная суточная температура; ΔT_i – разница между текущей температурой на i -тый интервал и минимальной; $i = 1, 2, \dots, 8$ – номер временного интервала суток (0, 3, ..., 21).

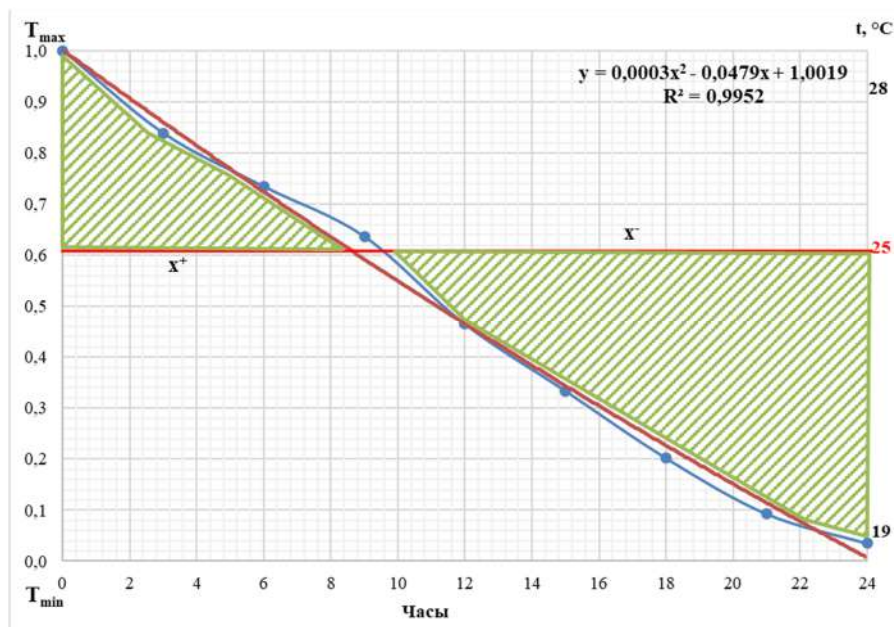


Рисунок 1 – Распределение температуры воздуха в течение суток для июня по данным метеостанции Краснодар/Круглик за 2020 г.

Figure 1 – Air temperature distribution during the day for June according to the data of the Krasnodar / Kruglik meteorological station for 2020

Затем полученные 3-х часовые перепады температуры, выраженные в долях от суточной амплитуды колебания, для 5-10 суток выстраиваются в ранжированные ряды от 0 до 1 и по каждой из 8 позиций, рассчитывается среднее, которое принимается за характеристику распределения температуры воздуха с трехчасовым интервалом. Образованная 8 точками кривая аппроксимируется квадратичной функцией, но также может использоваться в расчетах в табличном виде.

На рисунке 1 представлено суточное распределение температуры в июне 2020 года с максимальным значением 28 °С и минимальным 19 °С.

В исследованиях влияния температурного режима за критичную температуру принята температура равная 25 °С, точка перелома в оптимальной температурной области большинства фаз развития риса. Продолжительность времени, в течение которого температура воздуха выше или ниже 25 °С, определялась по условиям:

1. Если $T_{max} \leq 25^\circ\text{C}$, то $x^+ = 0$ ч.; $x^- = 24$ ч., где x^+ – продолжительность «высокой» температуры (выше 25°С) в течение суток в часах, а x^- – соответственно длительность части суток с температурой ниже 25 °С.

2. Если $T_{max} \geq 25^\circ\text{C}$, то расчет продолжительности теплой температурной фазы суток выполняется с использованием уравнения аппроксимации, представленного на рисунке 1. Обозначим разницу суточной температуры $\Delta T_d = (T_{max} - T_{min})$. Тогда уравнение для расчета x^+ представим в виде $\Delta T_d \cdot (ax^2 + bx + c) + T_{min} = 25$. Решением уравнения является точка пересечения горизонтальной линии (25 °С) и параболы, аппроксимирующей суточный ход температуры:

$$x_{1,2} = \frac{-\Delta T_d \cdot b \pm \sqrt{(\Delta T_d \cdot b)^2 - 4 \cdot [a \cdot \Delta T_d \cdot (c \cdot \Delta T_d + T_{min} - 25)]}}{2 \cdot \Delta T_d \cdot a}, \quad (2)$$

где x_1, x_2 – корни уравнения; a, b, c – коэффициенты регрессии. Выбирается корень уравнения, удовлетворяющий условиям задачи. Искомый корень $24 > x > 0$; если $x_1 < 24$, то $x^+ = x_1$; $x^- = 24 - x_1$; если $x_1 > 24$, то $x^+ = x_2$; $x^- = 24 - x_2$.

Далее выполняется расчет накопленной температуры ($F^{P\pm}$) выше и ниже 25 °С в градусоднях за каждые сутки:

- при $T_{max} \geq 25^\circ\text{C}$:

$$F^{P+} = \left(\frac{T_{max} + 25}{2} \right) \cdot \left(x^+ / 24 \right) ^\circ\text{C сут} \quad (3)$$

$$F^{P-} = \left(\frac{25 + T_{min}}{2} \right) \cdot \left(x^- / 24 \right) ^\circ\text{C сут} \quad (4)$$

- при $T_{max} < 25^\circ\text{C}$:

$$F^{P+} = 0; x^- = 1 \text{ сут}; F^{P-} = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) ^\circ\text{C сут} \quad (5)$$

где $\left(\frac{T_{max} + 25}{2} \right)$ – средняя температура периода суток с превышением 25 °С за время x^+ ч., $T_M = \left(\frac{25 + T_{min}}{2} \right)$ – средняя температура за прохладный промежуток времени суток x^- ч..

2. *Функция морфогенеза.* На разных этапах вегетации требования посевов риса к режиму орошения значительно отличаются, и в этой связи затопление риса водой считается обязательным элементом агротехники, обеспечивающим формирование оптимальной структуры урожая. Этим объясняется жесткая привязка режима орошения к этапам роста и развития растений, которые принято тщательно отслеживать в течение

всего периода вегетации. Продолжительность фаз развития (фенология) и морфометрические признаки растений характеризуют теплообеспеченность посевов и то, насколько быстро идут процессы морфогенеза и вегетативного роста под влиянием природных и агротехнических факторов: перепадов температуры воздуха, солнечной радиации, планировки полей, режима орошения, минерального питания и др.

Для анализа влияния различных градаций температуры на составляющие структуры урожая (число продуктивных стеблей, число заложённых колосков и зерен, вес зерновки) были выделены следующие фазы роста и развития риса и календарные сроки:

1. Посев – прорастание (календарные сроки – 5 мая - 20 мая, продолжительность – 14-15 дней);
2. Всходы (21 мая - 8 июня; 18-19 дней);
3. Кущение (10 июня - 9 июля; 28-29 дней);
4. Выход в трубку (10 июля - 1 августа; 22-23 дня);
5. Выметывание – цветение – созревание (уборка урожая) (2 августа – 5 сентября; 34-36 дней).

Особое внимание к процессам морфогенеза генеративных органов вызвано присутствием им диапазоном сравнительно низких оптимальных температур порядка 19-22 °С. С целью контрастирования этого этапа формирования структуры урожая, ответственного за количество зерен в метелке, в качестве фактора, влияющего на урожайность, предлагается использовать индекс температурной функции, рассчитанный по данным суточных рядов «низких» температур (см. формулы 3, 4 и 5) с накоплением за время прохождения фазы.

Функцию $f^M(T)$ для расчета влияния температуры на процесс морфогенеза в фазу «выхода в трубку» зададим в следующем виде:

$$f^M(T) = -0,00032 \cdot T^3 + 0,0122 \cdot T^2 - 0,0727 \cdot T + 0,097 \quad (6)$$

где $T = T_M$; для $T_M \in [10 < T_M < 25]$ °С.

Приняв продолжительность благоприятных температурных условий для морфогенеза за сутки равной $x^-/24$ сут, суммарный индекс морфогенеза (F^M), накопленный за фазу выхода в трубку длительностью n суток, определим как:

$$F^M = \sum_{i=1}^n f^M(T_M^i) \cdot x^-(i)/24. \quad (7)$$

3. *Солнечная радиация.* Для идентификации дней с безоблачной или малооблачной погодой, используя в качестве критерия разницу максимальной и минимальной температуры воздуха, пороговое значение критерия (ΔT_R) оценивали по средней за месяц разнице суточных температур для дней с осадками, полагая их пасмурными, к которой для надежности добавляли 2,5 °С.

Идентификация дней с высоким уровнем солнечной радиации (R) выполнялась согласно условиям: если $\Delta T > \Delta T_R$, то $R = 1$, иначе $R = 0$.

Результаты и обсуждение. Влияние температурного режима вегетации риса по фенологическим фазам на продуктивность в производственных посевах. Данные рядов максимальной и минимальной суточных температур воздуха позволили сформировать выборки производных температурных характеристик по фазам вегетации: суммы накопленных температур выше (F^{P+}) и ниже (F^{P-}) 25°С, число солнечных дней (ΣN_R). По каждой фенологической фазе проведен расчет двухфакторной квадратичной регрессии, связывающей урожайность риса с представленными характеристиками температурного и светового режимов. Уравнение квадратичной регрессии имеет вид:

$$Y = c + a_1 \times x_1 + a_2 \times x_2 + a_3 \times x_1^2 + a_4 \times x_2^2 + a_5 \times x_1 \times x_2, \quad (8)$$

где Y – урожайность; $c, a_1, a_2, \dots, a_n$ – коэффициенты регрессии.

В качестве переменных x_1 и x_2 регрессии для каждой фазы использовались следующие комбинации факторов:

1 вариант Option 1		2 вариант Option 2		3 вариант Option 3	
x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
F^{P+}	F^{P-}	F^{P+}	F^M	F^{P+}	ΣN_R

По результатам расчетов для каждой фазы отобраны наиболее информативные регрессии, имеющие высокие значения коэффициентов корреляции и детерминации (R и R^2) (таблица 1):

- 1 – Посев – прорастание: 1 вариант ($R=0,76$ и $R^2=0,58$);
- 2 – Всходы: 1 вариант ($R=0,88$ и $R^2=0,77$);
- 3 – Кущение: 3 вариант ($R=0,59$ и $R^2=0,35$);
- 4 – Выход в трубку: 2 вариант ($R=0,90$ и $R^2=0,82$);
- 5 – Выметывание- созревание (уборка урожая): 1 вариант ($R=0,53$ и $R^2=0,28$).

Таблица 1 – Значения коэффициентов квадратичной регрессии

Table 1 – Values of quadratic regression coefficients

Фаза развития Development phase	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	c	R	R^2
Посев - прорастание: Sowing - germination: F^{P+}, F^{P-}	5,79	-1,6	0,02	0,003	-0,02	249,6	<u>0,76</u>	0,58
Всходы: Shoots: F^{P+}, F^{P-}	1,93	-3,8	0,003	0,005	-0,006	734,7	<u>0,88</u>	0,77
Кущение: Tillering: $F^{P+}, \Sigma N_R$	-0,07	1,1	-0,0001	-0,12	0,01	71,4	<u>0,59</u>	0,35
Выход в трубку: Exit to the tube: F^{P+}, F^M	-1,75	-40,7	0,0008	0,48	0,05	796,1	<u>0,90</u>	0,82
Выметывание – созревание (уборка урожая): Sweeping - maturing (harvesting): F^{P+}, F^{P-}	12,12	-20,2	0,005	0,016	-0,01	6350,7	<u>0,53</u>	0,28

Координаты особых точек на графиках полученных зависимостей представлены в таблице 2.

В представленных первых трех регрессиях хорошо прослеживается положительное влияние высокой температуры F^{P+} , накопленной за фазы прорастание, всходы, кущение, в сочетании с любым другим фактором – с ростом суммы высоких температур растет урожайность. Для фазы выхода в трубку и выметывания – созревания закономерность иная: нарастание урожайности наблюдается при снижении

суммы накопленных высоких температур и повышении суммы умеренных температур воздуха, а также в границах значений накопленного индекса морфогенеза от 18-20 единиц. При этом коэффициенты корреляции и детерминации сравнительно высокие и составляют 0,9 и 0,82, что свидетельствует о приемлемой достоверности результата, (таблицы 2 и 4).

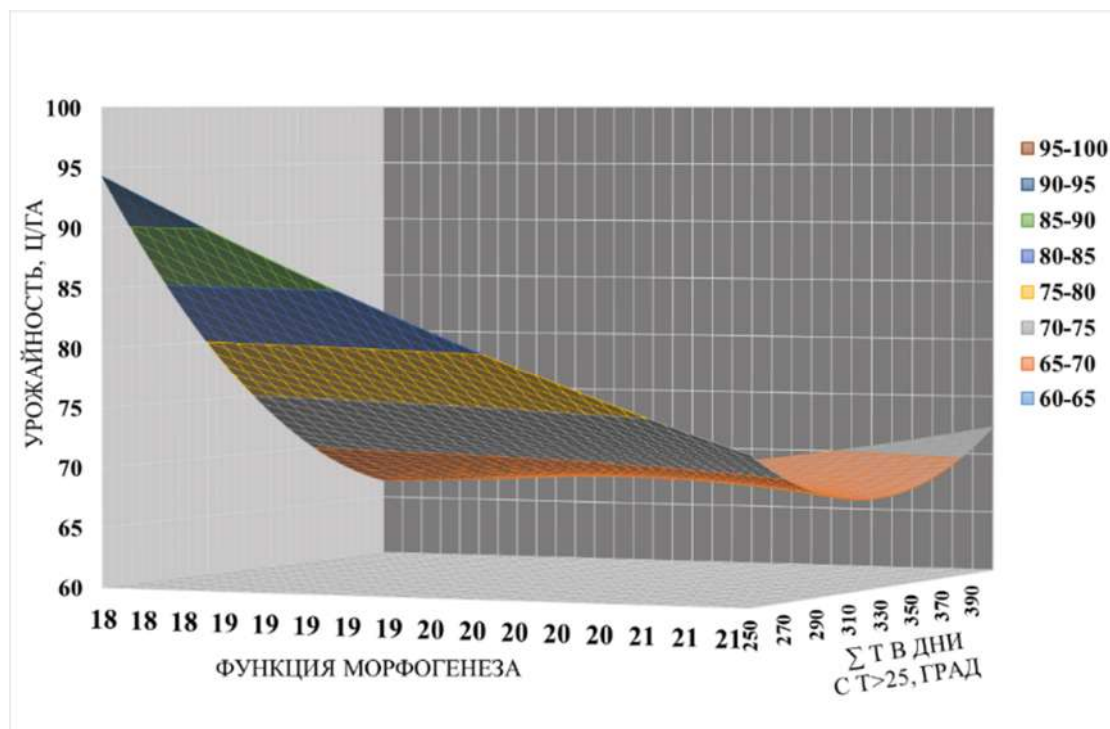


Рисунок 2 – График зависимости урожайности риса от накопленной суммы температур воздуха выше (F^{P+}) 25 °C в градусоднях и показателя морфогенеза (F^M)

Figure 2 – Graph of dependence of rice yield on the accumulated sum of air temperatures above (F^{P+}) 25 oC in degree days and morphogenesis index (F^M)

Таблица 2 – Координаты точек максимума и минимума регрессионных зависимостей в границах действительных значений функции (урожайность) и факторов: накопленной суммы температур воздуха выше (F^{P+}) и ниже (F^{P-}) 25 °C в градусоднях, показателя морфогенеза (F^M) и числа дней с высоким уровнем солнечной радиацией (ΣN_R) за фазу развития посева

Table 2 – Coordinates of the points of maximum and minimum regression dependencies within the boundaries of the actual values of the function (yield) and factors: the accumulated sum of air temperatures above (F^{P+}) and below (F^{P-}) 25 oC in degree days, morphogenesis index (F^M) and the number of days with high levels of solar radiation (ΣN_R) during the phase of sowing development

Координаты особых то- чек / Coordinates of singular points	Посев – про- растание / Sowing - germi- nation			Всходы / Shoots			Кущение / Tillering			Выход в трубку / Exit to the tube			Выметывание- созревание / Sweeping – maturing		
	Y, ц/га	F^{P+}	F^{P-}	Y, ц/га	F^{P+}	F^{P-}	Y, ц/га	F^{P+}	(ΣN_R)	Y, ц/га	F^{P+}	F^M	Y, ц/га	F^{P+}	F^{P-}
max	>100	68	250	>80	150	300	>70	280	18	>95	250	18	>100	300	950
min	65	20	310	60	85	380	40	130	25	65	315	18	60	450	800

Влияние вариаций температурного режима и солнечной радиации по фенологическим фазам развития на урожайность риса. Для анализа влияния колебаний и перепадов температурного режима и количества солнечных дней по годам за время прохождения фаз вегетации использовали регрессию в виде произведения степенных функций. Уравнение искомой зависимости имеет вид:

$$Y = c \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots \cdot x_n^{a_n}, \quad (9)$$

где $x_1, x_2, \dots, x_n$ – факторы внешней среды во время прохождения фазы ($F^{P+}, F^{P-}, \Sigma N_R$).

Для линейной функции, полученной путем логарифмирования обеих частей уравнения (8), методом наименьших квадратов определим коэффициенты регрессии ($c, a_1, a_2, \dots, a_n$).

Полученная путем логарифмирования обеих частей уравнения (8) линейная функции позволяет с помощью метода наименьших квадратов определить коэффициенты регрессии ($c, a_1, a_2, \dots, a_n$). С целью упрощения анализа величины анализируемых факторов в расчетах представлены безразмерным нормированным отношением фактического (табличного) значения факторов каждой фазы к минимальному значению за весь период исследования – 2010-2020 гг. Нормирование выборок позволяет оценить вклад вариации каждого фактора в величину урожайности с учетом статистической значимости определяемой коэффициентами корреляции и детерминации для полученной регрессии.

По результатам расчетов (таблица 3) отобраны наиболее информативные регрессии, имеющие высокие значения коэффициентов корреляции и детерминации, среди которых оказались варианты расчетов колебания температуры выше 25 °C и показателя солнечной радиации ($R=0.68$ и $R=0.67$).

Таблица 3 – Результаты регрессионного анализа вариантов факторных зависимостей урожайности от вариаций температурного режима и солнечной радиации

Table 3 – Results of regression analysis of variants of factor dependences of yield on variations of temperature regime and solar radiation

Фактор/ Factor	Значения коэффициентов регрессии / Values of regression coefficients					c	R	R^2
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5			
F^{P+}	0,009	-0,021	-0,004	-0,001	-0,001	4,31	<u>0,68</u>	0,46
Вклад фактора в % The contribution of the factor to %	0,21	0,48	0,09	0,02	0,02	99,17		
F^{P-}	0,05	-0,15	0,17	0,12	0,06	3,90	0,37	0,14
Вклад фактора в % The contribution of the factor to %	1,12	3,37	3,82	2,70	1,35	87,6		
ΣN_R	0,01	-0,08	-0,07	-0,05	0,11	4,24	<u>0,67</u>	0,45
Вклад фактора в % The contribution of the factor to %	0,22	1,75	1,54	1,10	2,41	92,8		

Представленные в таблице результаты вклада вариаций температур, накопленных по фазам развития, показывают, что наибольшая реакция прослеживается на накопленные низкие температуры, ниже 25 °C, против колебаний сумм высоких температур и количества солнечных дней за фазу, что свойственно процессам морфогенеза.

На следующем этапе проведен аналогичный анализ влияния вариаций различных факторов, отличающийся тем, что для каждой фазы использован свой фактор, который оказывал наиболее сильное и достоверное влияние на урожайность по результатам выполненных ранее оценок (таблицы 1 и 2). Критериями для выбора значимого фак-

тора для каждой в отдельности фазы вегетации служили коэффициенты корреляции и детерминации, полученные в расчетах парных комбинаций квадратичных регрессионных зависимостей.

Все остальные операции, связанные с расчетами и анализом, были сохранены. Результаты расчетов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты регрессионного анализа наиболее информативных вариантов факторных зависимостей по фазам развития

Table 4 – Results of regression analysis of the most informative variants of factor dependencies by development phases

Фаза / Phase Вариант Расчета / Calculation option	Посев – прораста- ние / Sowing - germination	Всходы / Shoots	Куще- ние / Tillering	Выход в трубку / Exit to the tube	Выметывание – созревание / Sweeping - maturing	c	R	R^2
Вариант 1 Option 1	F^{P+}	F^{P+}	ΣN_R	F^M	F^{P+}			
Коэффициенты ре- грессии Regression coefficients	0,02	-0,03	-0,12	0,06	-0,09	4,37	0,78	0,61
Вклад фактора в % The contribution of the factor to %	0,43	-0,66	-2,52	1,26	-1,93	93,2		
Вариант 2 Option 2	F^{P+}	F^{P+}	ΣN_R	ΣN_R	F^M			
Коэффициенты ре- грессии Regression coefficients	0,02	-0,04	-0,26	-0,13	0,49	4,49	0,89	0,79
Вклад фактора в % The contribution of the factor to %	0,30	0,83	4,82	2,45	8,95	82,6		
Вариант 3 Option 3	F^{P+}	F^{P+}	ΣN_R	ΣN_R	F^M			
Коэффициенты ре- грессии Regression coefficients	0,01	-0,03	-0,14	-0,10	0,12	4,42	0,81	0,01
Вклад фактора в % The contribution of the factor to %	0,27	0,67	2,87	1,98	2,50	91,7		

Выводы. Выполненный анализ показал, что естественные колебания температурных условий вызывают варьирование урожайности в целом по региону ОС до 8-10 %, а на отдельных полях это влияние может достигать и больших значений. Следовательно, поиск технологических путей решения задачи по регулированию температурного режима заслуживает внимания как один из наиболее значимых факторов урожайности. В первую очередь, решение этой проблемы видится в многоцелевом использовании поливной воды, оптимизации режима орошения, обеспечивающего более благоприятный температурный режим для каждой конкретной фазы развития растений. Изучение гидротермического режима посевов риса в зависимости от архитектуры, биометрических

и морфологических характеристик, уровня воды в чеке, с учетом метеорологических факторов, стадии технологического цикла водоподачи и сброса поливной воды позволит найти приемлемый способ регулирования температуры в посеве.

Сортовая агротехника представляет собой адаптивную к природным условиям и жестко привязанную к морфофизиологическим свойствам сорта программу выполнения последовательности операций по уходу за посевом, основанную на контроле динамики формирования биометрических специфичных характеристик при его высокой продуктивности. Мониторинг фенологических и структурных характеристик посева, а также почвенных и агрометеорологических условий в период вегетации позволит создать необходимый информационный базис для количественных описаний возможных вариантов регулирования температуры в посеве за счет управления уровнем воды в чеке на текущую и предстоящую фазу развития, используя различные способы и режимы орошения, в том числе прерывистое.

Проведенный с помощью статистических методов анализ показал возможные направление дальнейшего совершенствования агромелиоративных приемов выращивания риса, нуждающихся в регулировании гидротермического режима посева. Целевое согласование режима орошения с метеорологическими и агробиологическими факторами может быть реализовано с помощью эколого-физиологической модели культуры на основе характеристик сорта и агрофизических методов управления микроклиматом.

Библиографический список

1. Владимиров С. А., Малышева Н. Н. Влияние агроклиматических факторов предпосевного периода на урожайность риса в Краснодарском крае // Интеграция науки и производства – стратегия устойчивого развития АПК России в ВТО: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Победы в Сталинградской битве. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2013. С. 60-64.
2. Галкин Г. А. Вода и рис: агроэкологические аспекты // Рисоводство. 2017. № 1 (34). С. 72-80.
3. Добрачев Ю. П., Соколов А. Л. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природообустройство. 2016. № 3. С. 90-96.
4. Зеленский Г. Л. Морфо-биологическое обоснование агротехники риса // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 77 (03). С. 631-666. <http://ej.kubagro.ru/2012/03/pdf/98.pdf>
5. Малышева Н. Н., Рябцев П. В., Мурашева А. С. К вопросу рационального водопользования при орошении в Краснодарском крае // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сб. ст. XV Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2018. С. 93-96.
6. Малышева Н. Н., Гаркуша С. А. К вопросу развития мелиорации на Кубани // Новые тенденции развития сельскохозяйственных наук: сб. науч. тр. по материалам IV Междунар. науч.-практ. конф. Ростов н/Д., 2017. С. 21-23.
7. Попов В. А., Островский Н. В. Агроклиматология и гидравлика рисовых экосистем: монография. Краснодар: КубГАУ, 2013. 189 с.
8. Рау А. Г., Бакирова А. Ш. Влияние температуры слоя воды рисовых чеков на урожайность риса // Рисоводство. 2019. № 2 (43). С. 48-51.
9. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе / А. Н. Коробка, С. Ю. Орленко, Е. В. Алексеенко [и др.]. Краснодар: ООО "Просвещение-Юг", 2015. 352 с.
10. Харитонов Е. М., Скаженник М. А., Галкин Г. А. Климатические и физиологические аспекты формирования урожая риса в Краснодарском крае // Рисоводство. 2014. № 2 (25). С. 6-12.
11. Buber A. L., Bondarik I. G., Buber A. A. Development of approaches to water resources management in the Lower Kuban to ensure water user requirements in low-water years // Irrigation and Drainage. 2019. Vol. 69. № 1. P. 3-10. <https://doi.org/10.1002/ird.2387>.

12. Dobrachev Y. P., Fedotova E. V. Water supply volumes and temperature regime influence on rice productivity in the Lower Kuban reclamation complexes // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 577. Mathematical modeling of technical and economic systems in agriculture II. 2020. May 10. 012005. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/17551315/577/1/012005>.

Conclusions. The performed analysis showed that natural fluctuations in temperature conditions cause a variation in productivity in the whole region of irrigation systems up to 8-10%, and in some fields this influence can reach large values. Consequently, the search for technological ways of solving the problem of regulating the temperature regime deserves attention as one of the most significant factors of productivity. First of all, the solution to this problem is seen in the multipurpose use of irrigation water, optimization of the irrigation regime, which provides a more favorable temperature regime for each specific phase of plant development. The study of the hydrothermal regime of rice crops, depending on the architectonics, biometric and morphological characteristics, the water level in the check, taking into account meteorological factors, the stage of the technological cycle of water supply and discharge of irrigation water, will make it possible to find an acceptable way to regulate the temperature in the crop.

Varietal agricultural technology is an adaptive to natural conditions and rigidly tied to the morphophysiological properties of the variety, a program for performing a sequence of operations for the care of a crop, based on controlling the dynamics of the formation of biometric specific characteristics at its high productivity. Monitoring the phenological and structural characteristics of sowing, as well as soil and agrometeorological conditions during the growing season will create the necessary information basis for quantitative descriptions of possible options for regulating temperature in sowing by controlling the water level in the check for the current and forthcoming development phase, using various methods and irrigation regimes, including intermittent.

The studies carried out show a possible direction for further improvement of agricultural technology for growing rice, which requires temperature regulation. The prospect of conjugation of the irrigation regime with meteorological and agromeliorative conditions can be realized on the basis of the ecological and physiological characteristics of the variety and the use of dynamic agrophysical models for the formation of conditions for the optimal structure of the crop.

References

1. Vladimirov S. A., Malysheva N. N. Influence of agro-climatic factors of the pre-sowing period on rice yield in the Krasnodar Territory // Integration of science and production - a strategy for the sustainable development of the Russian agro-industrial complex in the WTO: materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the Victory in the Battle of Stalingrad. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2013. P. 60-64.
2. Galkin G. A. Water and rice: agroecological aspects // Rice growing. 2017. № 1 (34). Pp. 72-80.
3. Dobrachev Yu. P., Sokolov A. L. Models of plant growth and development and the task of increasing productivity. 2016. No. 3. Pp. 90-96.
4. Zelensky G. L. Morpho-biological substantiation of rice agricultural technology // Scientific journal KubSAU. 2012. No. 77 (03). P. 631-666.
5. Malysheva N. N., Ryabtsev P. V., Murasheva A. S. On the issue of rational water use during irrigation in the Krasnodar Territory // Collection of articles of the XV International Scientific and Practical Conference: "Fundamental and Applied Scientific Research: Topical Issues, Achievements and Innovations". 2018. P. 93-96.
6. Malysheva N. N., Tesheva S. A. Economic assessment of the efficiency of rice cultivation in the Krasnodar Territory // Collection of materials of the international scientific and practical conference: "Modern scientific research: historical experience and innovations". Krasnodar, 2015. P. 108-111.

7. Popov V. A., Ostrovsky N. V. Agroclimatology and hydraulics of rice ecosystems: monograph. Krasnodar: KubGAU, 2013. 189 p.
8. Rau A. G., Bakirova A. Sh. The influence of the temperature of the water layer of rice checks on the yield of rice // Rice growing. 2019. No. 2(43). P. 48-51.
9. The system of agriculture of the Krasnodar Territory on an agro-landscape basis / A. N. Korobka, S. Yu. Orlenko, E. V. Alekseenko [et al.]. Krasnodar: LLC "Enlightenment-Yug", 2015 352 p.
10. Kharitonov E. M., Skazhennik M. A., Galkin G. A. Climatic and physiological aspects of rice crop formation in the Krasnodar Territory // Rice growing. 2014. № 2 (25). Pp. 6-12.
11. Buber A. L., Bondarik I. G., Buber A. A. Development of approaches to water resources management in the Lower Kuban to ensure water user requirements in low-water years // Irrigation and Drainage. 2019. Vol. 69. Iss. 1. P. 3-10. <https://doi.org/10.1002/ird.2387>.
12. Dobrachev Y. P., Fedotova E. V. Water supply volumes and temperature regime influence on rice productivity in the Lower Kuban reclamation complexes // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 577. Mathematical modeling of technical and economic systems in agriculture II. 2020. May 10. 012005. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/17551315/577/1/012005>.

Author's Information

Dobrachev Yuri Pavlovich, chief researcher at the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova (Russian Federation, 125550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St., 44, Building 2). E-mail: dobrachev@yandex.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-2186-3652

Fedotova Ekaterina Viktorovna, researcher at the All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova (Russian Federation, 125550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St., 44 Building, 2). E-mail: katya_fedotova94@mail.ru

Информация об авторах:

Добрачев Юрий Павлович, главный научный сотрудник «Всероссийского научноисследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (РФ, 125550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, строение 2). E-mail: dobrachev@yandex.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-2186-3652

Федотова Екатерина Викторовна, младший научный сотрудник «Всероссийского научноисследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (РФ, 125550, г. Москва, ул. Большая Академическая, д. 44, строение 2). E-mail: katya_fedotova94@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-36

PLANNING OF LOADING MANIPULATOR CAPTURE TRAJECTORIES ACCORDING TO ENERGY EFFICIENCY CRITERIA AND ESTIMATION OF DRIVE OPERATION COSTS

I. A. Nesmiyanov, M.E. Nikolaev

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 25.09.2021

Submitted 09.11.2021

The work was supported by the Presidential scholarship "SP-2987.2021.1".

Summary

The design of the manipulation mechanism is proposed and manufactured, on the basis of which an experimental loading and transport unit is assembled. The developed loading and transport unit with a parallel-sequential structure manipulator can be installed on a self-propelled chassis «Agromash SH-50» or «VZT-30SSH». The actual trajectories of the loader gripper movement are obtained, theoretically justified inclusions are confirmed and allow for the movement of cargo and its positioning over the entire part area. As a result of experimental studies, a change in the work expended during the operation cycle was obtained when loading a bag of vegetables in the longitudinal plane of the unit at various points of placement in the part when implementing the specified program movements along energy-efficient trajectories.

Abstract

Introduction. Agricultural production is characterized by a large volume of handling operations, especially in the production of vegetables. When harvesting vegetables from the field, such as onions, carrots, potatoes, the method of packing vegetables in soft containers (nets) is mainly used, followed by loading into a vehicle and delivery to a consumer or a temporary storage place. An important indicator of the operation of automatic and semi-automatic lifting mechanisms is the planning of programmed movements of the lifting part. The efficiency and productivity of the loading and transporting unit directly depends on the location and orientation of the bags in the field. **Materials and methods.** For the mechanization of loading operations when harvesting vegetables packed in bags, the problem and methods of orientation and planning of trajectories of the tick-borne gripping of soft containers in space according to efficiency criteria are analytically formulated, which ensure the maximum productivity of the loading and transport unit during loading operations. **Results and conclusions.** The design of the manipulation mechanism was developed and manufactured, on the basis of which the experimental loading and transport unit was assembled. The developed manipulation mechanism can be installed on the «Agromash SSH-50» or «VZT-30SSH» self-propelled chassis. The obtained actual trajectories of the loader gripper movement confirm the theoretically substantiated inclusions and allow the movement of the load and its positioning throughout the part volume. As a result of experimental studies, energy-efficient trajectories of loading a bag of vegetables in the longitudinal plane of the unit were obtained.

Keywords: loading and transport unit, actuators, actual trajectories, efficiency criteria, load-grabbing part, on-off cyclograms, program movements, work expended.

Citation. Nesmiyanov I. A., Nikolaev M. E. Planning of loading manipulator capture trajectories according to energy efficiency criteria and estimation of drive operation costs. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4 (64). 356-367 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-36.

Author's contribution. The authors conducted research, summarized and analyzed the results and wrote a manuscript.

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

УДК 621.869

ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ЗАХВАТА ПОГРУЗОЧНОГО МАНИПУЛЯТОРА ПО КРИТЕРИЯМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ОЦЕНКА ЗАТРАТ РАБОТЫ ПРИВОДОВ

И. А. Несмиянов, доктор технических наук, доцент
М. Е. Николаев, заведующий лабораторией

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 25.09.2021

Дата принятия к печати 09.11.2021

Работа поддержана стипендией Президента "СП-2987.2021.1".

Актуальность. Сельскохозяйственное производство характеризуется большим объемом погрузочно-транспортных работ, особенно при производстве овощей. При уборке с поля овощей, таких как лук, морковь, картофель в основном используется способ затаривания овощей в мягкую тару (сетки), последующую погрузку в транспортное средство и доставку до потребителя или место временного хранения. Важным показателем работы автоматических и полуавтоматических грузоподъемных механизмов является планирование программных движений грузозахватного органа. Эффективность и производительность погрузочно-транспортного агрегата напрямую зависит от расположения и ориентирования в пространстве мешков на поле. **Материалы и методы.** Для механизации погрузочных работ при уборке овощей, затаренных в мешки, аналитически сформулирована задача и методы ориентации и планирования траекторий клещевого захвата мягкой тары в пространстве по критериям эффективности, обеспечивающим

максимальную производительность погрузочно-транспортного агрегата на погрузочных работах. **Результаты и выводы.** Разработана и изготовлена конструкция манипуляционного механизма, на основе которого собран экспериментальный погрузочно-транспортный агрегат. Разработанный манипуляционный механизм может устанавливаться на самоходное шасси «Агромаш» СШ-50 или ВЗТ-30СШ. Полученные фактические траектории перемещения захвата погрузчика подтверждают теоретически обоснованные включения и позволяют осуществлять перемещение груза и его позиционирования по всему объему кузова. В результате проведения экспериментальных исследований получены энергоэффективные траектории погрузки мешка с овощами в продольной плоскости агрегата.

Ключевые слова: погрузочно-транспортные агрегаты, исполнительные приводы, фактические траектории, грузозахватные органы, циклограммы включения-выключения.

Цитирование. Несмиянов И. А., Николаев М. Е. Планирование траекторий захвата погрузочного манипулятора по критериям энергоэффективности и оценка затрат работы приводов. *Известия НВ АУК*. 2021. 4 (64). 356-367. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-36.

Авторский вклад. Авторы провели исследования, обобщили и проанализировали полученные результаты и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сельскохозяйственное производство характеризуется большим объемом погрузочно-транспортных работ, особенно при производстве овощей. При уборке с поля овощей, таких как лук, морковь, картофель, в основном используется способ затаривания овощей в мягкую тару (сетки), последующую погрузку в транспортное средство и доставку до потребителя или места временного хранения.

Несмотря на развитие средств механизации, в сельскохозяйственном производстве объем ручного труда на заготовке плодоовощной продукции достигает до 40 %...50 %. Устранить этот недостаток возможно только комплексной механизацией и автоматизацией погрузочно-разгрузочных операций [3, 5, 6].

Важным показателем работы автоматических и полуавтоматических грузоподъемных механизмов является планирование программных движений грузозахватного органа. Эффективность и производительность погрузочно-транспортного агрегата напрямую зависит от расположения и ориентирования в пространстве мешков на поле.

Одной из задач управления захватом является достижение заданной точки в неопределенной внешней среде при избегании столкновений со стационарными и подвижными объектами. В некоторых же случаях управление захватом должно обеспечивать движение по желаемой траектории с наименьшими энергозатратами [1, 2, 7].

Материалы и методы. Для механизации погрузочных работ при уборке овощей, затаренных в мешки, аналитически сформулированы задача и методы ориентации и планирования траекторий клещевого захвата мягкой тары в пространстве по критериям эффективности, обеспечивающие максимальную производительность погрузочно-транспортного агрегата на погрузочных работах.

Результаты и обсуждение. С целью планирования программных движений исполнительных приводов манипулятора рассмотрен технологический процесс сбора и погрузки сеток с овощами погрузочно-транспортным агрегатом (рисунок 1).

Мешки с овощами в случайном порядке расположены на поле в точках $C_1, C_2, \dots, C_N$. Самоходное шасси 1 движется по полю с заданной технологической скоростью $V_{сш}$, причем эта скорость является постоянной на заданном участке ($V_{сш} = const$). На шасси установлен кузов 2 для укладки сеток, погрузка и укладка осуществляется роботизированным манипулятором 3 с клещевым захватом для сеток (мешков) [9, 11].

В общем случае последовательность захвата мешка определяется решением задачи коммивояжера, т.е. наиболее кратчайшими расстояниями S_{12}, S_{23}, S_{34} и т.д.

Задачу оптимального перемещения можно представить в виде минимизации функции:

$$\Phi_1 = \sum_{i=1}^n S_{i,i+1} \rightarrow \min. \quad (1)$$

При захвате сетки в точке C_1 захват перемещается в заданные координаты, при этом точки M и C_1 совмещаются. Захваченный мешок перемещается в ближайшее свободное место в кузове (рисунок 1, а) по кратчайшей траектории P_i . Для данного вида перемещения захвата с мешком в кузов оптимальным будет движение по кратчайшей траектории (прямой).

$$\Phi_1 = \sum_{i=1}^n P_i \rightarrow \min. \quad (2)$$

Пока осуществлялось перемещение захвата с мешками по траектории P_i (рисунок 1, а) и H_i (рисунок 1, б), шасси переместилось на расстояние $L_{сш}$.

После того как мешок C_1 был погружен, захват необходимо переместить к следующей точке C_2 , при этом если нет препятствий, то траектория H_i может быть любой, за критерий эффективности здесь можно принять функцию минимизации времени:

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{Mcp}} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где $V_{сш}=const$; V_{Mcp} – средняя скорость точки M перемещения захвата за цикл.

После захвата мешка из точки C_2 он перемещается в кузов в ближайшее свободное место по траектории P_{i+1} . Далее весь технологический цикл повторяется до полного заполнения кузова.

В результате получаем следующие критерии оптимальности, представленные в выражениях (1, 2, 3). Перемещение мешка в кузов P_i желательно осуществлять по кратчайшему расстоянию, то же относится и к перемещению захвата к мешку S_i , а перемещение H_i желательно производить за минимальное время.

С целью формирования траекторий движения захвата манипулятора погрузочно-транспортного агрегата задались временным законом изменения траекторий:

$$S_i(t) = \frac{(u_i^2 + u_{i-1}^2) \cdot V_{\max}^2 \cdot t^2}{4S'_i} + u_{i-1} \cdot V_{\max} \cdot t, \quad (4)$$

где $u_i = V_i/V_{\max}$ – относительная скорость в i -й точке траектории, для выбранных типов электро- и гидроцилиндров находится в пределах 0,325...1; $V_{\max}=0, 2$ м/с – максимальная скорость движения захвата; $S'_i = 1, 1 \dots 3, 2$ м – величина пути между опорными точками на i -м интервале, зависит от координат точки захвата груза с поля и точки погрузки в кузов самоходного шасси [2, 3].

При этом средняя скорость перемещения захвата на i -м участке определится как:

$$V_i(S) = V_{\max} \left(\frac{u_i - u_{i-1}}{S'_i} \cdot S + u_{i-1} \right). \quad (5)$$

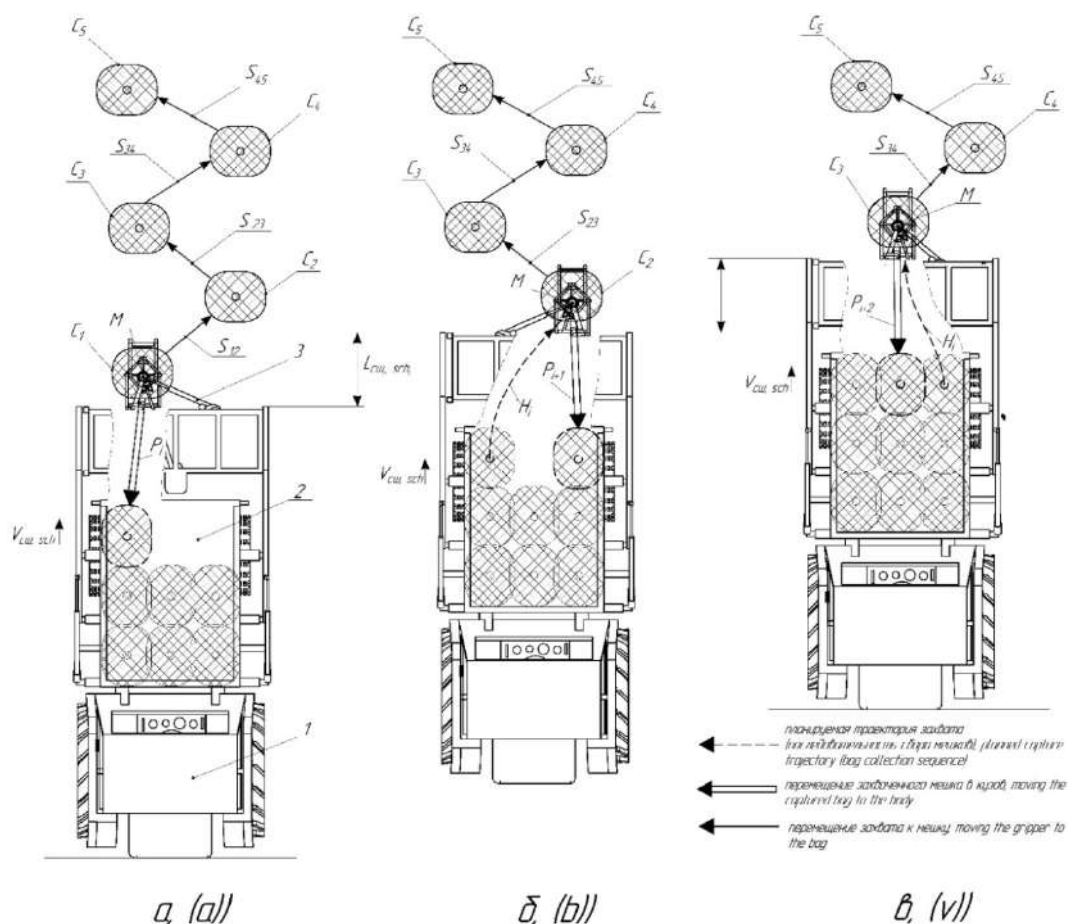


Рисунок 1 – Технологический процесс сбора и погрузки сеток с овощами: а – перемещение погрузочно-транспортного агрегата к мешку C_1 ; б – перемещение погрузочно-транспортного агрегата к мешку C_2 ; в – перемещение погрузочно-транспортного агрегата к мешку C_3

Figure 1 – Technological process of collecting and loading nets with vegetables: a - moving the loading and transport unit to bag C_1 ; b - moving the loading and transport unit to bag C_2 ; c - moving the loading and transport unit to bag C_3

Важным параметром является равномерность движения погрузочно-транспортного агрегата по полю. Время выполнения технологического процесса погрузки мешков в кузов определяется из выражения [4, 8]:

$$T_{ТП} = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^{N-1} l_i}{P_p} \cdot k_u + T_{ВЦ}, \quad (6)$$

где N – количество мешков, уместяющихся в кузове; l_i – расстояние между соседними (близлежащими) мешками; V_{cp} – средняя скорость движения погрузочно-транспортного агрегата; P_p – вероятность нахождения погрузочно-транспортного агрегата непосредственно в работе; k_u – коэффициент потерь циклового времени, зависящий от особенностей организации технологического процесса погрузки, в том числе от расположения мешков на поле, ориентации их в пространстве; $T_{ВЦ}$ – внецикловое время (затрата времени на ежедневное техническое обслуживание).

Расчетная (техническая) производительность погрузочно-транспортного агрегата при работе с одинаковыми по весу штучными грузами определится как:

$$W_T = n \cdot Q_n \cdot k_{ep} \cdot k_B, \quad (7)$$

где $n = 3600/t_u$ – число циклов перемещения грузов при непрерывной работе за час; $Q_n = 0,035 \dots 0,05$ т – масса груза; $k_{ep} = 0,65 \dots 0,85$, $k_B = 0,91$ – соответственно коэффициенты использования грузоподъемности и использования по времени; t_u – время, затрачиваемое на движение захвата в течение цикла, с.

С учетом выражений (4) и (5) продолжительность цикла:

$$t_u = \varepsilon \sum_1^n \left(\frac{S_i}{v_i} + t_{\Pi} \right), \quad (8)$$

где $\varepsilon = 0,7 \dots 0,8$ – коэффициент совмещения операций; t_{Π} – время пауз и время на захват и освобождение груза, с,

Таким образом, выражение (7) с учетом (8) примет вид:

$$W_t = \frac{3600 \cdot Q_n \cdot k_{ep} \cdot k_B}{\varepsilon \sum_1^n \left(\frac{S_i}{v_i} + t_{\Pi} \right)}. \quad (9)$$

Для разработанного погрузочно-транспортного агрегата при принятых выше значениях параметров расчетная производительность составляет 1,55 т/ч, 1,62 т/ч и 1,89 т/ч соответственно при работе с грузами (мешками) 30 кг, 40 кг и 50 кг.

Анализ результатов экспериментальных исследований и результатов обработки осциллограмм, а именно по величинам изменения длин штоков гидро- и электроцилиндров были получены фактические траектории перемещения груза, которые были наложены на зону обслуживания захвата (рисунок 2) [12, 15].

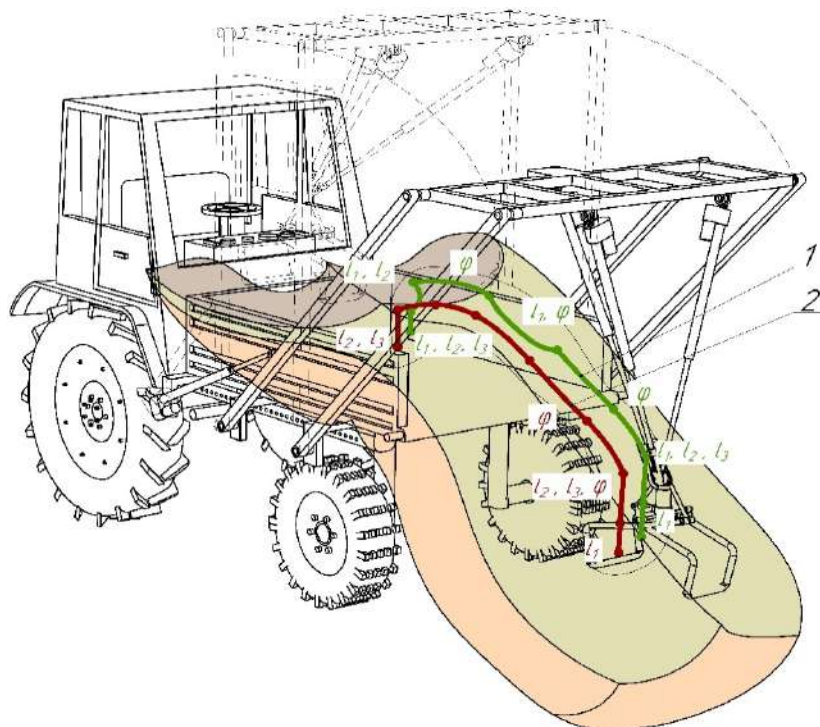


Рисунок 2 – Фактические траектории перемещения груза

Figure 2 – Actual trajectories of cargo movement

Как видим, на рисунках 2 и 3 фактическая траектория является кусочной кривой, состоящей из нескольких участков, количество участков и их кривизна зависят от последовательности и одновременности работы различных приводов. Например, траектория 2 (рисунок 3) состоит из 7-ми участков, это в случае, когда мешок перемещается в дальнюю точку кузова, при этом обходя препятствия в виде мешков в середине кузова. На рисунке 4 приведена диаграмма изменения затрачиваемой приводами работы для этого случая.

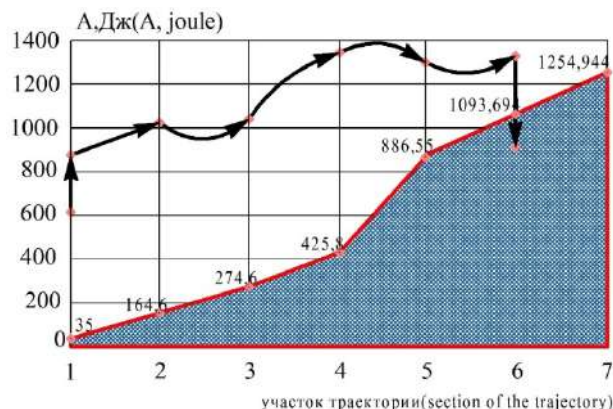


Рисунок 3 – Интегральная кривая изменения работы за цикл операции при погрузке мешка с овощами в продольной плоскости агрегата и траектория перемещения груза

Figure 3 – Integral curve of the change of work during the operation cycle when loading a bag of vegetables in the longitudinal plane of the unit and the trajectory of cargo movement

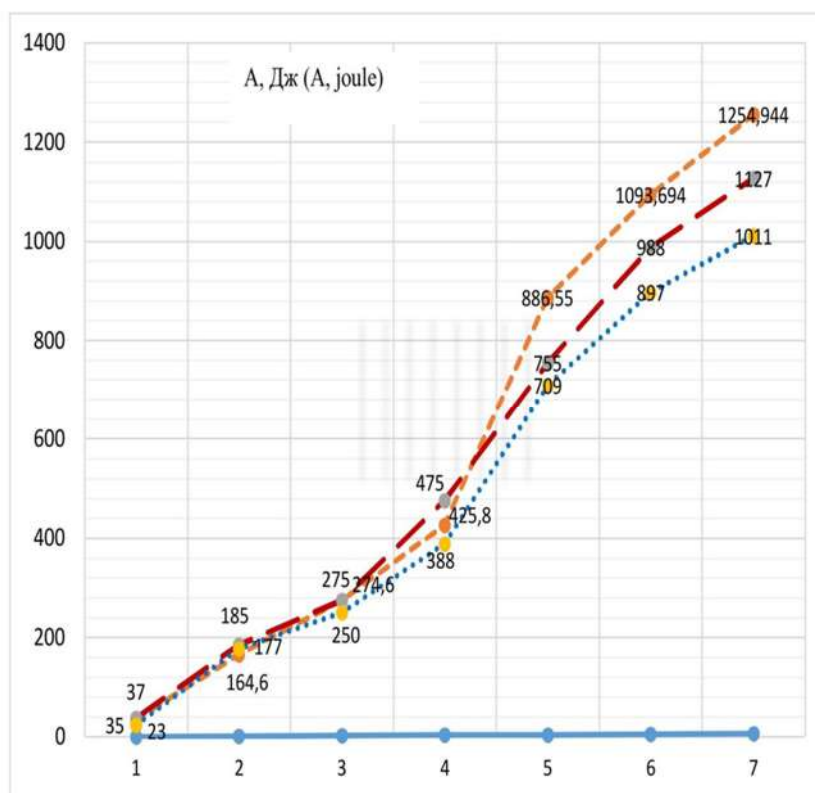


Рисунок 4 – Изменение затрачиваемой работы за цикл операции при погрузке мешка с овощами в продольной плоскости агрегата при различных точках размещения в кузове

Figure 4 – Change in the work expended during the operation cycle when loading a bag of vegetables in the longitudinal plane of the unit at different placement points in the body

На рисунке 4 приведены кривые изменения работы, затрачиваемой приводами манипулятора при различных точках размещения мешка с овощами в кузове. Минимальное значение соответствует минимальным длинам траектории, т.е. перемещению в точку, близкую в передней кромке кузова, максимальное значение соответственно при максимальной длине траектории – при перемещении к заднему борту кузова.

Вследствие того что манипулятор погрузочно-транспортного агрегата имеет в качестве исполнительных приводов электроцилиндры, для автоматизации процессов погрузки – разгрузки потребуются задание программных движений штоков для реализации повторяющихся траекторий. С этой целью по результатам обработки осциллограмм экспериментальных исследований были построены усредненные циклограммы включения – выключения приводов (рисунок 5). Положительные значения (1) соответствуют выдвиганию штоков, отрицательные (-1) – втягиванию штоков.

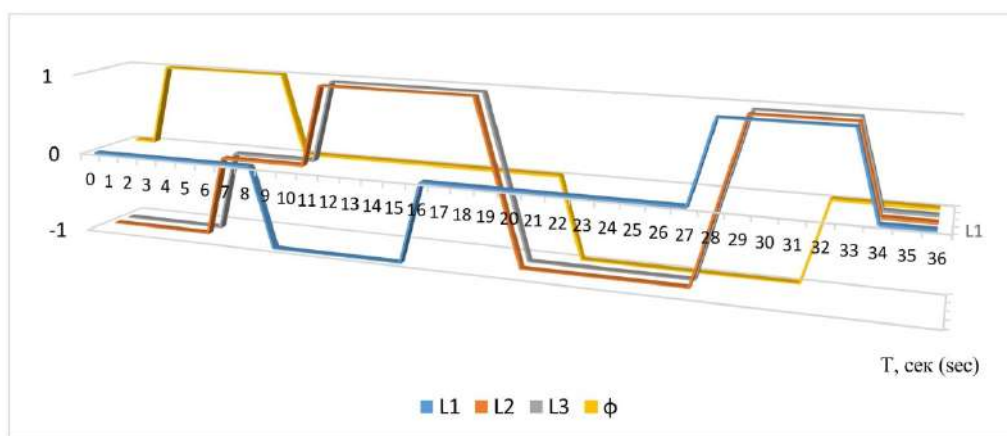


Рисунок 5 – Усредненная по 3 опытам циклограмма при захвате и погрузке мешка в середину кузова в продольной плоскости агрегата:

L_1 – включение первого привода, L_2 – включение второго привода, L_3 – включение третьего привода, φ – включение датчика угла поворота пространственно-параллелограммного механизма

Figure 5 – The cyclogram averaged over 3 experiments during the capture and loading of the bag into the middle of the body in the longitudinal plane of the unit

L_1 – activation of the first drive, L_2 – activation of the second drive, L_3 – activation of the third drive, φ – activation of the rotation angle sensor of the space-parallelogram mechanism

Анализ осциллограмм экспериментальных исследований показал, что для выполнения одного цикла операций необходимо от 4 до 7 включений – выключений приводов. Количество включений зависит от ориентации и расположения сетки на поле и места выгрузки в кузов [10, 13, 14].

При ручном управлении каждый привод включается вручную оператором, причем некоторые включаются одновременно, вследствие чего возникает необходимость автоматизации процесса управления приводами манипулятора. Данные циклограммы (рисунок 5) послужили основой для программирования системы управления для реализации автоматических движений, значительно облегчающих труд оператора на монотонной работе подбора с поля и погрузки овощей в мягкую тару.

Разработан погрузочно-транспортный агрегат с манипулятором-триподом и управляемым захватом (рисунок 6) (патенты РФ № 2700304, № 2651781, №183544, №183553), конструкция которого выполнена навесной и представляет собой пространственный параллелограммный механизм, состоящий из коромысел 1, которые с помо-

щью привода 7 обеспечивают при различных углах поворота стрелы горизонтальное положение платформы 3. К платформе 3 крепится манипулятор-трипод 4, а к его выходному звену 5 (универсальному шарниру) подвешивается управляемый клещевой захват 6. Причем захват самоустанавливающийся и всегда занимает вертикальное положение под действием силы тяжести, что позволяет захватывать сетки, установленные в поле вертикально. Манипулятор-трипод обеспечивает перемещение захвата сеток по ширине кузова самоходного шасси по трем декартовым координатам x , y , z .

Особенностью конструкции погрузочно-транспортного агрегата является возможность подбора сеток с овощами с поверхности поля, самозагрузки в кузов и транспортировки до места реализации или временного хранения овощей.



Рисунок 6 – Общий вид погрузочно-транспортного агрегата с манипулятором-триподом

Figure 6 – General view of a loading and transport unit with a tripod manipulator

Производительность погрузочно-транспортных работ при подборе сеток с луком зависит от скоростей исполнительных приводов, технологической скорости шасси равномерности распределения сеток (мешков) по полю, и что немаловажно, ориентации сеток по отношению к самоходному погрузчику.

Для разработанного манипулятора погрузочно-транспортного средства обоснованы структура и требуемые степени подвижности, геометрические и кинематические параметры, обеспечивающие необходимое перемещение груза. Получены аналитические зависимости между конструктивными параметрами манипулятора, позволяющими обеспечить постоянство скорости движения погрузочно-транспортного агрегата.

Разработана система управления погрузочно-транспортным агрегатом и система технического зрения.

Выводы. Разработана и изготовлена конструкция манипуляционного механизма, на основе которого собран экспериментальный погрузочно-транспортный агрегат. Разработанный манипуляционный механизм может устанавливаться на самоходное шасси «Агромаш» СШ-50 или ВЗТ-30СШ. Полученные фактические траектории перемещения захвата погрузчика подтверждают теоретически обоснованные включения и позволяют осуществлять перемещение груза и его позиционирование по всему объему кузова. В результате проведения экспериментальных исследований получены энергоэффективные траектории погрузки мешка с овощами в продольной плоскости агрегата.

Библиографический список

1. Дяшкин-Титов В. В., Павловский В. Е. Задача оптимального управления перемещением схвата манипулятора-трипода // Известия нижеволжского агроинженерного комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4(36). С. 241-247.
2. Задача позиционирования манипулятора параллельно-последовательной структуры с управляемым захватным устройством / В. В. Жога, В. В. Дяшкин-Титов, И. А. Несмиянов, Н. С. Воробьева // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. Т. 17. № 8. С. 525-530.
3. Зыков А. В., Юнин В. А., Захаров А. М. Использование робототехнических средств в АПК // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3 (81). С. 8-11.
4. Карпенко М., Пелевин Л. Е., Богдвичус М. Перспектива использования гидравлического энергосберегающего привода // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2017. № 3 (41). С. 7-12.
5. Оценка комбинированных машин с грузоподъемными устройствами / Р. Л. Сахапов, М. М. Махмутов, М. М. Земдыханов, М. М. Махмутов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 1-2. С. 282-287.
6. Развитие работ по созданию робототехники сельхозназначения / З. А. Годжаев, А. П. Гришин, И. А. Пехальский, А. А. Гришин, В. А. Гришин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 119. С. 488-502.
7. Синтез алгоритма управления приводами манипулятора параллельно-последовательной структуры мобильного робота-пропольщика / А. Г. Иванов, Н. С. Воробьева, В. В. Жога, В. Е. Павловский, Е. В. Павловский // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 449-459.
8. Строганов Ю. Н., Давыдова В. В., Летнев К. Ю. Повышение безопасности погрузочно-разгрузочных работ при транспортировке картофеля и овощей с использованием мягких контейнеров // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. 2019. № 5 (5). С. 67-77.
9. Юхимец Д. А., Губинков А. С., Зуев А. В. Метод формирования пространственных траекторий мобильного робота в неизвестной обстановке // робототехника и техническая кибернетика. 2018. № 2 (19). С. 46-51.
10. Justification Parameters and Planning Capture Trajectories for Robotic Loading and Transport / M. Nikolaev, I. Nesmianov, V. Zhoga, A. Ivanov // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2022. V. 245.
11. Nesmianov I. A., Nikolaev M. E., Sharipov R. V. Justification of parameters of the executive drive of a robotic manipulator of a loading and transport unit // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 659 (1).
12. Nikolaev M. E., Nesmianov I. A., Zaharov E. N. Definition of service area of agricultural loading robot with manipulator of parallel-serial structure // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. V. 747 (1).
13. Programmable movement synthesis for the mobile robot with the orthogonal walking drivers / V. Zhoga, V. Skakunov, I. Shamanov, A. Gavrilo // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2016. P. 135-147.
14. The architecture of the control system for the mobile process robot with walking movers / V. V. Zhoga, V. N. Skakunov, S. E. Terekhov, V. A. Belikov // International Review of Mechanical Engineering. 2017. V. 11. № 5. P. 337-342.
15. Zaharov E. N., I.A. Nesmianov I. A., Nikolaev M. E. Manipulator-tripod on mounted parallelogram mechanism // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. 012062.

Conclusions. The design of the manipulation mechanism has been developed and manufactured, on the basis of which an experimental loading and transport unit has been assembled. The developed manipulation mechanism can be installed on the self-propelled chassis "Agromash" SH-50 or VZT-30SSH. The obtained actual trajectories of the loader's grip movement confirm the theoretically justified inclusions and allow for the movement of cargo and its positioning throughout the entire volume of the body. As a result of experimental studies, energy-efficient trajectories of loading a bag of vegetables in the longitudinal plane of the unit were obtained.

Reference

1. Dyashkin-Titov V. V., Pavlovsky V. E. The problem of optimal control of the movement of the tripod manipulator grip // News of the Nizhnevolzhsky agroengineering complex: science and higher professional education. 2014. № 4 (36). Pp. 241-247.
2. The problem of positioning a manipulator of a parallel-sequential structure with a controlled gripper device / V. V. Zhoga, V. V. Dyashkin-Titov, I. A. Nesmiyanov, N. S. Vorobyova // Mechatronics, automation, control. 2016. Vol. 17. No. 8. P. 525-530.
3. Zykov A. V., Yunin V. A., Zakharov A. M. The use of robotics in agriculture // International Scientific Research Journal. 2019. № 3 (81). Pp. 8-11.
4. Karpenko M., Pelevin L. E., Bogdevicius M. The prospect of using a hydraulic energy-saving drive // Technical and technological problems of service. 2017. № 3 (41). Pp. 7-12.
5. Evaluation of combined machines with lifting devices / R. L. Sakhapov, M. Makhmutov, M. Zemlyanov, M. Makhmutov // proceedings of the Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences. 2017. Vol. 19. No. 1-2. P. 282-287.
6. Development of work on the creation of agricultural robotics / Z. A. Gojaev, A. P. Grishin, I. A. Pehalsky, A. A. Grishin, V. A. Grishin // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. No. 119. P. 488-502.
7. Synthesis of the algorithm for controlling the drives of the manipulator of the parallel-sequential structure of the mobile weeding robot / A. G. Ivanov, N. S. Vorobyova, V. V. Zhoga, V. E. Pavlovsky, E. V. Pavlovsky // News of the Nizhnevolzhsky agroengineering complex: science and higher professional education. 2020. № 4 (60). Pp. 449-459.
8. Stroganov Yu. N., Davydov V. V., Letnev K. Y. Improving the safety of loading and unloading during transportation of potatoes and vegetables with soft containers // Scientific and technical journal: the Technical system in agriculture. 2019. № 5 (5). P. 67-77.
9. Yukhimets D. A., Gubinkov A. S., Zuev A. V. Method of forming spatial trajectories of a mobile robot in an unknown environment // Robotics and technical cybernetics. 2018. № 2 (19). P. 46-51.
10. Justification Parameters and Planning Capture Trajectories for Robotic Loading and Transport / M. Nikolaev, I. Nesmianov, V. Zhoga, A. Ivanov // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2022. V. 245.
11. Nesmianov I. A., Nikolaev M. E., Sharipov R. V. Justification of parameters of the executive drive of a robotic manipulator of a loading and transport unit // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 659 (1).
12. Nikolaev M. E., Nesmianov I. A., Zaharov E. N. Definition of service area of agricultural loading robot with manipulator of parallel-serial structure // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. V. 747 (1).
13. Programmable movement synthesis for the mobile robot with the orthogonal walking drivers / V. Zhoga, V. Skakunov, I. Shamanov, A. Gavrillov // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2016. P. 135-147.
14. The architecture of the control system for the mobile process robot with walking movers / V. V. Zhoga, V. N. Skakunov, S. E. Terekhov, V. A. Belikov // International Review of Mechanical Engineering. 2017. V. 11. № 5. P. 337-342.
15. Zaharov E. N., I.A. Nesmianov I. A., Nikolaev M. E. Manipulator-tripod on mounted parallelogram mechanism // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. 012062.

Author's Information

Nesmiyanov Ivan Alekseevich, Vice-Rector for Academic Affairs, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, of the Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Prospekt, Volgograd, 400002), tel. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: ivan_nesmiyanov@mail.ru

Nikolaev Maksim Evgenevich, Head of the Laboratory of the Department of "Mechanics" of the Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Prospekt, Volgograd, 400002), tel. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: mr.maks.nikolaev.1994@mail.ru

Информация об авторах

Несмиянов Иван Алексеевич, проректор по учебной работе, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), тел. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: ivan_nesmiyanov@mail.ru

Николаев Максим Евгеньевич, заведующий лабораторией кафедры "Механика" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), тел. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: mr.maks.nikolaev.1994@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-37

COMPUTER MODELING AND PARAMETERIZATION IN MathCad ENVIRONMENT OF HUMIDIFICATION CONTOURS DURING DRIP IRRIGATION

A. F. Rogachev, E.V. Melikhova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 09.09.2021

Submitted 08.11.2021

Summary

Theoretical approaches and software implementation of parameterization of humidification contours in drip irrigation, based on computer modeling methods in MathCad environment, are considered. MathCad worksheets implementing numerical calculations on the example of experimental data are presented.

Abstract

Introduction. The variety and anisotropy of the agrophysical characteristics of the soil, including the dependence of water diffusion parameters on soil moisture, as well as the significant influence of the composition and characteristics of the soil complicate the analytical description of the hydrophysical processes of moisture transfer during drip irrigation, which determine the evolution of the moisture field. Therefore, the problems of analytical description of humidification areas based on the results of experimental studies remain relevant. **Materials and methods.** The aim of the study is to obtain an approximating analytical dependence for a reliable description of the humidity values experimentally determined at characteristic points of the humidification area. The well-known methods of graphic and analytic construction of humidification applets and their classification by the configuration of the humidification field were supplemented by computer modeling and parameterization in MathCad using the built-in *Minimize* (f, a, b, zc) function. Two- and three-parameter descriptions of the humidification field configuration were investigated. **Results and conclusions.** The analysis made it possible to formulate the theoretical prerequisites for the modified classification of humidification contours and to substantiate the basic model in the form of a truncated ellipsoid of rotation. The relationship between the eccentricity of the ellipse and the elongation coefficient of its shape is established. A method of parametrization of an ellipse based on its canonical equation in the environment of mathematical computer modeling is proposed. The estimation of the error of this approach based on experimental data was carried out and the parameters of the developed technical solution «Method of cultivation of root crops with combined irrigation and a device for its implementation» (patent of the Russian Federation No. 2643730) were evaluated. This made it possible to determine the design parameters and optimize the placement of drippers and sprinklers of fine sprinkling. A modified classification of humidification contours in drip irrigation is proposed by the magnitude of the eccentricity of elliptical generators and the dependence of the elongation coefficient of the contour generator on the values of the ellipse eccentricity is constructed. A method of computer modeling of humidification contours in the vertical plane for various irrigation methods, including combined with a combination of drip and fine-dispersed, is proposed. A method has been developed to substantiate the optimized geometry of the location of irrigation droppers, providing overlap of the humidification contours.

Key words: drip irrigation, humidification circuit, computer modeling, parametrization of dependencies, MathCad.

Citation: Rogachev A.F., Melikhova E.V. Computer modeling and parameterization in Mathcad environment of humidification contours during drip irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 367-378 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-37.

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

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

УДК 631.4:519.85

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ В СРЕДЕ MathCad КОНТУРОВ УВЛАЖНЕНИЯ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

А. Ф. Рогачев¹, доктор технических наук, профессор,
Е. В. Мелихова¹, доктор технических наук, доцент

¹ Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 09.09.2021

Дата принятия к печати 08.11.2021

Актуальность. Многообразие и анизотропия агрофизических характеристик почвы, включая зависимость параметров диффузии воды от влажности почвы, а также существенное влияние состава и характеристик почвы усложняют аналитическое описание гидрофизических процессов влагопереноса при капельном орошении, которые определяют эволюцию поля влажности. Поэтому проблемы аналитического описания областей увлажнения по результатам экспериментальных исследований сохраняют свою актуальность. **Методы исследований.** Целью исследования является получение аппроксимирующей аналитической зависимости для достоверного описания значения влажности, экспериментально определяемой в характерных точках области увлажнения. Известные методики графоаналитического построения апплет контуров увлажнения и их классификации по конфигурации поля увлажнения были дополнены компьютерным моделированием и параметризацией в среде MathCad с применением встроенной функции *Minimize* (f, a, b, zc). Исследовались двух- и трехпараметрические описания конфигурации поля увлажнения. **Результаты и обсуждение.** Проведенный анализ позволил сформулировать теоретические предпосылки модифицированной классификации контуров увлажнений и обосновать базовую модель в форме усеченного эллипсоида вращения. Установлена взаимосвязь эксцентриситета эллипса и коэффициента вытянутости его формы. Предложена методика параметризации эллипса на основе его канонического уравнения в среде математического компьютерного моделирования. Выполнена оценка погрешности такого подхода по экспериментальным данным и произведена оценка параметров разработанного технического решения «Способ возделывания корнеплодов при комбинированном орошении и устройство для его осуществления» (патент РФ № 2643730). Это позволило определять проектные параметры и оптимизировать размещение капельниц и оросителей мелкодисперсного дождевания. **Выводы.** Предложена модифицированная классификация контуров увлажнения при капельном орошении по величине эксцентриситета эллиптических образующих и построена зависимость коэффициента вытянутости образующей контура от значений эксцентриситета эллипса. Предложена методика компьютерного моделирования контуров увлажнения в вертикальной плоскости для различных способов орошения, в т. ч. комбинированного при сочетании капельного и мелкодисперсного. Разработан способ обоснования оптимизированной геометрии расположения оросительных капельниц, обеспечивающий перекрытие контуров увлажнения.

Ключевые слова: капельное орошение, контуры увлажнения, компьютерное моделирование, параметризация зависимостей, MathCAD.

Цитирование: Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В. Компьютерное моделирование и параметризация в среде MathCAD контуров увлажнения при капельном орошении. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 367-378. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-37.

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. Проблема математического моделирования процесса влагопереноса в двух плоскостях обусловлена необходимостью ресурсосбережения в аграрном производстве при обеспечении требуемого поливного режима растений при проектировании параметров оросительных систем для [8, 11, 14]. Для капельного орошения (КО), являющегося одним из наиболее ресурсосберегающих, определяющими являются конфигурации областей увлажнения, меняющиеся во времени. Многообразие и анизотропия агрофизических характеристик почвы, включая зависимость параметров диффузии воды от влажности почвы, а также существенное влияние состава и характеристик почвы усложняют аналитическое описание гидрофизических процессов влагопереноса при капельном орошении, которые определяют эволюцию поля влажности.

За последние годы в публикациях российских и зарубежных ученых Ахмедова А. Д. [1], Бочарникова В. С. [17], Кружилина И. П. [17], Пронько Н. А. [2], Храброва М. Ю. [7], Фальковича А. С. [4], Шкуры В. Н. и Штанько А. С. [9], Щедрина В. Н. [11], Ismayilov A., Mikailsoy F. [13], Эдвардса (С. Т. de Wit, J. H. B. Thornley, Charles Edwards) исследованы различные аспекты оценки и моделирования влажности посевов, включая современные дистанционные и спектральные методы [8, 11].

Методика и вопросы графоаналитического построения апплет контуров увлажнения в плане их классификации [9] подробно рассмотрены, например, А. С. Штанько, В. Н. Шкурой (рисунок 1).

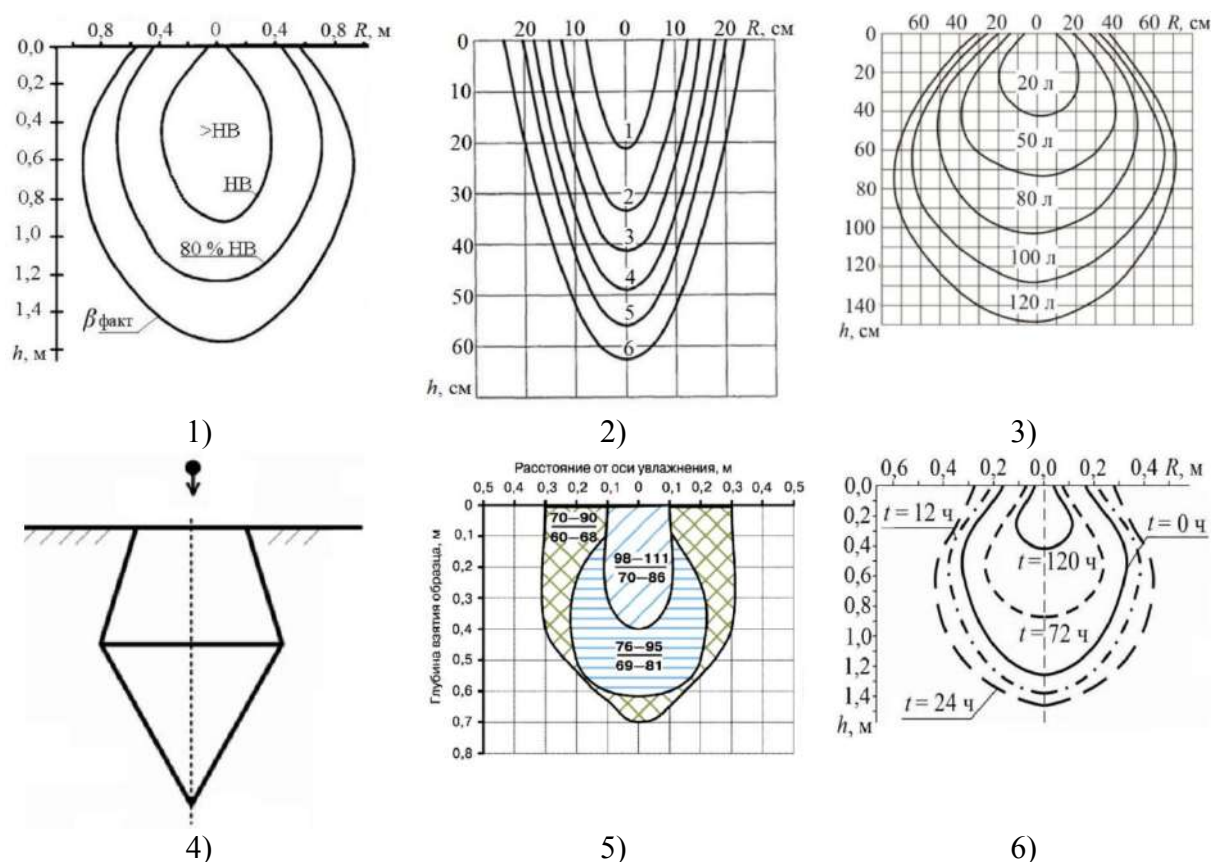


Рисунок 1 – Типизация известных конфигураций контуров увлажнения (по материалам [9])

Figure 1 – Typification of known configurations of humidification circuits (based on materials [9])

Представленные на рисунке 1 типы изоплет влажности для капельного орошения в различных почвенно-климатических условиях подробно исследовались в работах 1) О. Е. Ясониди, Б. Б. Шумакова, 2) А. В. Шуравилина, О. Н. Карпенко, 3) А. Д. Ахмедова, 4) М. Ю. Храброва, 5) В. В. Бородычева, 6) В. С. Бочарникова, Д. О. Завадского. Предложенный А. С. Штанько и В. Н. Шкурой [9, 10] подход к моделированию области увлажнения основан на ее глубине $h_{\text{кон}}$, как базовом параметре области, а остальные размеры нормированы по значению $h_{\text{кон}}$. В работе [10] предлагался графоаналитический метод описания контуров увлажнения, который использует эмпирические зависимости:

$$(d_{\text{кон}} / h_{\text{кон}})_{W_{\text{г/ч}}} = 0,51 + 0,009 \cdot W_{\text{г/ч}}, \quad (1)$$

где $h_{\text{кон}}$ – глубина области увлажнения, м; $d_{\text{кон}}$ – расчетный (максимальный) диаметр области увлажнения, м.

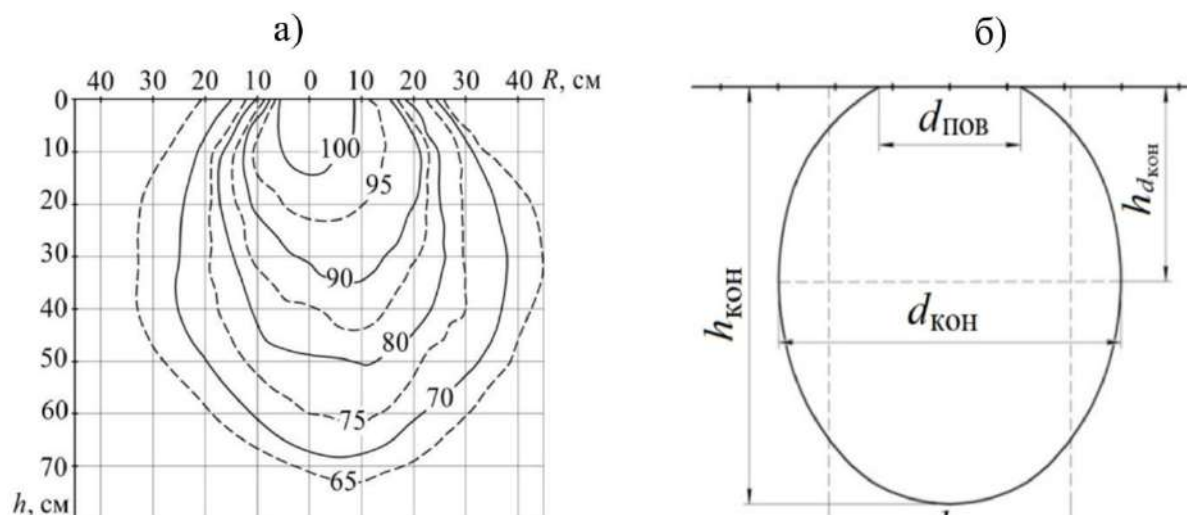


Рисунок 2 – Типичный вид эмпирических изоплет влажности контуров увлажнения [9]:
а) конфигурация вертикального сечения эллипсоида увлажнения; б) расчетная схема области увлажнения

Figure 2 – A typical view of empirical moisture isopleths of humidification contours [9]:
a) configuration of the vertical section of the humidification ellipsoid; b) calculation scheme of the humidification area.

Тем не менее, проблема аналитического описания областей увлажнения по результатам экспериментальных полевых и лабораторных исследований, параметризации получаемых зависимостей с использованием различных математических и компьютерных подходов [6] сохраняет свою актуальность, поскольку результаты исследований позволяют более строго обосновывать ресурсосберегающие режимы орошения и нормы поливов.

Материалы и методы. Целью исследования является получение аппроксимирующей аналитической зависимости для достоверного описания значения влажности, экспериментально определяемой в характерных точках области увлажнения.

Предполагаем, что ось Oz направлена в глубину, а для моделируемого случая изотропной модели почвы впитывание оросительной воды по координатным осям Ox и Oy эквивалентно.

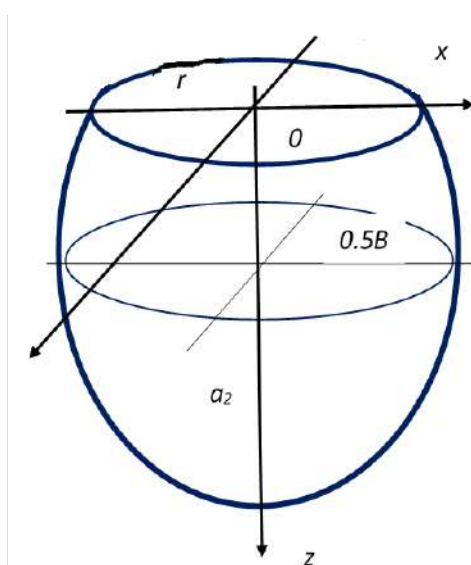


Рисунок 3 – Геометрические параметры пространственной области увлажнения в форме эллипсоида вращения

Figure 3 - Geometric parameters of the spatial humidification area in the form of an ellipsoid of rotation

Для случая больших расходов q воды из водовыпуска ($q > 4...6$ л/ч) контур увлажнения можно с достаточной степенью точности аппроксимировать уравнением усеченного эллипсоида вращения (рисунок 2):

$$\frac{x^2 + y^2}{(0.5B)^2} + \frac{z^2}{a_2^2} = 1, \quad (2)$$

где a_2 – глубина от центра эллипсоида до нижней границы увлажнения, м.

Значения полуосей моделирующих эллипсоидов увлажнения во времени изменяются, поскольку границы фронта увлажнения перемещаются в пространстве: $a_2(\tau)$ – под водовыпуском в вертикальном направлении, м; $r(\tau)$ – на уровне водовыпуска в горизонтальном направлении, м; $B(\tau)$ – наибольший диаметр промачивания, м. Последовательные сечения контуров по глубине области увлажнения представляют собой семейство окружностей с радиусами $r(\tau)$, изменяющимися по времени.

Неизвестные параметры эллипсоида определялись по экспериментальным данным методом наименьших квадратов, поля увлажнения были дополнены компьютерным моделированием и параметризацией в среде MathCad с применением ее встроенной функции Minimize (f, a, b, zc). Для повышения достоверности результатов компьютерного оценивания параметров предварительно задавался вектор начальных приближений (a_0, b_0, zc_0), значения которого выбирались по результатам визуальной оценки расположения изолиний, близких к экспериментальным.

Результаты и обсуждение. *Теоретические предпосылки модифицированной классификации контуров увлажнений.* На основе изложенной выше классификации конфигураций контуров увлажнения (таблица 1), используемых при характеристике среднесуглинистых светло-каштановых почв, типичных для волгоградского региона, был принят усеченный эллипсоид вращения типа 1), методика компьютерного моделирования и параметризация которого подробно рассмотрена ниже.

Форма пространственной области увлажнения определяется величиной расхода водовыпусков, температурой воздуха и гранулометрическим составом почв.

Таблица 1 – Предложенная геометрическая классификация контуров увлажнения

Table 1 – Proposed geometric classification of humidification contours

Класс / Class	Вид конфигурации / Type of configuration	Характеристика / Characteristic	Схема на рис. 1 / Diagram in Fig. 1
Элементарные / Elementary	Эллипсоид / Ellipsoid	Усеченный эллипсоид вращения / Truncated ellipsoid of rotation	1
	Параболоид / Paraboloid	Параболоид вращения / Paraboloid	2
	Сфера / Sphere	Шар, усеченный шар / Ball, truncated ball	3
Комбинированные / Combined	Конус / Cone	Совмещенные конус + Усеченный конус / Combined Cone + Truncated Cone	4
	Конусно-цилиндрический / Cone-cylindrical	конус + Цилиндр / Cone-cylindrical	5
	Конусно-гиперболический / Cone-hyperbolic	Гиперболоид вращения + Усеченный конус / Hyperboloid of rotation + Truncated cone	6

Контур увлажнения в вертикальном сечении представляет собой усеченный эллипс, вытянутый вдоль направления оси Oz . Вытянутость эллипса вдоль большей из осей отражает величина ε его эксцентриситета (рисунок 2), определяемого по определению зависимостью (3):

$$\varepsilon = \frac{c}{h} \quad c = \sqrt{h^2 - r^2}, \quad (3)$$

где c – фокальное расстояние, м; h – большая полуось эллипса, м; r – малая полуось эллипса, м.

Относительная величина h/r характеризует вытянутость эллипса.

Для случая, когда геометрический центр эллипса располагается в точке водовыпуска, справедливо соотношение:

$$\varepsilon = \frac{\sqrt{h^2 - r^2}}{h} = \sqrt{1 - \left(\frac{r}{h}\right)^2},$$

отсюда получаем, что коэффициент вытянутости:

$$\frac{h}{r} = \sqrt{\frac{1}{1 - \varepsilon^2}}. \quad (4)$$

Для качественной характеристики степени вытянутости области увлажнения можно предложить следующие диапазоны эксцентриситета эллипсоида:

- при $0 \leq \varepsilon \leq 0,5$ – близкая к окружности
- при $0,5 \leq \varepsilon \leq 0,75$ – средняя вытянутость;
- при $0,75 \leq \varepsilon \leq 1$ – сильная вытянутость.

Экспериментальное оценивание геометрических параметров областей увлажнения. Анализировались координаты характерных точек изолиний влажности, изоплета которой характеризуется анизотропией поля влажности, при $W=80\%$ НВ, характерной для тяжелосуглинистых почв (рисунок 3). Это соответствует «хорошей» и «удовлетворительной» влагопроницаемости (по Качинскому Н. А.) при выражаемой асимметрии расположения изолиний.

Расчетные значения полуосей эллипса влажности определялись с учетом глубины увлажнения $h_{\text{кон}}$, радиуса области увлажнения $d_{\text{пов}}/2$ на поверхности почвы и наибольшего радиуса эллипсоида $d_{\text{кон}}$ (рисунок 2). Параметры эллипсоида обозначались согласно равенствам $h_{\text{кон}} = a + z_c$, $d_{\text{пов}}/2 = r_{\text{нов}}$, $d_{\text{кон}} = 2b$.

Координаты (x_i, z_i) соответствующих точек апплет использовались в качестве исходных данных компьютерного моделирования. Аналитические функции усеченных эллипсов для искомых зависимостей позволили получить зависимости в координатной форме, реализованные в математической среде Mathcad:

$$xr(zr) := p_2 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{zr - p_3}{p_1} \right)^2}, \quad (5)$$

$$xr2(zr) := p1_2 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{zr}{p1_1} \right)^2}, \quad (6)$$

где $xr(zr)$ – значения величин радиусов области увлажнения, соответствующих глубине zr , м; $p_1, p_2, p_3, p1_1, p1_2$ – компоненты векторов $\mathbf{p}$ и $\mathbf{p1}$, численно определяемые в среде MathCAD с использованием ее встроенной функции *Minimize* с аргументами (f, a, b, zc) .

Для параметризации уравнений эллипсов вводились целевые функции невязок f и fl (соответственно (7) при вертикальном смещении центра эллипса на величину z_c ; (8) – при отсутствии вертикального смещения центра эллипса):

$$f(a, b, zc) := \sum_{i=1}^n \left[\left[x_i - b \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{z_i - zc}{a} \right)^2} \right]^2 \right] \quad (7)$$

$$fl(a1, b1) := \sum_{i=1}^n \left[\left[x_i - b1 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{z_i}{a1} \right)^2} \right]^2 \right] \quad (8)$$

Фрагмент рабочего листа разработанной программы для численной оценки параметров границ влажности по экспериментальным данным в среде MathCAD («Компьютерное моделирование поля распределения влажности при капельном и комбинированном орошении сельскохозяйственных культур» / Мелихова Е. В. и др. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018619784) представлен на рисунке 4.

Проведенные численные расчеты в программе MathCAD с использованием ее встроенной функции *Minimize* (f, a, b, zc) показали высокую чувствительность к значениям предварительно задаваемого вектора начальных приближений (a_0, b_0, zc_0) . Для

обеспечения достоверных результатов компьютерного оценивания параметров можно рекомендовать принимать упомянутые значения, близкие к экспериментальным, получаемым по результатам визуальной оценки расположения изолиний апплет (рисунок 4).

Результаты компьютерного моделирования параметров границ контуров увлажнения приведены на рисунок 5.

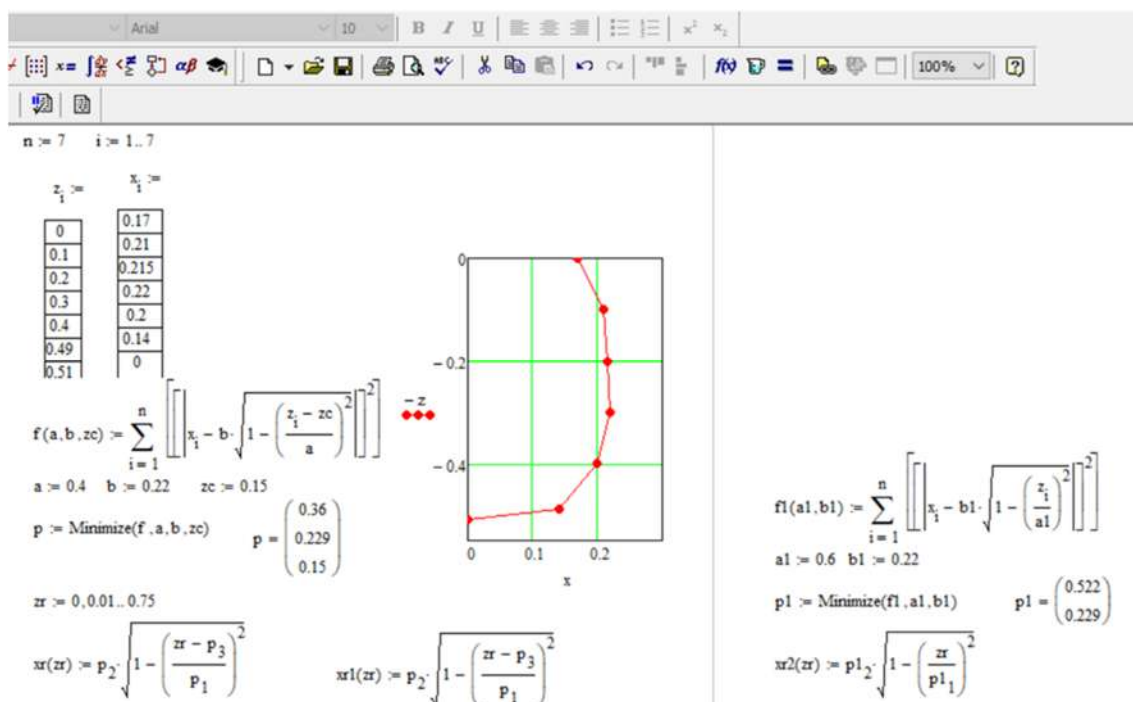


Рисунок 4 – Задание начальных значений для запуска процедуры компьютерной параметризации контуров увлажнения

Figure 4 - Setting the initial values to start the procedure of computer parameterization of humidification circuits

Анализ погрешностей расчетных значений в программе MathCAD проводился по критериям средней относительной ошибки аппроксимации. Для фиксации результатов расчетов в требуемых точках можно рекомендовать использование инструмента «трассировка» среды MathCAD (рисунок 5). Численные расчеты позволили установить, что в диапазоне влажности почвы 75...100 % НВ относительные погрешности составили 9...18 %, при этом погрешность возрастала при уменьшении уровня влажности. Отметим, что в двух точках расчетное значение влажности по обеим моделям совпадает, например (0,09; 0, 23).

Значение относительной погрешности аппроксимации экспериментального определения влажности в анализируемых точках моделируемых областей увлажнения в среднем достигала 8...18 %. Поэтому рассчитанную погрешность аппроксимации уравнением эллипса экспериментальных значений контуров влажности можно считать допустимой.

С использованием описанной методики были обоснованы численные значения параметров разработанной авторами системы «Способ возделывания корнеплодов при комбинированном орошении и устройство для его осуществления» (патент РФ № 2643730, А 01G 1/00. А 01G 25/02, зарег. 05.02.2018.). Предложенное в описании к патенту расположение увлажнителей позволяет определять проектные параметры и оптимизировать размещение капельниц и оросителей мелкодисперсного дождевания, что повышает эффективность использования поливной воды.

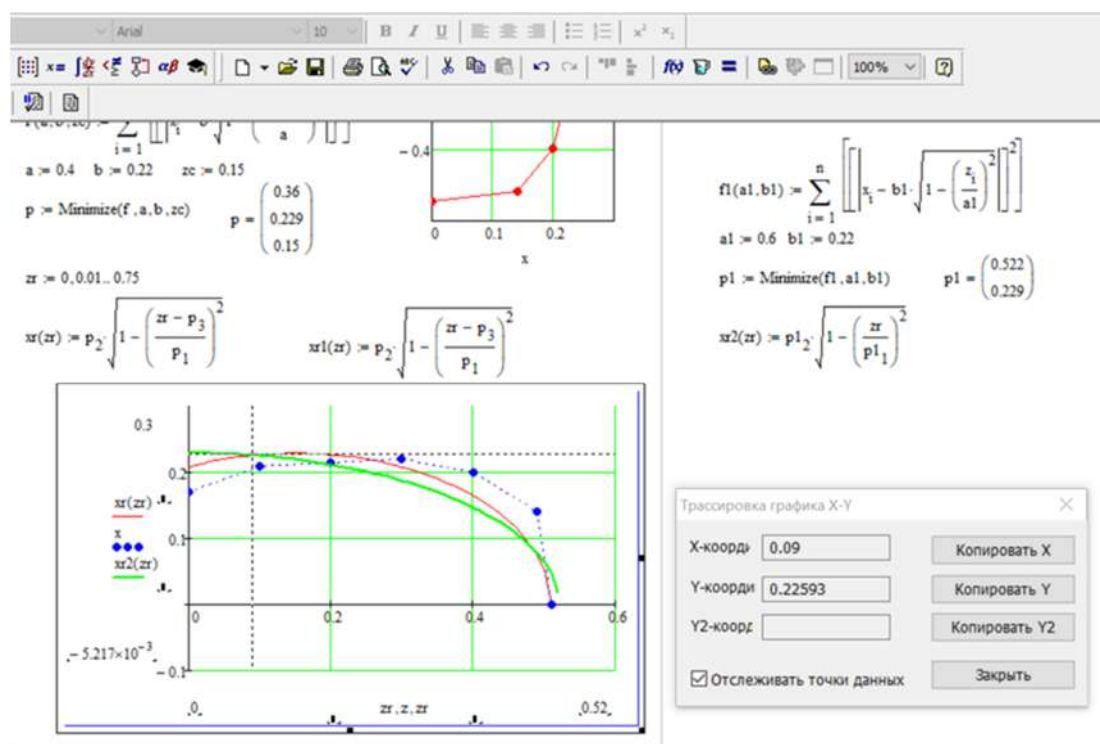


Рисунок 5 – Фрагмент рабочего листа параметризации и визуализации контуров влажности

Figure 5 – A fragment of the worksheet for parameterization and visualization of moisture contours

Выводы:

1. Предложена модифицированная классификация контуров увлажнения при капельном орошении по величине эксцентриситета эллиптических образующих и построена зависимость величины коэффициента вытянутости образующей контура от значений эксцентриситета образующей эллипса.
2. Предложена методика компьютерного моделирования контуров увлажнения в вертикальной плоскости для различных способов орошения, в т. ч. комбинированного, включающего сочетание капельного и мелкодисперсного дождевания.
3. Разработан способ обоснования оптимизированной геометрии расположения оросительных капельниц, обеспечивающий перекрытие контуров увлажнения (патент РФ № 2643730, А 01G 1/00, А 01G 25/02, зарег. 05.02.2018.).

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Галиуллина Е. Ю. Контурь увлажнения почвы при капельном орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 3 (270). С. 183-188.
2. Мелихова Е. В. Математическое моделирование процессов влагопереноса при капельном и внутрипочвенном орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 1. С. 228-234.
3. Обоснование водного режима почвы при капельном орошении семенных посадок картофеля в Нижнем Поволжье / Н. Н. Дубенок [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3. С. 18-26.
4. Причины вторичного засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья и его прогнозирование на основе математического моделирования влагопереноса / А. С. Овчинников, Н. А. Пронько, А. С. Фалькович, В. В. Бородычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 9-17.

5. Расчет поливных норм при капельном орошении в условия сухостепного Заволжья / Н. А. Пронько [и др.] // Основы рационального природопользования: материалы VI Национальной конференции с международным участием. Саратов, 2020. С. 55-59.
6. Рогачёв А. Ф. Параметризация эконометрических зависимостей методом наименьших модулей // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2011. № 3. С. 0421100034.
7. Храбров М. Ю., Губин В. К., Колесова Н. Г. Определение технологических параметров систем капельного орошения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 1 (61). С. 132-136.
8. Цифровые технологии оптимизации параметров увлажнения расчетного слоя почвы / Д. А. Соловьев, В. В. Корсак, Г. Н. Камышова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2021. № 1. С. 86-89.
9. Штанько А. С., Шкура В. Н. Внутриконтурное распределение влажности почвы при капельном орошении // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 4 (28). С. 62-78.
10. Штанько А. С., Шкура В. Н. Способ графоаналитического построения очертания контуров капельного увлажнения почв // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 1 (29). С. 67-85.
11. Экспериментальное определение влажности почвы по гиперспектральным изображениям / В. В. Подлипов [и др.] // Компьютерная оптика. 2018. Т. 42. № 5. С. 877-884.
12. Influence of irrigation methods on agrophysical properties and productivity of dark chestnut soils of dry steppe on the left bank of the Volga river / V. Korsak [et al.] // Advances in Dynamical Systems and Applications. 2021. V. 16. № 1. P. 121-132.
13. Ismayilov A., Mikailsoy F. Mathematical models of fertility for the soils of Azerbaijan // Eurasian Journal of Soil Science. 2015. V. 4 (2). P. 118-125.
14. Melikhova E. V. Computer simulation and optimization of parameters of configuration of the contour of moistening under drip irrigation of agricultures // Studies in Computational Intelligence. 2019. V. 826. Pp. 1193-1201.
15. Neuromodeling in irrigation management for sustainable agriculture / D. Soloviov [et al.] // Advances in Dynamical Systems and Applications. 2021. V. 16. № 1. P. 159-170.
16. Rogachev A. F., Shokhnekh A. V., Melikhova E. V. Monitoring and Economic & Mathematical Modeling of Manufacture and Consumption of Agricultural Products as a Tool of Food Security Management // Revista Espacios. 2018. Vol. 39. № 01. Page 1.
17. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13. № 13. P. 4181-4184.

Conclusions:

1. A modified classification of humidification contours in drip irrigation is proposed by the magnitude of the eccentricity of elliptical generators and the dependence of the elongation coefficient of the contour generator on the values of the eccentricity of the ellipse generator is constructed.
2. A method of computer modeling of humidification contours in the vertical plane for various irrigation methods, including combined, including a combination of drip and fine sprinkling, is proposed.
3. A method has been developed to substantiate the optimized geometry of the location of irrigation droppers, providing overlap of the humidification circuits (RF Patent No. 2643730, A 01G 1/00. A01G 25/02, dated 05.02.2018.)

References

1. Akhmedov A. D., Galiullina E. Yu. Contours of soil moistening during drip irrigation // Izvestiya Nizhnevolzhsky agrouniversitetskogo kompleks: science and higher professional education. 2012. № 3 (270). P. 183-188.

2. Melikhova E. V. Mathematical modeling of moisture transfer processes in drip and subsurface irrigation // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Science and higher professional education*. 2016. No. 1. P. 228-234.
3. Substantiation of the water regime of the soil during drip irrigation of potato seed plantings in the Lower Volga region / N. N. Dubenok [et al.] // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: science and higher professional education*. 2018. No. 3. P. 18-26.
4. The causes of secondary salinization of irrigated soils of the Lower Volga region and its prediction based on mathematical modeling of moisture transfer / A. S. Ovchinnikov, N. A. Pronko, A. S. Falkovich, V. V. Borodychev // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: science and higher professional education*. 2018. No. 2 (50). P. 9-17.
5. Calculation of irrigation norms for drip irrigation in the conditions of the dry-steppe Volga region / N. A. Pronko [et al.] // *Fundamentals of rational nature management: materials of the VI National Conference with international participation*. Saratov, 2020. P. 55-59.
6. Rogachev A. F. Parametrization of econometric dependencies by the method of least modules // *Management of economic systems: electronic scientific journal*. 2011. No. 3. P. 0421100034.
7. Khrabrov M. Yu., Gubin V. K., Kolesova N. G. Determination of technological parameters of drip irrigation systems // *Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture*. 2016. № 1 (61). P. 132-136.
8. Digital technologies for optimizing the parameters of humidification of the calculated soil layer / D. A. Solovyov, V. V. Korsak, G. N. Kamyshova [et al.] // *Agrarian Scientific Journal*. 2021. No. 1. P. 86-89.
9. Shtanko A. S., Shkura V. N. Intra-contour distribution of soil moisture during drip irrigation // *Scientific Journal of the Russian Research Institute of Problems of Melioration*. 2017. № 4 (28). Pp. 62-78.
10. Shtanko A. S., Shkura V. N. Method of graphoanalytic construction of contours of drip moistening of soils // *Scientific Journal of the Russian Research Institute of Problems of Land Reclamation*. 2018. № 1 (29). Pp. 67-85.
11. Experimental determination of soil moisture from hyperspectral images / V. V. Podlipnov [et al.] // *Computer optics*. 2018. Vol. 42. No. 5. P. 877-884.
12. Influence of irrigation methods on agrophysical properties and productivity of dark chestnut soils of dry steppe on the left bank of the Volga river / V. Korsak [et al.] // *Advances in Dynamical Systems and Applications*. 2021. V. 16. № 1. P. 121-132.
13. Ismayilov A., Mikailsoy F. Mathematical models of fertility for the soils of Azerbaijan // *Eurasian Journal of Soil Science*. 2015. V. 4 (2). P. 118-125.
14. Melikhova E. V. Computer simulation and optimization of parameters of configuration of the contour of moistening under drip irrigation of agricultures // *Studies in Computational Intelligence*. 2019. V. 826. Pp. 1193-1201.
15. Neuromodeling in irrigation management for sustainable agriculture / D. Soloviov [et al.] // *Advances in Dynamical Systems and Applications*. 2021. V. 16. № 1. P. 159-170.
16. Rogachev A. F., Shokhnekh A. V., Melikhova E. V. Monitoring and Economic & Mathematical Modeling of Manufacture and Consumption of Agricultural Products as a Tool of Food Security Management // *Revista Espacios*. 2018. Vol. 39. № 01. Page 1.
17. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2018. V. 13. № 13. P. 4181-4184.

Author's Information

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

Melikhova Elena Valentinovna, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department "Mathematical Modeling and Computer Science" of Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), <https://orcid.org/0000-0002-4041-4270>, melv07@mail.ru

Информация об авторах

Рогачев Алексей Фруминович, профессор кафедры "Математическое моделирование и информатика" Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор технических наук, профессор <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

Мелихова Елена Валентиновна, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), <https://orcid.org/0000-0002-4041-4270>, melv07@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-38

CONSTRUCTION OF CHANNEL PLATES USING COMPOSITE REINFORCEMENT

S. Ya. Semenenko, S. S. Marchenko, D.P. Ar'kov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 09.09.2021

Submitted 08.11.2021

Summary

The high degree of deterioration of water supply facilities of state irrigation systems requires modern engineering solutions that reduce repair costs and improve the quality of reclamation infrastructure. The study considers the possibility of using non-metallic composite reinforcement for reinforcing the protective layer of anti-filtration clothing of the main channels of irrigation systems and provides recommendations for its use.

Abstract

Deals with the problem of using composite reinforcement in hydraulic engineering construction, namely, when installing anti-filtration clothing of main irrigation canals of state irrigation and irrigation systems. Data on water losses during transportation in irrigation systems, as well as the need for anti-filtration clothing of irrigation systems of the Volgograd and Astrakhan regions are presented. The positive and negative aspects of the use of non-metallic composite reinforcement (NCR) are described, comparative strength calculations of plates with reinforcement with non-metallic composite reinforcement of different production technologies are given, conclusions are drawn about the prospects of using non-metallic composite reinforcement in hydraulic engineering construction. **Introduction.** The water strategy of the Russian Federation requires to exclude inappropriate losses of fresh water, which is hindered by such factors as critical wear of reclamation systems, deterioration of the condition of reclaimed land, especially in the zone of the main transportation network. A well-proven anti-filtration technology is the use of multilayer anti-filtration clothing, including an anti-filtration polymer and a protective reinforced concrete layer. The high demand for reinforced concrete elements of anti-filtration protection requires the use of engineering solutions to reduce their cost and extend their service life, which is hindered by the high price of steel. Thus, research aimed at replacing expensive steel with cheaper and more practical analogues in hydraulic engineering construction is of practical interest. **Object.** The object of the study is a protective layer of anti-filtration clothing of the main channels of irrigation systems. Goal - Determination of the possibility of using non-metallic composite reinforcement for reinforcing channel plates used as a protective layer in the channels of irrigation systems. **Materials and methods.** The work used a general scientific methodology with methods of empirical (observation, description, comparison, measurement) and theoretical (analysis and synthesis) levels. **Results and conclusions.** Based on the strength characteristics of non-metallic composite reinforcement, using the accepted methods, the selection of sections of working reinforcement for plates of the most popular form factor was made, the most suitable type of non-composite reinforcement was determined. The advantage of using non-metallic composite reinforcement for this type of hydraulic structures is shown and recommendations for its use are given.

Key words: *anti-filtration cladding, irrigation system, main channel, non-metallic composite reinforcement.*

Citation. Semenenko S. Ya., Marchenko S. S., Arkov D. P. Construction of channel plates using composite reinforcement. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 378-390 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-38.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the collection and preparation of the material, calculations and analysis of the results of this study. All the authors of this article have read and approved the submitted final version.

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

УДК 626:691.328

КОНСТРУИРОВАНИЕ КАНАЛЬНЫХ ПЛИТ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ

С. Я. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

С. С. Марченко, кандидат технических наук, доцент

Д. П. Арьков, кандидат технических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 20.08.2021

Дата принятия к печати 09.11.2021

Аннотация. Рассматривается проблема применения композитной арматуры в гидротехническом строительстве, а именно при устройстве противofильтрационных одежд магистральных оросительных каналов оросительно-обводнительных систем. Приводятся данные о потерях воды при транспортировке в оросительных системах, а также потребности в противofильтрационных одеждах оросительных систем Волгоградской и Астраханской областей. Описаны положительные и отрицательные аспекты использования неметаллической композитной арматуры (НКА), приведены сравнительные прочностные расчеты плит с армированием неметаллической композитной арматурой разных технологий производства, сделаны выводы о перспективах применения НКА в гидротехническом строительстве.

Актуальность. Водная стратегия Российской Федерации требует исключить потери пресной воды, чему препятствуют такие факторы, как критический износ мелиоративных систем, ухудшение состояния мелиорируемых земель, особенно в зоне магистральной транспортирующей сети. Хорошо зарекомендовавшей себя противofильтрационной технологией является использование многослойных противofильтрационных одежд, включающих противofильтрационный полимерный и защитный железобетонный слой. Высокая потребность в железобетонных элементах противofильтрационной защиты требует применения инженерных решений для их удешевления и продления срока эксплуатации, чему препятствует высокая цена на сталь. Таким образом, исследования, направленные на замещение дорогостоящей стали на более дешевые и практичные в гидротехническом строительстве аналоги, представляют практический интерес. **Объект.** Объектом исследования является защитный слой противofильтрационных одежд магистральных каналов оросительных систем. **Цель.** Определение возможности использования неметаллической композитной арматуры для армирования канальных плит, используемых в качестве защитного слоя в каналах оросительных систем. **Материалы и методы.** В работе использовалась общенаучная методология с методами эмпирического (наблюдение, описание, сравнение, измерение) и теоретического (анализ и синтез) уровней. **Результаты и выводы.** На основании прочностных характеристик неметаллической композитной арматуры с использованием принятых методик произведен подбор сечений рабочей арматуры для плит наиболее востребованного форм-фактора, определен наиболее подходящий вид композитной арматуры. Показано преимущество применения НКА для данного элемента гидротехнических сооружений, даны рекомендации для ее использования.

Ключевые слова: *противofильтрационная облицовка каналов, оросительные системы, магистральные каналы, неметаллическая композитная арматура.*

Цитирование. Семененко С. Я., Марченко С. С., Арьков Д. П. Конструирование канальных плит с применением композитной арматуры. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 378-390. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-38.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в сборе и подготовке материала, проведении расчетов и анализе результатов данного исследования. Все авторы настоящей статьи одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Оросительные каналы выполняют важнейшую функцию оросительной системы, а именно осуществляют транспортировку оросительной воды к орошаемым землям. Однако необходимо отметить, что оросительные каналы, построенные в 60-80 годы прошлого века, имеют значительный физический и моральный износ. Возрастающий износ каналов приводит к ежегодному увеличению затрат на текущий ремонт, что, в свою очередь, требует более совершенных и экономичных вариантов их восстановления [6, 7].

Свойства полиэфиров, фенолов, эпоксидов, детально изученные в США после 1970 года, создали основу для появления неметаллической (композитной) арматуры (НКА), отличающуюся более высокими показателями упругости, разрыва, плотности, в некоторых случаях не уступающую металлу и по другим свойствам [3, 9].

В Европе активное применение неметаллической арматуры пришлось на начало 80-х годов, в Японии – с середины 90-х, но крупнейшим потребителем с 90-х годов и до настоящего времени является Китай, использующий её в самых различных отраслях.

Однако считается, что создание неметаллической арматуры и изучение ее свойств первоначально было осуществлено в СССР в середине 60-х годов прошлого столетия. В 70-е годы началось уже широкое её применение в строительстве опорных сооружений, пролётных сооружений мостов, в ячеистых бетонах, в конструкциях крепления откосов, в морском гидротехническом строительстве [5, 11, 13].

При этом парадоксально, но в гидромелиоративном строительстве до настоящего времени неметаллическая арматура применяется крайне мало, особенно с учетом всёвозрастающих объёмов ввода оросительно-обводнительных и осушительных систем нового поколения и перспектив, заложенных в Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса, предусматривающих, в том числе, реконструкцию транспортирующих элементов оросительно-осушительных систем, заключающуюся в восстановлении и/или устройстве противофильтрационных облицовок каналов.

Своевременность принятия данной программы обусловлена несколькими насущными проблемами, а именно:

1. Требованиями экономного расходования природных пресных вод, обозначенными в Водной стратегии Российской Федерации.
2. Критическим возрастом гидромелиоративных систем, приближающимся к нормативному жизненному циклу, т.к. основная масса оросительных систем была введена в строй 40...60 лет назад.
3. Ухудшением мелиоративного состояния орошаемых земель, особенно в зоне влияния магистральной транспортирующей и распределительной сети.
4. Функциональными требованиями цифровых технологий при управлении мелиоративным комплексом.

Низкий технический уровень устройства и значительный износ инженерных оросительных систем приводят к потерям до 5 км³/год природных пресных вод. При этом из транспортирующей сети на неинженерных системах теряется около 70-80 % поданной в голову системы воды, а в инженерных системах на долю фильтрации из каналов приходится 25-30 % [1, 2, 10].

Дискретность уровней воды в каналах, низкий технический уровень противофильтрационных мероприятий на оросительных системах повышают потери воды, инициируют подъём уровня грунтовых вод, приводя к вторичному засолению и заболачиванию особо ценных орошаемых земель и сопряженных агроландшафтов, снижая их продуктивность.

Коэффициент полезного действия оросительной системы, основной показатель эффективности её работы, уменьшается, что приводит к увеличению энергетических и финансовых затрат на подачу воды.

Существующие мероприятия по борьбе с фильтрацией воды из каналов можно условно сгруппировать:

1. Наименее затратные – механическое уплотнение ложа канала, оглеение, диспергирование и др.;
2. Затратные – искусственная кольматация русла канала;
3. Более затратные – применение плёнок, геомембран, бентонитовых глин и др.;
4. Дорогие – монолитное бетонирование русла канала гидротехническим бетоном и наиболее индустриальное мероприятие – укладка железобетонных канальных плит на однослойную или многослойную водонепроницаемую плёнку.

В последних, наиболее дорогих, такая многослойная конструкция противофильтрационного экрана работает крайне эффективно – водонепроницаемая плёнка защищает от фильтрации, а железобетонные плиты защищают плёнку от механического воздействия и ультрафиолетового излучения.

С точки зрения только эффективности борьбы с фильтрацией, наиболее приемлемым является применение монолитного гидротехнического бетона [4, 8].

Однако недостатки – безводные территории мест строительства, сезонность строительных работ, сложность (а порой и невозможность) работы на действующих оросительных системах, необходимость передвижной индустрии строительных материалов – делают данную технологию неприемлемой по технико-экономическим показателям.

Вышеперечисленные недостатки исключаются применением для облицовки каналов плоских тонкостенных плит с предварительно напряжённой металлической арматурой, обладающих достаточным запасом прочности и устойчивости.

Такие плиты с расчётными размерами длины 4-9 м, ширины 0,6-3,0 м и толщины 0,06 м изготавливаются таким образом, чтобы длина плиты полностью покрывала длину откоса. Индустриальное производство плит может быть налажено и на отдалённых объектах производства строительных материалов. Их монтаж технологически прост и возможен при отрицательных температурах, что крайне важно при ремонте, восстановлении и монтаже новых противофильтрационных одежд на старых неинженерных оросительных системах.

Потребность в таких плитах необычайно высока. По данным Управления «Волгоградмелиоводхоз», более 660 км магистральных каналов государственных оросительных систем нуждается в противофильтрационных одеждах (таблица 1).

Расчёты по укрупнённым показателям, приведённые к стандартным размерам плиты в соответствии с ГОСТ 22930-87, указывают на потребность в них в количестве около 1,9 млн штук, и это без учёта потребности в облицовке сбросных каналов.

Кроме того, с учетом в перспективе строительства обводного канала для обводнения Волго-Ахтубинской поймы протяжённостью 32 км и расходных характеристик 200 и 1000 м³/сек в межень и половодье соответственно, проектные разработки которого стали доступны для научной общественности, провизорные расчёты показывают необходимость в плитах в количестве около 90 тыс. штук.

Таблица 1 – Наличие и потребность противофильтрационных облицовок на каналах оросительных систем Волгоградской области

Table 1 – Availability and need of anti-filtration cladding on the canals of irrigation systems of the Volgograd region

№	Наименование оросительной системы / Name of the irrigation system	Протяжённость магистральных каналов, всего, км / The length of the main canals, total, km	В том числе имеют облицовку, км / Including with cladding, km	Потребность / Requirement	
				км / km	%
1	Большая Волгоградская Bolshaya Volgogradskaya	78,50	50,00	28,5	36,3
2	Среднеакhtubинская Sredneakhtubinskaya	22,60	10,20	12,4	54,9
3	Городищенская Gorodishchenskaya	85,12	66,02	19,1	22,4
4	Калачёвская Kalachevskaya	9,90	9,57	0,33	3,3
5	Оленьевская Olenevskaya	6,99	5,30	1,69	24,2
6	Генераловская Generalovskaya	69,54	4,65	64,89	93,3
7	Котельниковская Kotelnikovskaya	12,77	12,77	0,0	0,0
8	Тажинская Tazhinskaya	30,00	18,80	11,2	37,3
9	Ленинская Leninskaya	130,66	0,00	130,66	100,0
10	Волго-Ахтубинская Volga-Akhtubinskaya	-	-	-	-
11	Кисловская Kislovskaya	111,27	75,76	35,51	31,9
12	Заволжская Zavolzhskaya	99,42	99,42	0,0	0,0
13	Палласовская Pallasovskaya	202,85	0,00	202,85	100,0
14	Иловатская Ilovatskaya	4,20	4,20	0,0	0,0
15	Райгородская Raygorodskaya	124,44	5,09	119,35	95,9
16	Варваровская Varvarovskaya	39,78	4,90	34,88	87,7
17	Ильмень-Суворовская Ilmen-Suvorovskaya	13,30	13,30	0,0	0,0
Итого Total		1041,34	379,98	661,36	63,5

Оросительные системы Астраханской области, такие как Калмыкско-Астраханская рисовая, Ушаковская рисовая и др., также не имеют противофильтрационных облицовок.

Однако, при многих положительных качествах, рассматриваемые плиты имеют и некоторые недостатки, основным из которых является наличие металлической арматуры, что является сдерживающим фактором для их широкого использования с учетом постоянно увеличивающейся стоимости металла.

В настоящее время в зависимости от марки стали и состава композита арматуры стоимость 1 п.м. составляет: стальной – 64,0-208,0 руб.; композитной – 29,8-39,6 руб., т.е. стоимость стальной превышает стоимость композитной от 2,1 до 5,3 раза, более того, полимерная арматура обладает меньшим весом, не вступает в реакцию с водой и не поддается коррозии.

Задачей исследования является разработка новых типов плит для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем, снижение их стоимости и увеличение несущей способности на основе теоретического и экспериментального изучения их работы.

В работе проведены конструирование и расчёт канальных облицовочных плит, где вместо металлической арматуры применяется композитная с различными химическими и физическими свойствами.

Ограничения применимости композитной арматуры основывается на необратимости изменения водно-механических свойств полимерной матрицы при высоких температурах (например, при пожаре), когда наступает процесс стеклования. Температура стеклования для НКА зависит от типа матрицы и находится в диапазоне от 70 до 175 градусов [1, 11, 13]. Однако данная проблема не является актуальной для конструкций мелиоративных каналов.

Для НКА коэффициент надежности по материалу установлен только в европейских нормах. В итальянских нормах CNR-DT 203 установлено значение коэффициента $\gamma=1,5$ для расчетов по первому предельному состоянию и 1,0 для второго. В бюллетене fib и ModelCode (2010) предложено для первого предельного состояния принимать значение коэффициента надежности γ не менее 1,25. В нормах ACI коэффициент γ_R как таковой отсутствует, однако нормативное (гарантированное производителем) значение определяется с обеспеченностью 0,9986 (3 σ), при этом дополнительно учитывается обобщенный коэффициент надежности (запаса) $\phi=0,5-0,7$.

Материалы и методы. В исследовании применялись общенаучные методы познания, такие как анализ и синтез различных уровней с применением апробированных методов расчета и конструктивно-технологических решений для создания и ремонта железобетонных облицовок мелиоративных каналов с целью снижения стоимости и потерь воды на фильтрацию из гидромелиоративных систем при транспортировке воды. Для исследования возможности применения НКА рассмотрена плита марки ПKN60.20, форма и размеры плиты, а также её показатели материалоемкости приняты в соответствии с действующими нормативными государственными требованиями, такими как ГОСТы, СНиПы, СП.

Основные показатели плиты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели материалоемкости плиты ПKN60.20

Table 2 – Indicators of the material capacity of the PKN60.20 plate

Марка плиты / Grade of the plate	Основные размеры плиты, мм / Main dimensions of the plate, mm			Расход материала / Material consumption		Масса плиты (справочная), т / Plate weight (reference), t
	l	h	a_1	Бетон, м ³	Сталь, кг	
ПKN60.20	6000	2000	1250	0,72	29,7	1,80

Определение прочности и трещиностойкости плит по достижении бетоном прочности на сжатие в проектном возрасте выполняют нагружением. Бетон тяжелого класса В22,5 ($R_b = 12,5\text{МПа}$), напрягаемая арматура класса Вр-II ($R_s = 1045\text{МПа}$), 7 стержней в нижней части, 6 с верху.

Схема опирания и загрузки плиты при испытании ее нагружением приведена на рисунке 1, где a_1 – расстояние от края плиты до монтажных петель.

Контрольная нагрузка при испытании плиты на прочность и трещиностойкость $q = 1,62 \text{ кПа}$ (165 кг/м^2), нагрузка при определении ширины раскрытия трещин плиты равна 85 % контрольной. Контрольная ширина раскрытия трещин при испытании плиты по трещиностойкости не должна превышать 0,2 мм. Положение стержней напрягаемой арматуры и арматурных каркасов представлено на рисунке 2.

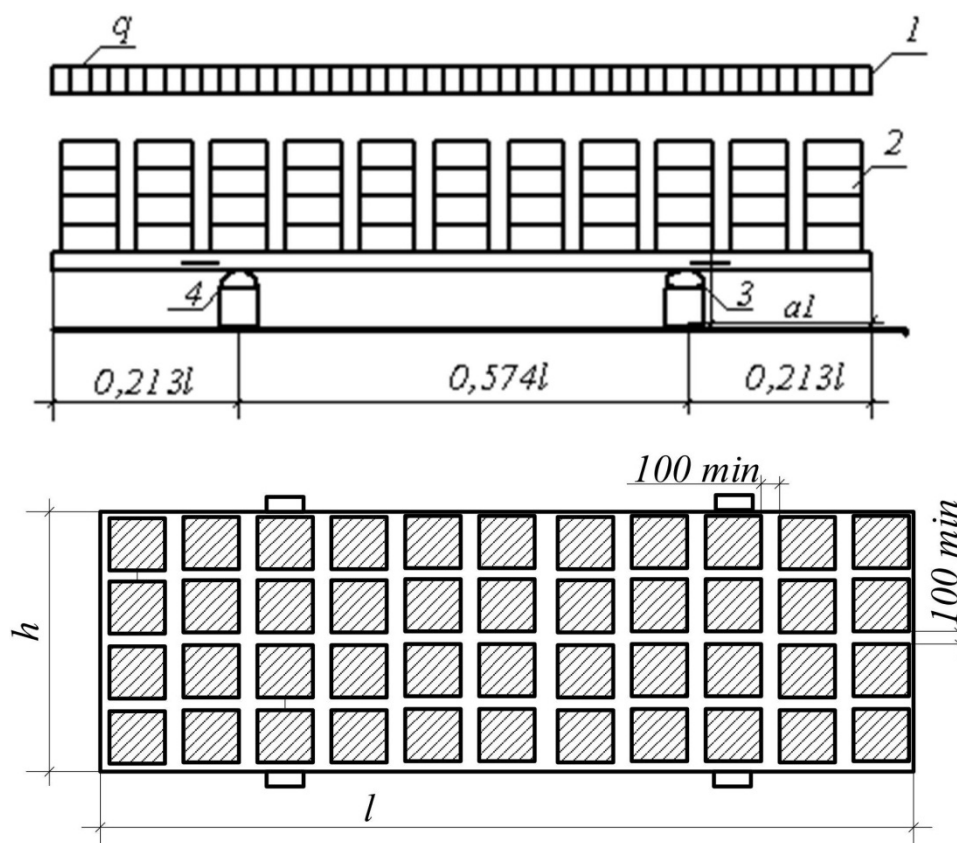


Рисунок 1 – Схема загрузки плиты при испытании:
1 – теоретическая схема нагрузки; 2 – нагрузка; 3 – подвижная опора;
4 – неподвижная опора

Figure 1 – Diagram of loading the plate during the test:
1 – theoretical load diagram; 2 – load; 3 – movable support; 4 – fixed support

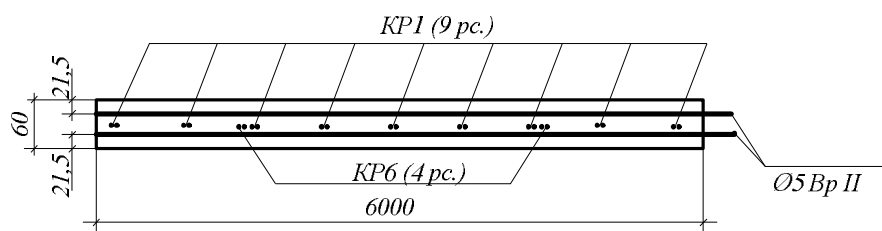


Рисунок 2 - Армирование плиты ПKN60.20, продольный разрез

Figure 2 – Reinforcement of the PKN60.20 plate, longitudinal section

Спецификация и выборка напрягаемой арматуры на одну плиту приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Спецификация и выборка напрягаемой арматуры на одну плиту

Table 3 – Specification and selection of tensioned fittings per plate

Марка плиты / Grade of the plate	Позиция/ Position	Диаметр, мм/ Diame- ter, mm	Длина, мм/ Length, mm	Количество/ Quantity	Масса, кг /Weight, kg	
					одной пози- ции / one posi- tion	всего / total
ПKN60.20	1	5	6140	13	0,95	12,35

Напряжение в напрягаемой арматуре, контролируемое по окончании натяжения, – 804,1 МПа. Для нахождения изгибающего момента и поперечной силы при расчёте необходимо учитывать собственный вес плиты, определяемый по формуле 1:

$$q_{\text{constr}} = \gamma_b \times l \times h \times \gamma_f = 25 \text{ кН/м}^3 \times 6 \text{ м} \times 0,06 \text{ м} \times 1,1 = 9,9 \text{ кН/м}, \quad (1)$$

где γ_b – удельный вес железобетона, l – длина плиты, h – толщина (высота), γ_f – коэффициент надежности по нагрузке.

Суммарная нагрузка на плиту будет определяться по формуле 2:

$$q = q_{\text{constr}} + q_{\text{исп}} = 9,9 + 1,62 = 11,52 \text{ кН/м}. \quad (2)$$

Используя известные выражения строительной механики, определили наибольший изгибающий момент и поперечные силы, на рисунке 3 они представлены графически.

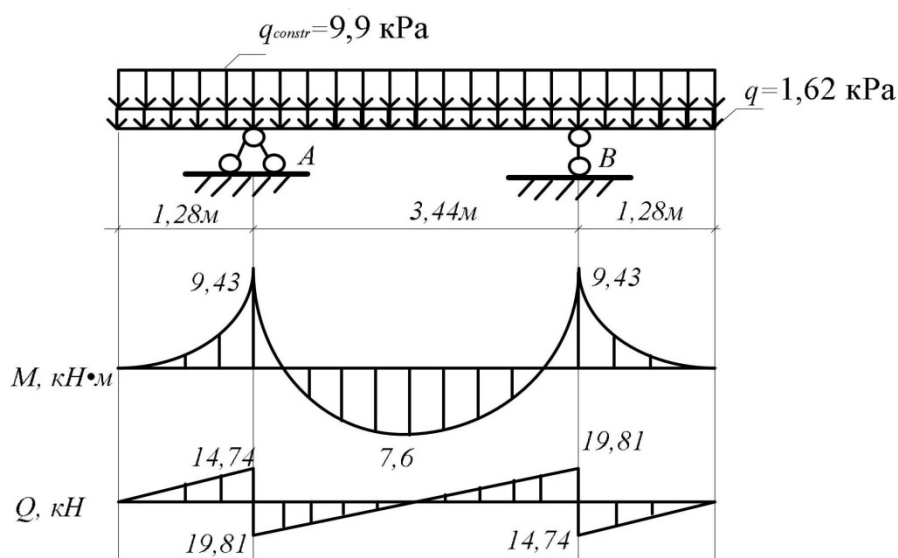


Рисунок 3 – Расчётная схема, эпюры изгибающих моментов и поперечных сил

Figure 3 – Calculation scheme, diagrams of bending moments and transverse forces

Результаты и обсуждение. Подбор сечений рабочей неметаллической арматуры плиты произведён на основании прочностных характеристик композитной арматуры, представленных в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики НКА при растяжении

Table 4 – Characteristics of non-metallic composite reinforcement under tension

Наименование показателя / Name of the indicator	Ед. Изм. / ed.ed.	Стеклокомп. АСК /Glass composite reinforcement	Углекомп. АУК / Carbon-composite reinforcement	Арамидокomp. ААК/ Aramid Composite rein- forcement
Предел прочности при растяжении / Ultimate tensile strength	МПа / MPa	450-1600	600-3500	1000-2500
Модуль упругости при растяжении / Tensile modulus of elasticity	ГПа / GPa	35-60	100-580	40-125
Предельная относительная деформация / Maximum relative deformation	%	1,2-3,7	0,5-1,7	1,9-4,4

Как наиболее распространённую, геометрически сходную с Вр -II принимаем стеклопластиковую арматуру диаметром 4,77 мм, площадью поперечного сечения $S = 17,83 \text{ мм}^2$ $R_s = 1100 \text{ Н/мм}^2$. Определяем h_0 – рабочую высоту сечения по формуле (3):

$$h_0 = h - a_{sp} = 60 - 21,5 = 38,5 \text{ мм}, \quad (3)$$

где a_{sp} – расстояние от равнодействующей усилий в арматуре до ближайшей грани сечения.

При расчете на прочность напряженных конструкций с композитной арматурой необходимо учитывать предварительные напряжения, а также их потери [3]. Для стеклопластиковой арматуры предварительные напряжения находятся по формуле 4:

$$\sigma_{fp} = 0,45 \cdot R_{f,n} = 0,45 \cdot 1100 = 495 \text{ МПа}, \quad (4)$$

где $R_{f,n}$ – сопротивление растяжению; потери от релаксации: $\sigma_{fp2} = 0,2 \cdot \sigma_{fp} = 0,2 \cdot 495 = 99 \text{ МПа}$, потери от температурного перепада: $\sigma_{fp3} = 1,25 \cdot \Delta t = 1,25 \cdot 65 = 78 \text{ МПа}$, потери от деформации стальной формы: $\sigma_{fp4} = 30 \text{ МПа}$.

Предварительное напряжение с учетом всех потерь найдем по формуле (5):

$$\sigma_{sp} = 495 - 99 - 78 - 30 = 288 \text{ МПа}. \quad (5)$$

Расчет прочности нормальных сечений бетонных конструкций с НКА следует производить в зависимости от соотношения между значением относительной высоты сжатой зоны $\xi = \frac{x}{h_0}$, определяемым из соответствующих условий равновесия, и значением граничной относительной высоты сжатой зоны ξ_R , при котором предельное состояние элемента наступает одновременно с достижением в растянутой арматуре напряжения, равного расчётному сопротивлению R_s

Значение ξ_R определим по формуле:

$$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{\omega}{1 + \frac{\varepsilon_f}{\varepsilon_{b2}}}, \quad (6)$$

где $\omega = 0,8$; ε_{b2} принимаем по [4], равной 0,0035; $\varepsilon_f = \frac{R_s + 400 - \sigma_{sp}}{E_s}$ – расчетное значение предельных относительных деформаций композитной полимерной арматуры, σ_{sp} – предварительное напряжение, E_s – модуль упругости арматуры, R_s – расчётное сопротивление арматуры.

Подставляя в выражение (6) необходимые величины, рассчитали, что $\xi_R = 0,099$.

При расчете элемента в стадии предварительного обжатия усилие в напрягаемой арматуре вводится в расчет как внешняя продольная сила, равная:

$$N_p = (\sigma'_{sp} - 330)A'_{sp} + \sigma_{sp} \cdot A_{sp}, \quad (7)$$

где σ'_{sp} и σ_{sp} – предварительные напряжения с учетом первых потерь в арматуре с соответствующей площадью A'_{sp} и A_{sp} .

Подставляя в выражение (7) необходимые величины, рассчитали усилие от предварительного обжатия $N_p = 71248,68 \text{ Н}$.

Учитывая величину $\xi_R = 0,099$, определили высоту сжатой зоны бетона по следующей формуле:

$$x = \frac{N_p + R_s A_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R}}{R_b b + \frac{2 R_s A_s}{h_0 (1 + \xi_R)}}. \quad (8)$$

Подставив значения, найдем высоту сжатой зоны $x = 6,8$ мм. Остается проверить выполнение условия прочности по моментам, момент от расчетной нагрузки равен:

$$M_r = R_s \cdot A_s \cdot \left(h_0 - \frac{x}{2}\right) = 17,45 \cdot 7 \cdot 1100 \cdot \left(38,5 - \frac{6,8}{2}\right) = 4,58 \cdot 10^6 \text{ Нмм} \quad (9)$$

$$M_r = 4,58 \text{ кНм} < M = 9,43 \text{ кНм}.$$

Условия прочности не выполняется, если принять стеклопластиковую арматуру диаметром 8 мм, то

$$M_r = R_s \cdot A_s \cdot \left(h_0 - \frac{x}{2}\right) = 40,7 \cdot 7 \cdot 1100 \cdot \left(38,5 - \frac{16,7}{2}\right) = 9,45 \cdot 10^6 \text{ Нмм} \quad (10)$$

$$M_r = 9,45 \text{ кНм} > M = 9,43 \text{ кНм} - \text{условие прочности выполняется.}$$

Аналогичные расчёты по подбору сечения при соответствующих принятых характеристиках арматуры выполнены для углекомпонитной и арамидокомпонитной арматуры. Результаты расчётов, проведённых в соответствии с требованиями ГОСТ, приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Минимальный диаметр НКА для армирования плит ПKN60.20

Table 5 – Minimum diameter of the NCR for reinforcement of PKN60.20 plates

Наименование показателя	Ед. Изм. / ed.ed.	Стеклокомп. АСК / Glass composite reinforcement	Углекомп. АУК / Carbon-composite reinforcement	Арамидокомп. ААК / Aramid Composite reinforcement
Предел прочности при растяжении / Ultimate tensile strength	Мпа / МПа	1100	1700	1500
Модуль упругости при растяжении / Tensile modulus of elasticity	Гпа / GPa	50	250	60
Диаметр по сортаменту / Diameter by grade	мм / mm	8	6	8

Выводы. Для выбранной канальной плиты толщиной 60 мм возможно произвести замену стальной напрягаемой арматуры марки Вр-II Ø 5 мм на композитную стеклопластиковую арматуру Ø 8мм, в верхней и нижней зонах, а также уменьшить защитный слой бетона и, соответственно, толщину плиты, уменьшив при этом её вес и давление на откос канала, расчёт которых будет произведён и показан в следующих публикациях.

В полном объёме композитная арматура не заменит стальную в конструкциях, но займет определенный сегмент в мелиоративном строительстве, так как обладает многими достоинствами, основными из которых является её стоимость, устойчивость к коррозии и долговечность.

Библиографический список

1. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Совершенствование технологии реконструкции оросительных каналов с применением инновационного материала // Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции, проведенной в рамках Международного научно-практического форума, посвященного 75-летию Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 гг. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2020. Том 3. С. 123-130.

2. Абдразаков Ф. К. Ресурсосберегающие технологии и машины для интенсификации мелиоративного производства. Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, 2019. 164 с.

3. Беккер А. Т., Уманский А. М. Перспективы применения композитной арматуры // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. № 2. С. 7.

4. Окольников Г. Э., Курлин М., Йочич М. Способы повышения морозостойкости железобетонных конструкций из высокопрочного фибробетона // Системные технологии. 2021. № 38. С. 89-93.

5. Перспективы применения композитной арматуры в морском гидротехническом строительстве / А. В. Завгороднев [и др.] // Горный информационный бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 54-9. С. 137-148.

6. Рукавишников А. А., Абдразаков Ф. К. Исключение непроизводительных потерь водных ресурсов из оросительной сети за счет использования инновационных облицовочных материалов // Аграрный научный журнал. 2019. С. 91-94.

7. Рукавишников А. А., Абдразаков Ф. К. Интенсификация мелиоративного производства путём совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. С. 6-9.

8. Семененко С. Я., Марченко С. С. Экспериментальные испытания бетонных балок с композитной арматурой // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2021. Том 3. С. 240-242.

9. Углепластики: технология получения и определение механических характеристик / В. Н. Манхиров [и др.] // Вестник БГУ. Химия. Физика. 2019. № 2-3. С. 12-19.

10. Compressive strength of lightweight expanded polystyrene basalt fiber concrete / G. Okolnikova [et al.] // International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science. 2020. V. 329. 04010. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202032904010>

11. Karbhari V. M., Chin J. W., Dunston D. Durability Gap Analysis for Fiber-Reinforced Polymer Composites in Civil Infrastructure // Journal of Composites for Construction. 2018. P. 238-247.

12. Kumahara S., Masuda Y., Tanano Y. Tensile Strength of Continuous Fiber Bar under High Temperature // International Symposium on Fiber-Reinforcement-Plastic Reinforcement for Concrete Structures. American Concrete Institute. 2017. V. 16. Pp. 278-283.

13. Wang N., Evans J. T. Collapse of Continuous Fiber Composite Beams at Elevated Temperatures // Journal of Composites. 2017. V. 37 (1). P. 56-61.

Conclusion. For the selected canal plate with a thickness of 60 mm, it is possible to replace the steel tension reinforcement of the Bp-II grade with a diameter of 5 mm, with composite fiberglass reinforcement Ø6 mm., in the upper and lower zones, as well as to reduce the protective layer of concrete, and, accordingly, the thickness of the plate, while reducing its weight and pressure on the canal slope. Due to the fact that the corrosion resistance of fiberglass reinforcement is incomparably higher than steel, the protective layer of concrete and, accordingly, the thickness of the plate can be reduced. Polymer rods have a lower weight compared to metal. Their use allows you to reduce the load on the base. The material does not react with water and does not corrode.

In full, composite reinforcement will not replace steel in structures, but will occupy a certain segment in reclamation construction, since it has many advantages, the main of which are its cost, corrosion resistance and durability.

References

1. Abdrazakov F. K., Rukavishnikov A. A. Sovershenstvovanie tehnologii rekonstrukcii orositel'nykh kanalov s primeneniem innovacionnogo materiala // Optimizatsiya sel'skohozyajstvennogo zemlepol'zovaniya i usilenie jeksportnogo potentsiala APK RF na osnove konvergentnykh

технологий: материалы Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, provedennoj v ramkah Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma, posvyaschennogo 75-letiyu Pobedy v Velikoj Otechestvennoj vojne 1941-1945 gg. Volgograd: FGBOU VO Volgogradskij GAU, 2020. Vol. 3. P. 123-130.

2. Abdrazakov F. K. Resursosberegayushchie tehnologii i mashiny dlya intensivizatsii meliorativnogo proizvodstva. Saratov: FGBOU VO Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. N. I. Vavilova, 2019. 164 p.

3. Bekker A. T., Umanskij A. M. Perspektivy primeneniya kompozitnoj armatury // Vestnik Inzhenernoj shkoly Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. 2018. № 2. P. 7.

4. Okol'nikova G. }, Kurlin M., Jochich M. Sposoby povysheniya morozostojkosti zhelezobetonnykh konstrukcij iz vysokoprochnogo fibrobetona // Sistemnye tehnologii. 2021. № 38. S. 89-93.

5. Perspektivy primeneniya kompozitnoj armatury v morskome gidrotehnicheskom stroitel'stve / A. V. Zavgorodnev [i dr.] // Gornyj informacionnyj byulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2014. № 54-9. P. 137-148.

6. Rukavishnikov A. A., Abdrazakov F. K. Isklyuchenie neproizvoditel'nykh poter' vodnykh resursov iz orositel'noj seti za schet ispol'zovaniya innovacionnykh oblicovochnykh materialov // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2019. P. 91-94.

7. Rukavishnikov A. A., Abdrazakov F. K. Intensifikatsiya meliorativnogo proizvodstva putem sovershenstvovaniya tehnologii rekonstrukcii i stroitel'stva orositel'nykh kanalov // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2019. P. 6-9.

8. Semenenko S. Ya., Marchenko S. S. Jeksperimental'nye ispytaniya betonnykh balok s kompozitnoj armaturoj // Innovacionnye tehnologii v agropromyshlennom komplekse v sovremennykh jekonomicheskikh usloviyah: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Volgograd, 2021. Vol. 3. P. 240-242.

9. Ugleplastiki: tehnologiya polucheniya i opredelenie mehanicheskikh harakteristik / V. N. Manhirov [i dr.] // Vestnik BGU. Himiya. Fizika. 2019. № 2-3. P. 12-19.

10. Compressive strength of lightweight expanded polystyrene basalt fiber concrete / G. Okolnikova [et al.] // International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science. 2020. V. 329. 04010. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202032904010>

11. Karbhari V. M., Chin J. W., Dunston D. Durability Gap Analysis for Fiber-Reinforced Polymer Composites in Civil Infrastructure // Journal of Composites for Construction. 2018. P. 238-247.

12. Kumahara S., Masuda Y., Tanano Y. Tensile Strength of Continuous Fiber Bar under High Temperature // International Symposium on Fiber-Reinforcement-Plastic Reinforcement for Concrete Structures. American Concrete Institute. 2017. V. 16. Pp. 278-283.

13. Wang N., Evans J. T. Collapse of Continuous Fiber Composite Beams at Elevated Temperatures // Journal of Composites. 2017. V. 37 (1). P. 56-61.

Author's Information

Semenenko Sergey Yakovlevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd Agrarian University (40002, Russian Federation, Volgograd, Universitetskij Avenue, 26), phone 8(961)-068-52-07

Marchenko Sergey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Volgograd Agrarian University (40002, Russian Federation, Volgograd, Universitetskij Avenue, 26), phone 8(909)-377-95-99

Ar'kov Dmitrij Petrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Volgograd Agrarian University (40002, Russian Federation, Volgograd, Universitetskij Avenue, 26), phone 8(917)722-19-44

Информация об авторах

Семененко Сергей Яковлевич, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: sergeysemenenko@list.ru, телефон 8(961)-068-52-07

Марченко Сергей Сергеевич, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), кандидат технических наук, доцент, e-mail: marchenkosergey@mail.ru, телефон: 8(909)377-95-99.

Арков Дмитрий Петрович, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), кандидат технических наук, доцент, e-mail: arkov-dmitriy@rambler.ru, телефон: 8(917)722-19-44.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-39

IMPROVING THE RELIABILITY OF CONCRETE ELEMENTS OF RECLAMATION SYSTEMS

E. V. Vasilyeva¹, V. M. Fedorov²

¹ South Russian State Polytechnic University named after M.I. Platov, Novocherkassk

² Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A. K. Kortunov –
branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk

Received 19.08.2021

Submitted 29.11.2021

Abstract

Introduction. Reclamation systems play an important role in the life of society. Through channels and pipelines, water is supplied to arid lands and fields of arid and low-water areas, distributed over them, ensuring the creation of agricultural production, expanding livestock and poultry farming, increasing crop yields. The purpose of the study was to increase the operational reliability of reinforced concrete elements (slabs, pipes) of reclamation systems through the use of limestone components in concrete-limestone crushed stone and limestone dust. **Materials and methods.** Concrete compositions for reinforced concrete slabs were compared with the use of crushed stone from sandstone and limestone, standard samples-cubes were formed from concrete mixtures on a vibrating table, then they were subjected to heat and moisture treatment, and to assess operational qualities, they were tested for strength. Limestone dust was introduced into the concrete mixture for centrifuged pipes, instead of a part of sand (cement). The amount of water was selected experimentally, from the conditions for obtaining equally mobile mixtures, standard prisms and cylinders were formed from them, they were subjected to heat and moisture treatment and, to assess operational reliability, bending, compression, splitting tests were performed. **Results and conclusions.** The conducted studies have shown that the use of limestone crushed stone slabs in concrete increases, on average, the strength indicators by 20%, and the addition of limestone dust reduces the consumption of cement by 25%, without worsening the strength indicators of centrifuged concrete. When dust is added in the amount of 20-30% of the cement mass, the strength indicators of the concrete increase by 25-40%, without increasing the cement consumption, thereby increasing the quality and reliability of pipes. The expediency of using limestone crushed stone and limestone dust in concrete to improve the operational qualities and reliability of reinforced concrete slabs and pipes, widely used in the country's reclamation systems, is justified. Production tests have confirmed that concrete based on limestone components provides increased strength, crack resistance and water resistance, which ensures the safety, reliability and durability of reclamation systems.

Keywords: reclamation systems, reliability, reinforced concrete slabs and pipes, concrete aggregates, strength, defects in concrete, cement hydration, limestone rubble and dust, adhesion of cement stone and fillers, diffuse layer, crystal bonds, standard samples, strength indicators.

Citation. Vasilyeva E.V., Fedorov V. M. Improving the reliability of concrete elements of reclamation systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 390-400 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-39.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in the planning, implementation 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 631.672.4

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Е. В. Васильева¹, кандидат технических наук
В. М. Федоров², доктор технических наук

¹ Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
им. М. И. Платова, г. Новочеркасск, Россия

² Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А. К. Кортунова –
филиал Донского государственного аграрного университета, г. Новочеркасск, Россия

Дата поступления в редакцию 19.08.2021

Дата принятия к печати 29.11.2021

Актуальность. Мелиоративные системы играют важную роль в жизнедеятельности общества. По каналам и трубопроводам вода подается на засушливые земли и поля безводных и маловодных районов, распределяется по ним, что обеспечивает создание сельскохозяйственных производств, расширяет животноводство и птицеводство, увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур. Целью исследования являлось повышение эксплуатационной надежности железобетонных элементов (плит, труб) мелиоративных систем за счет использования в бетонах известняковых компонентов – известнякового щебня и известняковой пыли. **Материалы и методы.** Сопоставлялись составы бетонов для железобетонных плит с использованием щебня из песчаника и известняка, из приготовленных смесей на виброуплотняющем столе изготавливались бетонные кубики с ребром 100 мм, затем для ускоренного набора прочности они помещались в лабораторную пропарочную камеру, а для оценки надежности подвергались испытаниям на прочность. В используемую для изготовления центрифугированных железобетонных напорных труб мелкозернистую цементно-песчаную смесь добавляли известняковую пыль вместо части песка или цемента. Исходя из необходимости сравнения равноподвижных цементно-песчаных смесей для изготовления стандартных призматических и цилиндрических образцов объем воды подбирали экспериментальным путем. Из подобранных смесей на виброуплотняющем столе и лабораторной центрифуге изготавливали, соответственно, образцы-призмы и образцы-цилиндры, после их подвергали тепловлажностной обработке и для оценки эксплуатационной надежности производили испытания на изгиб, сжатие, раскалывание. **Результаты.** Проведенные исследования показали, что использование в бетоне плит известнякового щебня повышает прочностные показатели в среднем на 20 %, а добавление известняковой пыли – на 25 % уменьшает расходование цемента без снижения показателей прочности бетона для центрифугированных труб. При добавлении известняковой пыли в количестве 20-30 % по отношению к массе цемента прочностные показатели мелкозернистого цементно-песчаного бетона без увеличения расхода цемента увеличиваются на 25-40 %, тем самым повышаются эксплуатационные качества и долговечность труб. **Выводы.** Обоснована целесообразность применения известнякового щебня и известняковой пыли в бетонных смесях с целью повышения качества, надежности и долговечности бетонных и железобетонных плит и труб, массово используемых на водохозяйственных объектах страны. Производственными испытаниями подтверждено, что бетоны на известняковых компонентах обеспечивают повышенные показатели прочности, трещиностойкости и водонепроницаемости, что обеспечит безопасность, надежность и долговечность мелиоративных систем.

Ключевые слова: надежность мелиоративных систем, заполнители бетона, гидратация цемента, бетонные элементы мелиоративных систем.

Цитирование. Васильева Е. В., Федоров В. М. Повышение надежности бетонных элементов мелиоративных систем. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 390-400. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-39.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования непосредственно участвовали в постановке проблемы, планировании исследования, анализе, в изложении выводов и подготовке предложений производству. Авторы настоящей статьи изучили и одобрили представленный в окончательном виде вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Мелиоративные системы играют важную роль в жизнедеятельности общества. По каналам и трубопроводам вода подается на засушливые земли и поля безводных и маловодных районов, распределяется по ним, что обеспечивает создание сельскохозяйственных производств, расширяет животноводство и птицеводство, увеличивает урожайность сельскохозяйственных культур [2, 4, 6, 9, 12]. Транспортирование воды к местам ее потребления производится по облицованным каналам и трубопроводам мелиоративных систем. Каналы облицовывают обычно железобетонными плитами, а трубопроводы во многих случаях выполняют из железобетонных (бетонных) труб. Поэтому безопасность и надежность такого рода элементов мелиоративных систем являются обязательными [1, 10, 13]. Ведь потери воды через дефекты канала или трубопровода не только увеличат стоимость водоподачи, но и приведут к подъему уровня грунтовых вод, засолению и заболачиванию прилегающих территорий.

Эксплуатационная надежность железобетонных элементов мелиоративных систем в большинстве своем зависит от качества бетона, которое определяется в основном активностью и видом цемента, прочностью, строением, чистотой и некоторыми другими свойствами заполнителя [3, 5, 7, 8, 11]. Прочность бетона зависит от прочности отдельных его составляющих – когезионной прочности, прочности сцепления составляющих бетона между собой – адгезионной прочности и монолитности структуры бетона. Из-за дефектов в структуре бетона обычно и происходит его разрушение. К дефектам следует отнести микропоры в цементном камне, микропоры в бетоне, образовавшиеся в процессе изготовления железобетонных элементов, трещины от внутренних напряжений из-за неравномерного распределения температуры и влажности, а также уменьшение прочности бетона на контакте цементного камня и заполнителя. Снижение числа дефектов в структуре бетона достигается применением цементов высокой активности, высокопрочных и чистых заполнителей, жестких бетонных смесей, высокоэффективных способов уплотнения. Что касается уменьшения прочности бетона на контакте цементного камня и заполнителя, то минимизировать ослабление адгезионной прочности можно путем выбора цемента и заполнителей, активно взаимодействующих друг с другом в составе бетонной смеси.

Материалы и методы. Из большого числа заполнителей особый интерес для практики представляет известняк, который благодаря особенностям кристаллохимического строения обладает способностью к физико-химическому взаимодействию с продуктами гидратации цемента. Исследованиями отечественных ученых [3, 5, 7, 8] установлено, что прочность сцепления цементного камня с известняком составляет $7,8 \text{ кг/см}^2$, с песчаником – $0,25 \text{ кг/см}^2$, с кварцем – $0,17 \text{ кг/см}^2$, с гранитом – $0,15 \text{ кг/см}^2$. Таким образом, величина сцепления цементного камня с известняком существенно выше, чем с другими видами заполнителей. Обусловлено это комплексным физико-химическим взаимодействием продуктов гидратации цемента с поверхностным слоем карбонатного заполнителя, в результате чего образуется зона соприкосновения пограничных слоев вяжущего и заполнителя и разделяющей поверхности между ними. При контакте вяжущего и известнякового заполнителя поверхность раздела исчезает, превращаясь в промежуточный диффузный слой. Если взаимодействия вяжущего и известнякового заполнителя не происходит, то и промежуточный диффузный слой не образуется, что приводит к ослаблению адгезии цементного камня с поверхностью заполнителя. Для сравнительных ис-

пытаний за основу были приняты заводские составы плит марок НПК, ПК, ПОН. Составы бетонов для плит одной марки отличались породой используемого щебня (песчаник, известняк). Из равноподвижных смесей на вибростоле формовали стандартные образцы-кубы размером $100 \times 100 \times 100$ мм, далее их подвергали тепловлажностной обработке (ТВО) по режиму $2 + 3 + 6 + 4$, после чего испытывали на сжатие. Благоприятное влияние на формирование и упрочнение структуры бетона может оказать и известняковая пыль. Участвуя в образовании вокруг зерен заполнителя диффузной структурированной оболочки, наибольшая прочность которой достигается у поверхности заполнителя, известняковая пыль уменьшает ширину контактной зоны и сближает частицы заполнителя, создавая оптимальные условия для дополнительной кристаллизации продуктов гидратации, что и ведет к образованию более прочных кристаллических связей между составляющими цементно-песчаного бетона. В используемую для изготовления железобетонных напорных труб цементно-песчаную смесь заводского состава известняковая (или керамзитовая) пыль добавлялась взамен части песка или цемента. Исходя из необходимости сравнения равноподвижных цементно-песчаных смесей объем воды в опытах подбирали экспериментальным путем. Из подобранных для каждого опыта составов цементно-песчаных смесей изготавливали призматические образцы (размер поперечного сечения 40×40 мм, длина 160 мм) и имеющие высоту и диаметр 30 мм образцы-цилиндры. Призматические образцы формовали на виброуплотняющем столе, а цилиндрические – в лабораторной центрифуге, изображенной на рисунке 1, в специально изготовленных металлических формах.

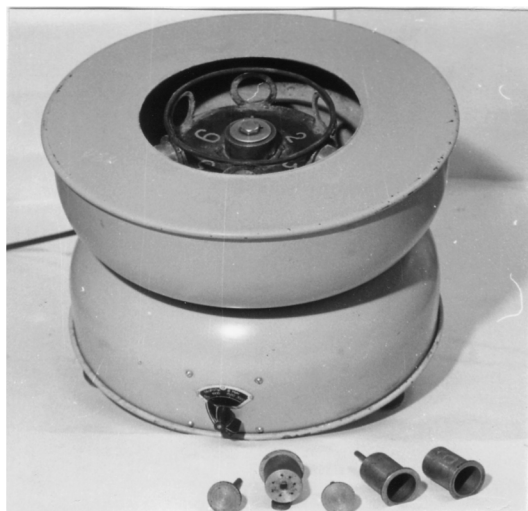


Рисунок 1 – Центрифуга и металлические формы для изготовления образцов-цилиндров

Figure 1 – Centrifuge and metal molds for the manufacture of sample cylinders

Далее как призматические, так и цилиндрического типа образцы из мелкозернистого цементно-песчаного бетона подвергали тепловой обработке по режиму $4 + 3 + 6 + 4$ в лабораторной пропарочной камере. Затем призматические бетонные образцы испытывали на изгиб, на сжатие испытывались полученные после испытаний на изгиб их половинки, а на раскалывание вдоль образующей испытывались цилиндрические образцы.

Результаты и обсуждение. В нижеприведенных таблицах 1 и 2 приведены составы и результаты испытаний бетонов плит (НПК, ПК, ПОН), соответственно, на щебне из песчаника Потаповского карьера и известняковом щебне Жирновского месторождения в Ростовской области.

Таблица 1 – Составы и прочность бетона на Потаповском щебне

Table 1 – Compositions and strength of concrete on Potapovsky crushed stone

№ Состава / No. compositi on	Расход материалов, кг/м ³ / Consumption of materials, kg/m ³				Ц/В / cement- water ratio	Подвижность бетонной смеси, см / Mobility of concrete mix, cm	Прочность бетона на сжатие после ТВО, МПа / Com- pressive strength of concrete after heat and moisture treat- ment, MPa
	Цемент / Cement	Песок / Песок	Щебень / Crushed stone	Вода / Water			
1	450	505	1250	210	2,14	6-8	24,4
2	430	525	1255	210	2,05	6-8	22,4
3	410	535	1265	210	1,95	6-8	20,5

Таблица 2 – Составы и прочность бетона на Жирновском щебне

Table 2 – Compositions and strength of concrete on Zhirnovsky crushed stone

№ Состава / No. compositi on	Расход материалов, кг/м ³ / Consumption of materials, kg/m ³				Ц/В / cement- water ratio	Подвиж- ность бетон- ной смеси, см / Mobility of concrete mix, cm	Прочность бетона на сжатие после ТВО, МПа / Compressive strength of concrete after heat and moisture treatment, MPa
	Цемент / Cement	Песок / Песок	Щебень / Crushed stone	Вода / Water			
1	450	505	1250	200	2,25	6-8	29,8
2	430	525	1255	200	2,15	6-8	26,9
3	410	535	1265	200	2,05	6-8	24,2

Как следует из приведенных в таблицах данных, использование в составах смесей известнякового щебня, вступающего в физико-химическое взаимодействие с продуктами гидратации цемента и увеличивающего адгезию между компонентами бетона, повышает в среднем на 20 % и прочностные показатели бетона плит (НПК, ПК, ПОН).

Что касается влияния известняковой пыли на формирование и упрочнение структуры бетона, то приведенными в таблицах 3 и 4 данными подтверждено разное влияние известняковой и керамзитовой пыли на прочностные показатели центрифугированного бетона железобетонных труб.

Таблица 3 – Влияние известняковой пыли на прочность бетона

Table 3 – The effect of limestone dust on the strength of concrete

№ Состава / No. compositi on	Цемент, кг/м ³ / Cement, kg/m ³	Известняковая пыль / Limestone dust		Прочность образцов после ТВО / Strength of samples after heat and moisture treatment					
				$R_{\text{изгиб}} / R_{\text{bending}}$		$R_{\text{сжатие}} / R_{\text{compression}}$		усилие на рас- калывание / splitting force	
		кг/м ³ / kg/m ³	% от массы Ц / % by weight of cement	Мпа / MPa	%	Мпа / MPa	%	Н	%
1	560	-	0	4,59	100	19,8	100	3901	100
2	420	140	25	4,67	102	19,2	97	4097	105
3	390	170	30	4,35	95	15,6	79	3668	94
4	570	57	10	5,68	124	25,7	130	4682	120
5	570	115	20	5,45	119	26,3	133	5228	134
6	570	140	25	5,91	129	25,4	128	5502	141
7	570	170	30	6,18	135	25,7	130	5424	139
8	570	200	35	5,73	125	23,8	120	4956	127
9	570	230	40	5,50	120	22,2	112	4721	121
10	570	285	50	4,63	101	20,7	105	3941	101

Таблица 4 – Влияние керамзитовой пыли на прочностные показатели бетона

Table 4 – The influence of expanded clay dust on the strength parameters of concrete

№ Состава / No. compositi on	Цемент, кг/м ³ / Cement, kg/m ³	Керамзитовая пыль / Ex- panded clay dust		Прочность образцов после ТВО / Strength of samples after heat and moisture treatment					
				$R_{изгиб} / R_{bending}$		$R_{сжатие} / R_{compression}$		усилие на рас- калывание / splitting force	
		кг/м ³ / kg/m ³	% от массы Ц / % by weight of ce- ment	Мпа / MPa	%	Мпа / MPa	%	Н	%
1	560	-	0	4,59	100	19,81	100	3901	100
2	420	140	25	4,18	91	16,79	85	3667	94
3	570	170	30	5,58	122	22,81	115	4996	128
4	570	200	35	5,23	114	21,01	106	4488	115

Согласно вышеприведенным результатам, влияние известняковой пыли на прочность центрифугированного бетона труб несколько выше, и связано это, по всей видимости, с тем, что керамзитовая пыль, в отличие от известняковой, не создает дополнительных кристаллических связей между компонентами центрифугированного бетона.

Результатами проведенных исследований, с большой долей вероятности, можно считать следующие основные положения:

1. При введении известняковой пыли в состав мелкозернистой цементно-песчаной смеси (для формования железобетонных напорных труб) вместо части цемента обеспечивается сокращение до 25 % его (цемента) расхода на замес, в процессе приготовления смеси, без снижения прочностных качеств мелкозернистого бетона.

2. Замена доли песка посредством добавления в состав цементно-песчаной смеси известняковой пыли способствует более значительному повышению прочностных свойств центрифугированных образцов-цилиндров по отношению к призматическим образцам.

3. Наиболее подходящая, с точки зрения эффективности, дозировка известняковой пыли находится в диапазоне 115-170 кг/м³, что соответствует 20-30 процентам от массы цемента.

4. Результаты испытаний цилиндрических центрифугированных образцов показали, что пределы прочности на растяжение при раскалывании образцов с добавлением известняковой пыли повышаются по отношению к контрольным на 25-40 процентов без увеличения дозировок цемента.

Далее на стационарной центрифуге в лабораторных условиях были изготовлены экспериментальные образцы центрифугированных бетонных труб длиной 300 мм и диаметром 180 мм. Формовались две партии труб: одна – с добавлением в состав цементно-песчаной смеси 25 процентов известняковой пыли, взятой от массы цемента и введенной в состав смеси вместо равновеликой доли песка, другая – с целью сопоставления и оценки результатов без добавления в смесь известняковой пыли.

На стенде для гидростатических испытаний изготовленные из заводских материалов экспериментальные образцы центрифугированных бетонных труб подвергались прочностным испытаниям после ТВО в лабораторной пропарочной камере. Образцы центрифугированных труб без добавления в смесь известняковой пыли выдержали давление воды 0,5 МПа. Что касается образцов труб с добавленной в состав смеси 25 процентов известняковой пыли, то разрушились они при гидростатическом давлении воды в них 1,0 МПа. Исследованиями на данном этапе установлено, что благодаря наличию в составе смеси известняковой пыли удалось на 100 % повысить прочность на растяжение мелкозернистого центрифугированного бетона для железобетонных напорных труб.

Исследования были продолжены в условиях действующего производства. Одновременно с заводским изготовлением железобетонных напорных труб в специальных металлических формах изготавливались и кольцевые бетонные образцы из цементно-песчаной смеси с добавлением (и без) 25 процентов известняковой пыли. Испытания образцов на раскалывание показали, что рекомендованный состав центрифугированного мелкозернистого бетона, в сравнении с заводским (без известняковой пыли), прочнее на 20-25 %. На 0,8-1,0 % меньше по отношению к заводскому и водопоглощение бетона с добавлением известняковой пыли.

Если обобщать результаты проведенных исследований, то можно сделать следующие выводы:

1. Использование известняковой пыли в составе мелкозернистого цементно-песчаного бетона центрифугированных железобетонных труб обеспечивает повышение прочностных показателей бетона, в среднем, на 35-40 %.

2. Без снижения прочностных свойств мелкозернистого цементно-песчаного бетона, обеспечивается снижение расхода цемента на 15-25 %.

3. Благодаря дополнительной кристаллизации продуктов гидратации и образованию более прочных связей между компонентами бетона, более чем в 1,5 раза повышается трещиностойкость труб, а также их водонепроницаемость, что улучшает качество труб и позволяет снизить количество бракованных изделий в производственном процессе.

В производственных условиях для приготовления бетонных смесей с добавлением известняковой пыли следует применять качественные материалы, отвечающие требованиям строительных норм. Вид цемента (портландцемент, шлакопортландцемент, сульфатостойкий цемент и др.) необходимо выбирать в зависимости от агрессивности грунтов и грунтовых вод в соответствии с нормативными требованиями. Мелкий и крупный заполнители должны соответствовать требованиям ГОСТ 8267-93(2003) и ГОСТ 8736-93(2003). Известняковую пыль следует доставлять крытым транспортом с погрузкой из аккумулирующих пыль бункеров предприятий в сухом виде без загрязняющих примесей. Известняковая пыль может применяться и в сочетании с добавками поверхностно-активных веществ и суперпластификаторов для пластификации и разжижения бетонных смесей, отвечающих общим требованиям нормативных документов.

В отношении применения добавки известняковой пыли в технологическом процессе производства железобетонных плит и труб необходимо подчеркнуть, что она мало чем отличается от использования в производственном процессе похожих и широко применяемых тонкодисперсных компонентов, цемента например. Погрузка, доставка и разгрузка поступающей на предприятие известняковой пыли и связанное с производственной деятельностью хранение ее на складе сопряжено с известными потерями от распыления пылевидного компонента, неблагоприятным образом влияющего на условия труда и здоровье работников предприятия. Поэтому выгрузка приобретенной заводом известняковой пыли, как впрочем, и перемещение ее по технологической линии (постам) предполагает максимально возможную степень механизации и автоматизации процессов с использованием применяемого для транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ с цементом или с другим мелкодисперсным материалом специального оборудования, один из вариантов которого представлен на рисунке 2. Необходимый объем склада для хранения известняковой пыли должен соответствовать мощности завода (комбината), производящего железобетонные (бетонные) элементы и конструкции и должен, как минимум, обеспечивать 5-7 суточную потребность предприятия в пылевидном материале.

С учетом характерного для местных условий рельефа для транспортировки известняковой пыли в отделение для смешивания составляющих цементно-песчаной смеси следует использовать вибро- и аэрожелобы, эрлифты, пневмотранспорт и другое мобильное спецоборудование, применяемое при транспортировке по технологической цепочке цемента. Для повышения эффекта пылевидного компонента дозировку его в бетоносмеситель для замеса рекомендуется производить весовыми дозаторами с точностью дозирования в пределах одного процента.

Зависящая от свойств применяемых для изготовления плит, труб или других железобетонных элементов материалов и особенностей производственного процесса на предприятии, определенная заводской лабораторией оптимальная дозировка известняковой пыли выявляется расчетно-экспериментальным методом работниками заводской лаборатории и корректируется на постоянной основе при изменении свойств поступающих на завод материалов, параметров и режимов основных технологических операций.

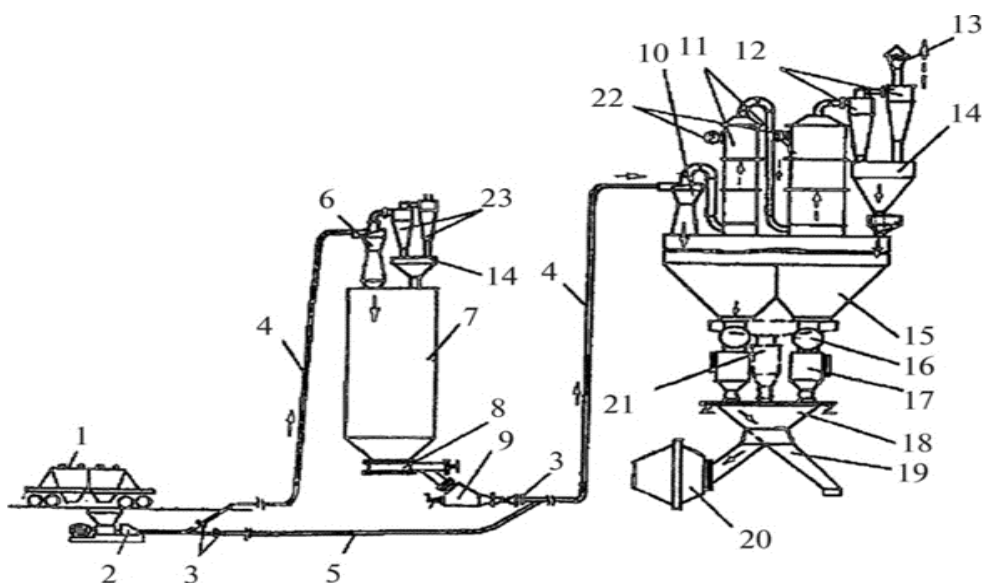


Рисунок 2 – Схема подачи известняковой пыли:

- 1 – цементовоз; 2 – пневматический насос; 3 – шибер эластичный; 4, 5 – пылевод;
6 – циклон-пылеосадитель; 7 – силос для известняковой пыли; 8 – донный пневморазгрузчик;
9 – пневмоструйный насос; 10 – циклон с конусом; 11 – инерционный пылеуловитель;
12 – регулируемый циклонный аппарат; 13 – дефлектор; 14 – бункер-накопитель; 15 – бункер запаса пыли; 16 – ячейковый питатель; 17 – дозатор; 18 – приемная воронка с перекидным клапаном; 19 – течка загрузки бетоносмесителя; 20 – бетоносмеситель; 21 – двухсекционный аэропитатель; 22 – вибратор; 23 – циклоны

Figure 2 – Scheme of supply of limestone dust:

- 1 – cement truck; 2 – pneumatic pump; 3 – elastic gate; 4, 5 – dust collector; 6 – cyclone-dust collector; 7 – silo for limestone dust; 8 – bottom pneumatic unloader; 9 – pneumatic jet pump;
10 – cyclone with a cone; 11 – inertial dust collector; 12 – adjustable cyclone apparatus;
13 – deflector; 14 – accumulator hopper; 15 – dust storage hopper; 16 – cell feeder; 17 – dispenser;
18 – receiving funnel with a swing valve; 19 – concrete mixer loading flow; 20 – concrete mixer;
21 – two-section aeropitter; 22 – vibrator; 23 – cyclones

Добавка известняковой пыли, в зависимости от ее дисперсности и расхода на замес может несколько увеличивать водопотребность бетонной смеси. Изменение количества воды для приготовления бетонной смеси с добавкой известняковой пыли должно устанавливаться лабораторией завода из условий получения заданной подвиж-

ности бетонной смеси. Приблизительно увеличение водопотребности бетонных смесей с добавкой известняковой пыли можно принимать в пределах 1-3 процента от расхода воды на замес.

Затворение водой цемента, песка, известняковой пыли и тщательное их перемешивание лучше производить в бетоносмесителях принудительного действия, обеспечивающих надлежащую производительность и высокую однородность смешивания компонентов цементно-песчаной смеси.

Формование слоя мелкозернистого бетона с добавкой известняковой пыли на центрифуге ледует производить не позднее 20-30 минут после затворения смеси водой.

Параметры процесса ТВО сборных элементов необходимо корректировать в соответствии со свойствами бетона с добавкой известняковой пыли.

Насыпную плотность известняковой пыли следует проверять не реже 1 раза в смену. В случае отклонений насыпной плотности от установленной нормы следует установить влажность используемой известняковой пыли и произвести корректировку расходов пылевидного компонента и воды на замес бетонной смеси.

Показатели подвижности бетонной смеси с добавкой известняковой пыли должны контролироваться не реже 2 раз в смену.

Дозировка добавки пылевидного компонента корректируется заводской лабораторией при поступлении на предприятие для приготовления мелкозернистой бетонной смеси сырьевых материалов с другими свойствами и при изменении характеристик поступающей на завод известняковой пыли.

При производстве работ с использованием известняковой пыли следует соблюдать общие требования правил техники безопасности и производственной санитарии.

Выводы. Обоснована целесообразность использования карбонатных компонентов (известнякового щебня и известняковой пыли) в составе бетонов железобетонных плит и труб, широко применяемых на мелиоративных системах. Производственными испытаниями подтверждено, что бетоны на карбонатных компонентах обеспечивают железобетонным (бетонным) элементам повышенные показатели прочности, трещиностойкости и водонепроницаемости, что повысит надежность и долговечность мелиоративных систем. Помимо улучшения качества сборных элементов и экономии в сфере строительного производства, применение известняковой пыли будет способствовать вторичному использованию указанного крупнотоннажного пылевидного отхода в составе цементно-песчаного бетона и снижению затрат на обустройство пылеотвалов и проведение природоохранных мероприятий по защите воды, воздуха, почвы, мест проживания и других компонентов окружающей среды.

Библиографический список

1. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Интенсификация мелиоративного производства путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 1. С. 6-9.
2. Васильева Е. В., Федоров В. М., Яковенко Е. А. Обеспечение безопасной и надежной работы хранилищ промышленных отходов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. 2020. № 1 (49). Т. 9. С. 183-189.
3. Власов М. В., Васильев М. С., Григоров С. М. Теоретическое обоснование совершенствования эксплуатации оросительных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 3 (31). С. 23-28.
4. Власов М. В., Куприянова С. В. Комплексный подход к определению эффективности реконструкции оросительных систем // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 2 (34). С. 185-200.
5. Гостищев В. Д., Тищенко А. И. Расчет прочности плит крепления нижних бьефов мелиоративных каналов на примере шлюза-регулятора «нулевого» Большого Ставропольского канала // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 1 (33). С. 119-138.

6. Гулюк Г. Г. Новые проблемы мелиорации 2021-2025 гг. и пути их решения // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 1. С. 2-5.
7. Жезмер В. Б., Матвеев А. В. Принципы обеспечения эффективной и безопасной работы ГТС гидромелиоративного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 2. С. 5-11.
8. Зубрев Н. И. Технология приготовления композитных растворов, применяемых в строительстве тоннелей для закрепления грунтов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. 2019. № 2 (46). Т. 8. С. 244-248.
9. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Гарбуз А. Ю. Оценка комплексной реконструкции и модернизации оросительных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 2. С. 6-12.
10. Слабунов В. В., Кириленко А. А., Воеводин О. В. Функциональные взаимосвязи инновационных механизмов развития с системой типовой проектной документации мелиоративных объектов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 475-482.
11. Тищенко А. И. Расчет плит крепления в нижнем бьефе гидротехнических сооружений мелиоративной сети с целью увеличения их эксплуатационной надежности // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 2 (34). С. 165-184.
12. Щедрин В. Н. Актуальные вопросы развития мелиоративной отрасли и использования водных ресурсов в АПК // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 4. С. 8-12.
13. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13. № 13. P. 4181-4184.

Conclusions. The expediency of using carbonate components (limestone crushed stone and limestone dust) in the composition of concrete reinforced concrete slabs and pipes widely used in reclamation systems is substantiated. Production tests have confirmed that concretes based on carbonate components provide reinforced concrete (concrete) elements with increased strength, crack resistance and water resistance, which will increase the reliability and durability of reclamation systems. In addition to improving the quality of prefabricated elements and saving in the field of construction production, the use of limestone dust will contribute to the secondary use of this large-tonnage dust-visible waste as part of cement-sand concrete and reduce the cost of arranging dust dumps and environmental protection measures to protect water, air, soil, places of residence and other environmental components.

References

1. Abdrazakov F. K., Rukavishnikov A. A. Intensifikatsiya meliorativnogo proizvodstva putem sovershenstvovaniya tekhnologiy rekonstrukcii i stroitel'stva orositel'nykh kanalov // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2019. № 1. P. 6-9.
2. Vasil'eva E. V., Fedorov V. M., Yakovenko E. A. Obespechenie bezopasnoj i nadezhnoj raboty hranilisch promyshlennykh othodov // HHI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyaschego. 2020. № 1 (49). Vol. 9. P. 183-189.
3. Vlasov M. V., Vasil'ev M. S., Grigorov S. M. Teoreticheskoe obosnovanie sovershenstvovaniya jekspluatatsii orositel'nykh sistem // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii. 2018. № 3 (31). P. 23-28.
4. Vlasov M. V., Kupriyanova S. V. Kompleksnyj podhod k opredeleniyu jeffektivnosti rekonstrukcii orositel'nykh sistem // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioratsii. 2019. № 2 (34). P. 185-200.
5. Gostischev V. D., Tischenko A. I. Raschet prochnosti плит крепления нижних б'ефов мелиоративных каналов на примере шлыуза-регулятора "нулевого" Бол'шого Ставропол'ского канала // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 1 (33). P. 119-138.
6. Gulyuk G. G. Novye problemy melioratsii 2021-2025 gg. i puti ih resheniya // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2021. № 1. P. 2-5.
7. Zhezmer V. B., Matveev A. V. Principy obespecheniya jeffektivnoj i bezopasnoj raboty GTS gidromeliorativnogo kompleksa // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. 2019. № 2. P. 5-11.

8. Zubrev N. I. Tehnologiya prigotovleniya kompozitnyh rastvorov, primenyaemyh v stroitel'stve tonnelej dlya zakrepleniya gruntov // NNI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyaschego. 2019. № 2 (46). Vol. 8. P. 244-248.

9. Kosichenko Yu. M., Baev O. A., Garbuz A. Yu. Ocenka kompleksnoj rekonstrukcii i modernizacii orositel'nyh sistem // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2021. № 2. P. 6-12.

10. Slabunov V. V., Kirilenko A. A., Voevodin O. V. Funkcional'nye vzaimosvyazi innovacionnyh mehanizmov razvitiya s sistemoy tipovoj proektnoj dokumentacii meliorativnyh ob'ektov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2021. № 2 (62). P. 475-482.

11. Tischenko A. I. Raschet plit krepleniya v nizhnem b'efe gidrotehnicheskikh sooruzhenij meliorativnoj seti s cel'yu uvelicheniya ih jekspluatacionnoj nadezhnosti // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2019. № 2 (34). P. 165-184.

12. Schedrin V. N. Aktual'nye voprosy razvitiya meliorativnoj otrasli i ispol'zovaniya vodnyh resursov v APK // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2021. № 4. P. 8-12.

13. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13. № 13. P. 4181-4184.

Author's information

Vasilyeva Elena Viktorovna, Associate Professor of the South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov (132 Prosveshcheniya Street, Novocherkassk Rostov region, 346428, Russia), e-mail: karalenka5@yandex.ru

Fedorov Viktor Matveyevich, Professor of the A. K. Kortunov Novocherkassk Engineering and Reclamation Institute-branch of the Don State Agrarian University (111 Pushkinskaya Street, Novocherkassk, Rostov region, 346428, Russia), e-mail: viktor-fedorov1955@yandex.ru

Информация об авторах

Васильева Елена Викторовна, доцент Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М. И. Платова (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), e-mail: karalenka5@yandex.ru

Федоров Виктор Матвеевич, профессор Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А. К. Кортунова - филиал Донского государственного аграрного университета (346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), e-mail: viktor-fedorov1955@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-40

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF RECULTIVATION OF DISTURBED LANDS BASED ON THE APPLICATION OF THE ECO-CONTROLLING SYSTEM

N.B. Efimova, I.A. Ulanova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 19.04.2021

Submitted 23.09.2021

Summary

The article analyzes the technical and biological stages of recultivation of disturbed lands and integrates the eco-controlling stage into the system for evaluating the effectiveness of recultivation measures. The results of testing the bio testing method as an indicator of the quality characteristics of reclaimed land are presenting. An algorithm for applying eco-controlling in environmental protection measures is proposed.

Abstract

Introduction. Recultivation of disturbed land is a complex of economic and technical works to restore the economic value of land. The need for recultivation of disturbed land is regulating by regulatory documents of the Government of the Russian Federation, the Ministry of Natural Resources, Roskomzem, etc. Reclamation, being the ultimate goal of the technological chain for the restoration of disturbed land, itself needs

further analysis. The article proposes the method of eco-controlling as a tool for assessing the effectiveness of the planned measures for the reclamation of disturbed land, based on the application of the bio-testing procedure. Interested persons, including public organizations that are responsible for the rational use and compliance with environmental quality standards, can carry out environmental monitoring. Eco-controlling of the reclamation of disturbed land is an external control and ensures the coordination of the work of state bodies and landowners. **Object.** The object of the research is the integration of the principles of eco-controlling into the generally accepted technological process of restoration of disturbed lands. **Materials and methods.** The assessment of the quality characteristics of reclaimed land was carried out using field, route, stationary and analytical methods. The field method provided the relationship of the general picture of the state of reclaimed land; the route method was used to identify and assess the state of reclaimed land of the Kirov landfill in Volgograd; the stationary method included a laboratory method of bioassay of selected soil samples; the analytical method allowed to identify the relationship between the stages of reclamation and to evaluate their effectiveness. **Results and conclusions.** The article highlights the phases of eco-controlling in relation to the reclamation of disturbed lands; clarifies the definition of eco-controlling in relation to disturbed lands; considers the stages of technical and biological reclamation of disturbed lands; suggests an algorithm for reclamation based on three interrelated stages: technical, biological and environmental; the ecological efficiency of eco-controlling is characterized by the example of the use of the bio-testing method in determining the acute and chronic toxic effects of the studied soil samples taken from the recultivated object.

Key words: *environmental controlling, disturbed land, reclamation, technical stage, biological stage, bioassay method.*

Citation. Efimova N. B., Ylanova I. A. Assessment of the quality of recultivation of disturbed lands based on the application of the eco-controlling system. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 400-411 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-40.

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

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

УДК 332.01

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ЭКО-КОНТРОЛЛИНГА

Н. Б. Ефимова, кандидат экономических наук, доцент

И. А. Уланова, кандидат экономических наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 19.04.2021

Дата принятия к печати 23.09.2021

Актуальность. Рекультивация нарушенных земель – комплекс хозяйственно-технических работ по восстановлению экономической ценности земель. Необходимость рекультивации нарушенных земель регламентируется нормативно-правовыми документами Правительства РФ, Минприроды, Роскомзема и пр. Рекультивация, являясь конечной целью технологической цепочки по восстановлению нарушенных земель, сама нуждается в дальнейшем анализе. В статье предложен метод эко-контроллинга как инструмент для оценки пострезультативности предусмотренных мероприятий по рекультивации нарушенных земель, основанный на применении процедуры биотестирования. Экологический контроллинг могут проводить заинтересованные лица, в т.ч. общественные организации, в ведении которых вопросы рационального использования и соблюдения нормативов качества окружающей среды. Эко-контроллинг рекультивации нарушенных земель является внешним контролем и обеспечивает координирование работы государственных органов и собственников земель. **Объект исследования** – интегрирование принципов эко-контроллинга в общепринятый технологический процесс восстановления нарушенных земель. **Материалы и методы.** Оценка качественных характеристик рекультивированных земель проводилась с применением по-

левого, маршрутного, стационарного и аналитического методов. Полевой метод обеспечил взаимосвязь общей картины состояния рекультивированных земель; маршрутный метод использовался для выделения и оценки состояния рекультивированных земель свалки Кировского района г. Волгограда; стационарный метод включал в себя лабораторную методику биотестирования отобранных образцов почвы; аналитический метод позволил выявить взаимосвязь между этапами рекультивации и провести оценку их эффективности. **Результаты и выводы.** В статье выделены фазы эко-контроллинга применительно к рекультивации нарушенных земель; уточнено определение эко-контроллинга в отношении нарушенных земель; рассмотрены этапы технической и биологической рекультивации нарушенных земель; предложен алгоритм проведения рекультивации на основе трех взаимосвязанных этапов: технического, биологического и экологического; охарактеризована экологическая эффективность эко-контроллинга на примере использования метода биотестирования при определении острого и хронического токсического действия исследуемых образцов почвы, отобранных с рекультивированного объекта.

Ключевые слова: экологический контроллинг, нарушенные земли, рекультивация нарушенных земель, техническая рекультивация, биологическая рекультивация.

Цитирование. Ефимова Н. Б., Уланова И. А. Оценка качества рекультивации нарушенных земель на основе применения системы эко-контроллинга. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 400-411. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-40.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Своевременность получения экологической информации влияет на качество анализа при управленческих решениях в отношении предприятий-природопользователей. Экологическая информация является основой при постановке стратегических целей и выборе системы показателей для их анализа и оценки. Соотнесение фактических и плановых показателей хозяйственной деятельности позволяет оперативно анализировать отклонения и планировать деятельность для достижения экологического оптимума загрязнения окружающей среды. Экологический контроллинг как инструмент получения информации позволяет регулировать природоохранную деятельность при информационном сопровождении хозяйственного процесса. Особенность эко-контроллинга заключается в том, что процесс выбора данных не унифицирован и может гибко изменяться в зависимости от возникновения проблем в системе «человек – хозяйственная деятельность – окружающая среда».

Материалы и методы. Эко-контроллинг осуществляется на принципах динамики, оперативности, системного стратегического анализа, документирования антропогенных процессов. Фазы функционирования системы эко-контроллинга представлены на рисунке 1. Таким образом, понятие экологического контроллинга можно интерпретировать как совокупность эффективных форм хозяйственной деятельности по обеспечению качественного анализа проведения контроля в области природопользования и соотнесение показателей с экологическими целями для развития и совершенствования охраны окружающей среды. Охрана окружающей среды включает множество направлений, значимую часть из которых представляет разработка средозащитных мероприятий в области сохранения качественного состояния земельных ресурсов [9].

Субъектом исследования является приращение научных знаний в области проведения экологического контроллинга рекультивируемых нарушенных земель. Предмет исследования – рекультивированные нарушенные земли.

Первоначальная хозяйственная ценность нарушенных земель может быть восстановлена посредством проведения рекультивационных мероприятий. Принято, что процесс рекультивации состоит из 2 этапов: технического и биологического [3].

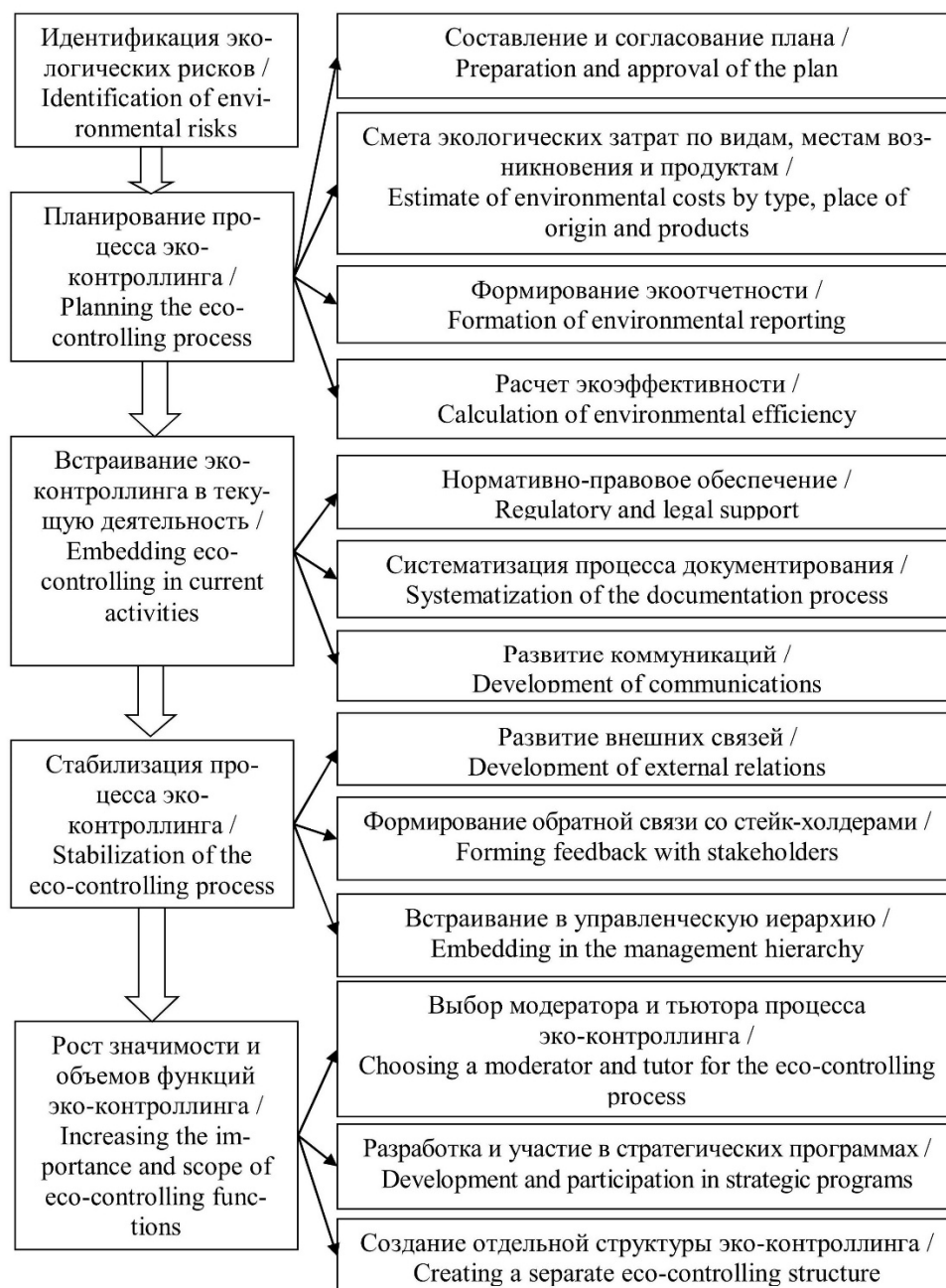


Рисунок 1 – Фазы функционирования системы эко-контроллинга

Figure 1 – Phases of functioning of the eco-controlling system

При проведении технического этапа рекультивации нарушенных земель, как правило, проектной документацией предусматривается выполнение следующих основных работ:

- планировка рельефа и техногенного грунта;
- инженерно-технические решения по перекрытию толщи отходов, созданию дренажно-фильтрационных экранов;
- мероприятия по защите объекта от поверхностного стока талых и ливневых вод;
- мероприятия по приданию устойчивости откосам (выполаживание склонов);
- мероприятия по консервации фильтрата;

- строительство грунтовых подъездов к участкам лесопосадок с учетом прохода сельскохозяйственной, лесохозяйственной и другой техники;
- создание плодородного слоя (вскрышные и вмещающие породы);
- мелиорация загрязненных почв (фосфоритование) и одновременное внесение удобрений [10].

Для проведения биологического этапа рекультивации необходимо подобрать растения, устойчивые к повышенному содержанию свинца, высокой щелочности и сульфатной засоленности грунта. Наиболее перспективным с точки зрения экологической целесообразности считается метод фитомелиорации (фитоэкстракция), предусматривающий высеивание и уборку травянистых растений на рекультивируемой территории. Так, экспериментальным путем определено, что с целью очистки почвы от соединений цинка, свинца и кадмия на загрязненных территориях выращивают большой горец, от соединений свинца и хрома – горчицу, от соединений никеля – гречиху. Механизм действия следующий: растения дренируют загрязняющие вещества из почвенного слоя и накапливают их в своей биомассе. Таким образом, при уборке высаженных растений с рекультивируемой территории вместе с ними удаляются загрязняющие вещества и почва очищается.

Оценку эффективности проведения технического и биологического этапа нарушенных земель необходимо рассматривать в системе «технология + окружающая среда = результат». С точки зрения системности, результат рассматривается как итог достижения конечных целей. Применительно к рекультивации результат можно проанализировать, используя инструменты экологического контроллинга (эко-контроллинга), т.е. системность в оценке эффективности может предполагать включение третьего этапа работы – эко-контроллинг.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим, как действует система оценки эффективности рекультивации нарушенных земель на примере земель, занятых свалкой отходов в Кировском районе г. Волгограда и рекультивируемых в 2018-2019 гг. Территориально свалка была расположена в 2,3 км северо-западнее пос. им. Саши Чекалина, площадью 39,2073 га в условных границах. Объект несанкционированной свалки представляет собой антропогенный рельеф, включающий отвалы коммунальных и промышленных отходов.

Необходимость рекультивации объекта обусловлена целью дальнейшего использования территории для различных видов деятельности, например сельскохозяйственной, лесохозяйственной, рекреационной и т.д. Рекультивированный объект планируется использовать по назначению в соответствии с распоряжениями администрации г. Волгограда. Данные об использовании земельного участка после проведения рекультивационных мероприятий представлены в таблице 1.

На основании данных инженерно-экологических изысканий проведен расчет суммарного показателя химического загрязнения (Z_c), характеризующий степень химического загрязнения исследуемой территории на наличие вредных веществ и определение классов опасности этих веществ (рисунок 2) в соответствии с п. 4.20 СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» и МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест». Показатель Z_c является индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье населения.

Проанализировав рисунок 2 загрязнения почв по суммарному показателю, делаем вывод, что фактически вся территория рассматриваемого объекта является чрезвычайно опасной, опасной и умеренно опасной и, только незначительная часть отнесена к допустимой. В соответствии с ориентировочной оценочной шкалой опасности загрязнения почв на территории земельного участка выделены участки категории допустимая, умеренно-опасная, опасная и чрезвычайно опасная.

Таблица 1 – Сведения о целевом назначении и разрешенном использовании земельных участков, подлежащих рекультивации

Table 1 – Information on the intended purpose and permitted use of land plots subject to reclamation

Кадастровый номер / Cadastral number	Вид разрешенного использования / Type of permitted use	Направление рекультивации / Direction of reclamation
34:26:050301:738	Для сельскохозяйственного использования / For agricultural use	Природоохранное / Environmental protection Санитарно-оздоровительное / Health and wellness facilities
34:34:070070:9	Полигон коммунальных отходов / Municipal waste landfill	
34:26:050301:448	Полигон утилизации промышленных отходов / Industrial waste disposal landfill	
34:34:070081:120	Земли городских лесов / Urban forest lands	
34:34:070070:28	Земли городских лесов / Urban forest lands	

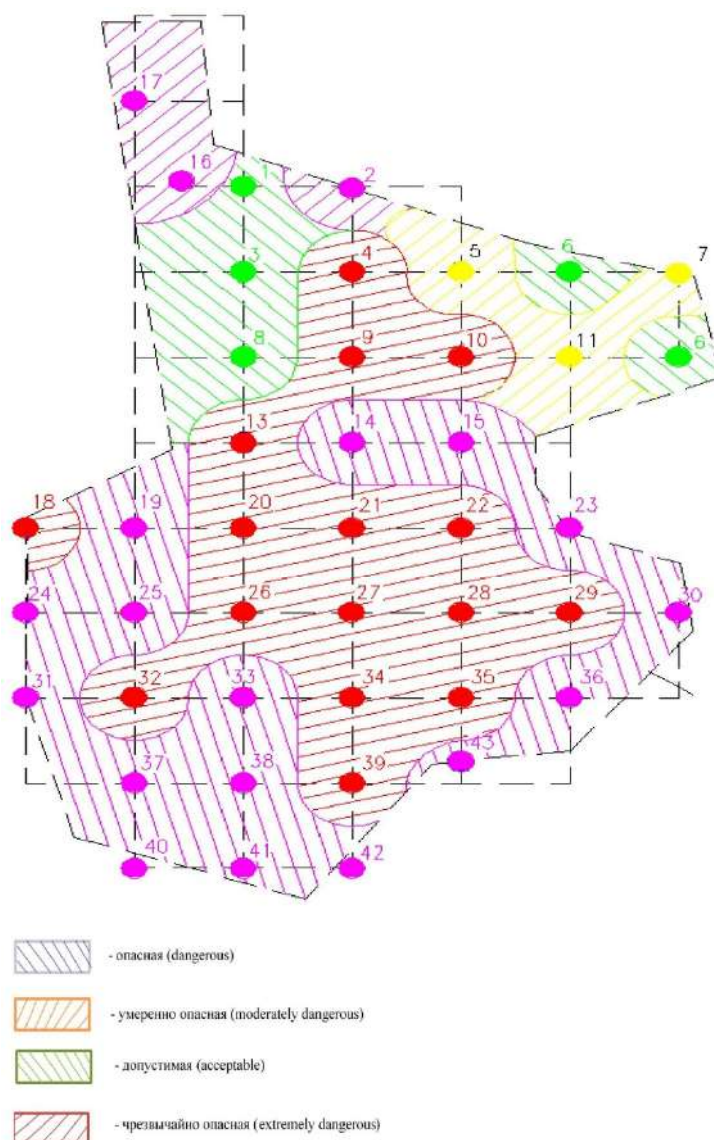


Рисунок 2 – Схема территории по суммарному показателю загрязнения почв (Zc)

Figure 2 – Diagram of the territory according to the total indicator of soil pollution (Zc)

Проектными решениями выделены направления рекультивации в зависимости от вида назначения земель:

1) Земли лесного фонда. По периметру предусмотрено создание лесных насаждений в виде лесополос. Сам рекультивируемый участок засеивается травосмесью семян засухоустойчивых растений, способных переносить высокие уровни засоления почвы (галофитов) с целью выполнения санитарно-защитной функции.

2) Земли сельскохозяйственного назначения. Здесь предусмотрено выращивание технических культур, саженцев декоративных растений.

Проектом рекультивации нарушенных земель свалки Кировского района г. Волгограда предусмотрено проведение двух этапов: технического и биологического.

Технический этап рекультивации нарушенных земель проводился в соответствии с ГОСТ 17.5.3.04-83. Условно выделены следующие фазы технического этапа:

- 1) подготовительный;
- 2) непосредственно рекультивационный;
- 3) средоформирующий;
- 4) противоэрозионный (рисунок 3).

Рассмотрим особенности технического этапа рекультивации рассматриваемой территории. Ландшафт рекультивируемого объекта имеет устойчивый сформированный рельеф, но в южной части встречаются овраги, часть из которых приходится на территорию, подлежащую рекультивации под лесохозяйственное направление. Противоэрозионная организация территории включает удаление отвалов коммунальных и промышленных отходов до подстилающего грунта поверхности естественного происхождения для формирования устойчивого рельефа. Водоотводные каналы и овраги засыпаны планировочным грунтом и спланированы для проведения биологической рекультивации.

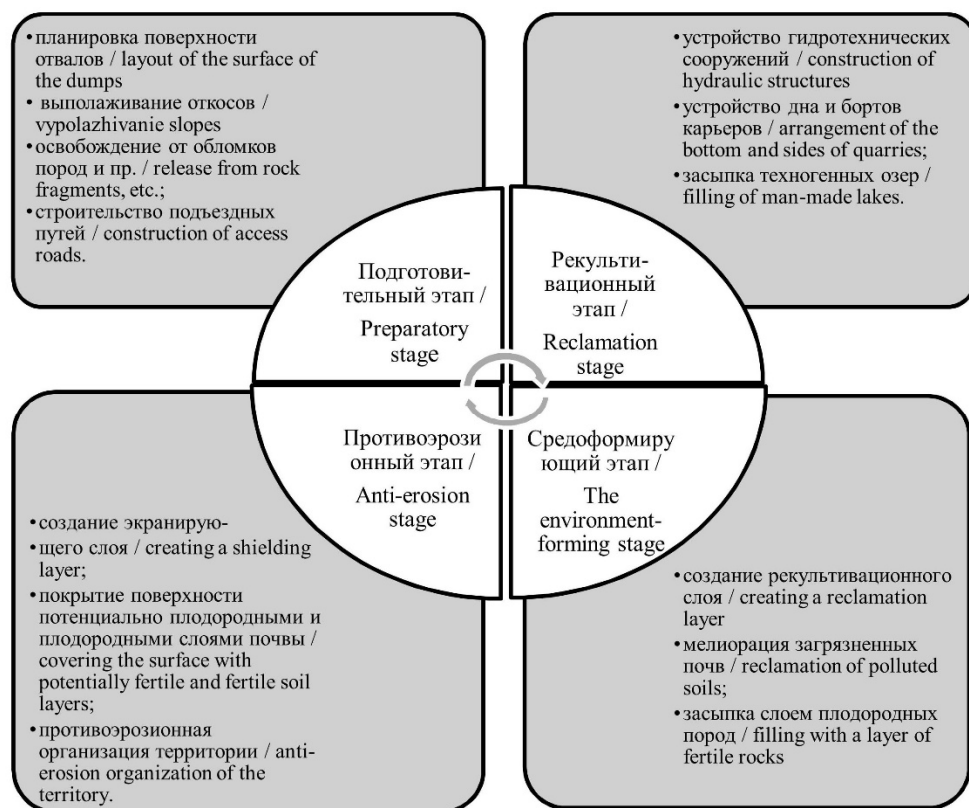


Рисунок 3 – Основные фазы технического этапа рекультивации

Figure 3 – The main phases of the technical stage of reclamation

Для улучшения условий произрастания растений часть оврагов предусмотрено засыпать за счет грунта планировки территории. Расположенные в южной части участка овраги предусмотрено засыпать и выложить на откосах за счет грунта планировки территории. Существующий в северной части участка стихийный карьер предусмотрено частично выложить и оформить [10].

Инженерно-экологические изыскания включали анализ почвогрунтов рекультивируемой территории по механическому составу, pH и сумме токсичных солей в водной вытяжке. Почвогрунт исследуемого объекта относится к потенциально плодородным почвам и малопригодным почвам, содержащим легкорастворимые соли, гипс, карбонаты. Проведение рекультивации способствует улучшению качественных характеристик почвы.

Результатом выполнения технического этапа рекультивации является частичное снижение pH почвы, связывание подвижных форм тяжелых металлов (фосфоритование), внесение органоминеральных удобрений (суперфосфат простой, торфонавозного компоста, хлористого калия).

Биологический этап включает виды работ в зависимости от направления рекультивации:

- лесохозяйственное направление предусматривает высадку по периметру участка деревьев и кустарников, устойчивых к сульфатной засоленности грунтов, высокой щелочности и повышенному содержанию свинца (гледичия, акация белая, скумпия кожевенная). Непосредственно на территории участка предусмотрено применение метода фитомелиорации – высев травянистых растений (галофитов – ежи сборной, кощереца безостого и пр.) с последующей их уборкой;
- сельскохозяйственное направление предусматривает выращивание технических культур, например, гречиха, горчица, подсолнечник, махорка и др.

Таким образом, проведение технического и биологического этапов рекультивации способствует достижению основной цели рекультивации – восстановлению продуктивности и народнохозяйственной ценности земель.

Третий этап – проведение эко-контроллинга. Предлагается в рамках проведения эко-контроллинга провести исследования по определению токсичности водной вытяжки из почвы, отобранной на территории рекультивированной Кировской свалки. Исследования осуществлялись на базе ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет». Отбор проб осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб». Опытные данные получены в экологической лаборатории биотестирования кафедры «Землеустройство, кадастры и экология».

Анализ территории рекультивированной свалки показал следующее:

- поверхность объекта рекультивации ровная, хорошо спланированная;
- на поверхности обнаружены остатки отходов стекла, извести, камней и других твердых включений;
- на глубине точечных исследований (15-20 см) обнаружены обломки небольшого размера материалов антропогенного происхождения: стекла, металлов, пластмассы, кирпича и других.

Отбор проб осуществлен из разных точек бывшей свалки методом конверта. Для исследования сформирована смешанная проба грунта (рисунок 4).

Анализ проводился в лабораторных условиях в соответствии с Методикой определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодородности дафний (ФР.1.39.2007.03222). Отобранные на

токсикологический анализ почвы сначала разрыхлили металлическим шпателем и освободили от инородных механических включений. Затем просеяли через сито и подсушили на чистых листах плотной бумаги. Далее была приготовлена водная вытяжка из почвы для проведения непосредственно самой процедуры биотестирования: 1 часть почвы и 4 части дистиллированной воды (рисунок 5).



Рисунок 4 – Территория отбора проб Кировской свалки г. Волгограда

Figure 4 – Sampling area of the Kirov landfill in Volgograd

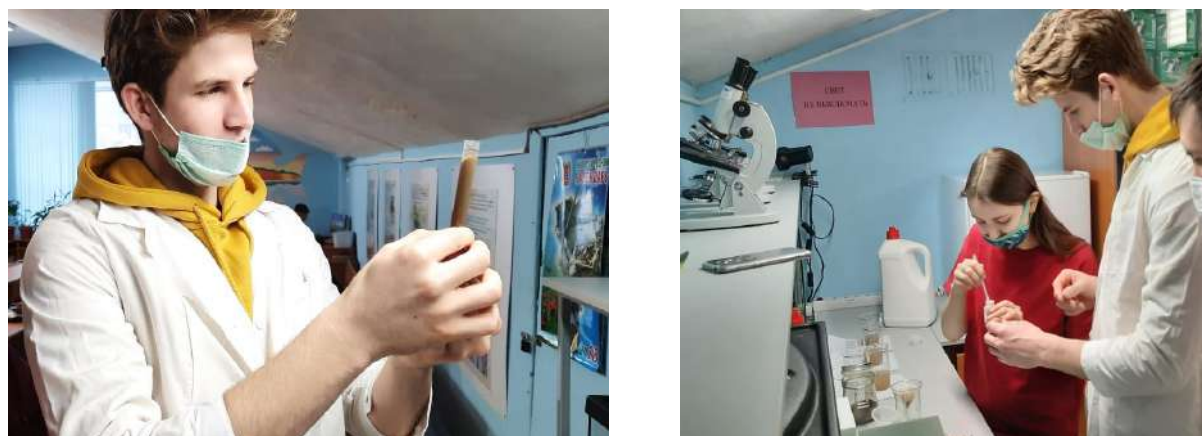


Рисунок 5 – Приготовление водной вытяжки

Figure 5 – Preparation of water extract

После приготовления водной вытяжки в приготовленные растворы (50, 75 и 100 %-разбавление) производилась подсадка дафний в возрасте 24 часов. Установление острого токсического действия растворов водной вытяжки анализировалось по истечении 96 часов эксперимента. Анализ результатов показал безвредность всех оцениваемых кратностей разбавления водных вытяжек (50, 75 и 100 %-разбавление), т. к. за 96-часовую экспозицию произошла гибель 10 % тест-объектов в 50- и 75 % кратностях разбавления и при 100 % кратности разбавления выжили все тест-объекты (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты эксперимента, %

Table 2 – Results of the experiment, %

Результативность анализа / Effectiveness of the analysis	Кратность разбавления, % / Dilutionratio, %		
	50	75	100
Острое токсическое действие (96 часов) / Acutetoxic effect (96 hours)	10	10	0
Хроническое токсическое действие (24 суток) / Chronic toxic effect (24 days)	30	30	10

Результаты и обсуждение. Таким образом, можно сделать вывод об отсутствии острой токсичности в исследуемых пробах почвы.

При оценке хронической токсичности были получены следующие результаты:

1. Выявлены кратности разбавления водной вытяжки (50 и 75 %), вызывающие хроническую токсичность за 24 суток эксперимента, т.к. смертность дафний составила 30 % в исследуемых растворах, и наблюдалось отсутствие плодовитости за время проведения опыта.

2. 100 %-разбавление является безвредной кратностью, не вызывающей хронической токсичности, т.к. смертность дафний составила 10 %, и наблюдалось наличие плодовитости в количестве 5 особей.

Опыт является этапом эко-контроллинга, т.к. результаты эксперимента интерпретированы в соответствии с выбранной методикой. Эко-контроллинг подтвердил, что качество проведенных работ по рекультивации соответствует ГОСТ 17.5.3.04-83 «Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель».

Выводы. Следовательно, интегрирование эко-контроллинга как одного из этапов рекультивации нарушенных земель позволяет:

- экологически обосновать проведенные рекультивационные мероприятия;
- спрогнозировать экологические последствия проведенных мелиоративных работ;
- оценить экологическую безопасность территории в заданный промежуток времени;
- проанализировать экологические условия для благоприятной санитарной эпидемиологической обстановки территории;
- оценить возможность использования рекультивированных земель для сельскохозяйственных целей.

Библиографический список

1. Ефимова Н. Б. Формирование системы корпоративного экологического менеджмента на сельскохозяйственном предприятии // Региональная экономика: теория и практика. 2015. № 33 (408). С. 12-27.
2. Зарипов Ю. В., Осипенко Р. А., Залесова Е. С. Опыт рекультивации различных видов нарушенных земель // Экобиотех. 2020. № 4. С. 621-626.
3. Иванова Л. А., Горбачева Т. Т. Инновационные технологии рекультивации нарушенных земель // Экология производства. 2014. № 2. С. 58-68.
4. Лапушкин М. Ю. Рекультивация нарушенных земель как часть государственной экологической политики // Международный технико-экономический журнал. 2020. № 3. С. 32-38.
5. Мартынова Н. Г., Бударова В. А. Анализ проекта рекультивации нарушенных земель // INTERNATIONAL AGRICULTURAL JOURNAL. 2021. № 1. С. 22.
6. Оценка результатов ремедиационных исследований техногенно нарушенных земель / Е. Г. Мещерякова [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. №1 (61). С. 410-420.
7. Плеханова А. В., Холкин Е. Г. Экологическое и экономическое обоснование рекультивации почв, загрязненных нефтью методом биотехнологии // Актуальные вопросы энергетики. 2021. № 1. С. 89-93.

8. Силина А. В. Особенности функционирования экологического контроллинга в рамках реализации стратегии устойчивого развития предприятия // Вопросы экономики и управления. 2016. № 4-1(6). С. 37-39.

9. Уланова И. А., Ефимова Н. Б. Методологические основы внедрения экологического менеджмента в современных условиях: монография. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. 128 с.

10. Уланова И. А., Ефимова Н. Б. Оценка мелиоративных мероприятий при проведении экологической реабилитации водных биоресурсов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 134-147.

11. Adaptive management in the U.S. National Wildlife Refuge System: Science-management partnerships for conservation delivery / C. T. Moore [et al.] // Journal of Environmental Management. 2011. № 92. P. 1395-1402.

12. Williams B. K. Adaptive management of natural resources: framework and issues // Journal of Environmental Management. 2011. № 92. P. 1346-1353.

Conclusions. Thus, we can conclude that there is no acute toxicity in the studied soil samples. When assessing the chronic toxicity, the following results were obtaining:

1. The multiplicities of dilution of the water extract (50 and 75 %), causing chronic toxicity for 24 days of the experiment, were revealing, since the mortality of daphnia was 30 % in the studied solutions, and there was no fecundity during the experiment.

2. 100% dilution is a harmless multiplicity that does not cause chronic toxicity, since the mortality rate of daphnia was 10% and the presence of fecundity in the number of five individuals was observing.

The experiment is a stage of eco-controlling, since the results of the experiment are interpreting in accordance with the chosen method. Eco-controlling confirmed that the quality of the reclamation works carried out corresponds to GOST 17.5.3.04-83«Nature protection. Land. General requirements for land reclamation».

Therefore, the integration of eco-controlling as one of the stages of recultivation of disturbed land allows:

- to provide an environmental justification for the remediation activities carried out;
- to predict the environmental consequences of the reclamation works carried out;
- assess the environmental safety of the territory in a given period;
- analyze the environmental conditions for a favorable sanitary and epidemiological situation of the territory;
- assess the possibility of using reclaimed land for agricultural purposes.

Reference

1. Efimova N. B. Formation of a corporate environmental management system at an agricultural enterprise // Regional economy: theory and practice. 2015. № 33 (408). P. 12-27.

2. Zaripov Y. V., Osipenko R. A., Zalesova E. S. Experience in recultivation of various types of disturbed land // Ecobiotech. 2020. № 4. P. 621-626.

3. Ivanova L. A., Gorbacheva T. T. Innovative technologies of recultivation of disturbed lands // Production ecology. 2014. No. 2. P. 58-68.

4. Lapushkin M. Y. Recultivation of disturbed lands as part of the state environmental policy // International Technical and Economic Journal. 2020. № 3. P. 32-38.

5. Martynova N. G., Budarova V. A. Analysis of the project of recultivation of disturbed lands. 2020. № 1. P. 22.

6. Plekhanova A. V., Kholkin E. G. Ecological and economic justification of recultivation of soils contaminated with oil by the method of biotechnology // Actual issues of energy. 2021. № 1. P. 89-93.

7. Evaluation of the results of radiation studies of technogenically disturbed lands / E. G. Meshcheryakova [et al.] // Izvestia of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education. 2021. № 1 (61). P. 410-420.

8. Silina A. V. Features of the functioning of environmental controlling in the framework of the implementation of the strategy of sustainable development of the enterprise // *Economic and management issues*. 2016. № 4-1(6). P. 37-39.

9. Ulanova I. A., Efimova N. B. Methodological foundations of the implementation of environmental management in modern conditions: monograph. Volgograd: Volgogradsky GAU, 2015. 128 p.

10. Ulanova I. A., Efimova N. B. Evaluation of meliorative measures during the ecological rehabilitation of aquatic bioresources // *Izvestia of the Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education*. 2020. № 1 (57). P. 134-147.

11. Adaptive management in the U.S. National Wildlife Refuge System: Science-management partnerships for conservation delivery / C. T. Moore [et al.] // *Journal of Environmental Management*. 2011. № 92. P. 1395-1402.

12. Williams B. K. Adaptive management of natural resources: framework and issues // *Journal of Environmental Management*. 2011. № 92. P. 1346-1353.

Author's Information

Efimova Natalia Borisovna, docent of the Department « Land management, cadastres and ecology» of the Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26.), candidate of economic Sciences, docent, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5785-9321_efimova_84.08@mail.ru

Ulanova Irina Alekseevna, docent of the Department « Land management, cadastres and ecology» of the Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26.), candidate of economic Sciences, docent, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5955-2043_irina301170@yandex.ru

Информация об авторах

Ефимова Наталья Борисовна, доцент кафедры «Землеустройство, кадастры и экология» Волгоградского государственного аграрного университета (ПФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат экономических наук, доцент, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5785-9321_efimova_84.08@mail.ru

Уланова Ирина Алексеевна, доцент кафедры «Землеустройство, кадастры и экология» Волгоградского государственного аграрного университета (ПФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат экономических наук, доцент, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5955-2043_irina301170@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-41

INFLUENCE OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF ADVANCED IRRIGATION METHODS ON THE PRODUCTIVITY OF VEGETABLE CROPS IN THE LOWER VOLGA REGION

M.P. Meshcheryakov¹, D.A. Bolotin², E.G. Meshcheryakova¹, V.A. Vedeneeva³

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*All-Russian Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd*

³*Federal Scientific Center for Agroecology, Melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd*

Received 19.05.2021

Submitted 20.10.2021

Summary

The research is carried out and the results of the influence of the selected irrigation regime on the yield of sweet pepper with effective methods of drip and intra-soil irrigation in the conditions of the Volga-Akhtuba floodplain are presented. The optimal threshold of the lowest moisture capacity is determined, at which the maximum productivity indicators of the studied vegetable crop are achieved.

Abstract

Introduction. In the Volgograd region, as in many regions of Russia, despite the presence of fertile soils and a favorable temperature regime sufficient for vegetation, it is impossible to effectively farm without irrigation due to the arid climate. Geneticists and agricultural breeders are constantly searching for ways to solve this problem, for example, by creating drought-resistant varieties of crops, in-

cluding vegetables, but the fundamental factor that guarantees a stable yield remains irrigation. The demand of plants for water depends on the type and variety of the cultivated crop, the growing season, the climatic zone of cultivation, etc. During irrigation, in order to achieve maximum productivity and quality of the grown product, increase economic efficiency, water losses for evaporation, the speed and contour of moisture distribution in the soil profile, environmental safety, energy and labor costs for the installation and operation of irrigation systems should be taken into account. Due to the complexity and multi-aspect nature of this problem, scientists-meliorators are constantly searching for optimal techniques and technologies for irrigation of vegetable crops. New combined irrigation systems are being developed based on the most effective methods of drip and intra-soil irrigation. **Object.** In the field, research was carried out on the operation of drip irrigation systems and subsurface irrigation on crops of sweet pepper of the «Volzhanin» variety. The experimental site with an area of 1 ha was located in the Sredneakhtubinsky district of the Volgograd region. **Materials and methods.** When writing the article, we used scientific materials and publications devoted to the study of effective irrigation systems. Implementation of the experimental part was carried out in stages: design of the irrigation system, installation, operation. Experimental studies were conducted at the production stage in accordance with generally accepted methods. **Results and conclusions.** A comparative assessment of productivity indicators of sweet pepper depending on irrigation methods while maintaining the pre-irrigation humidity threshold at the levels of 70% HB, 80% HB and 90% HB allows us to conclude that the use of progressive irrigation methods – drip and intra-soil in the conditions of the Volga-Akhtuba floodplain, most effectively affects the yield of sweet pepper of the «Volzhanin» variety while maintaining the pre-irrigation humidity threshold at the level of 80%HB with a watering rate of 257 m³ / ha, 262 m³ / ha for Drip irrigation and Intra-soil irrigation, respectively.

Key words: pepper, drip irrigation, water consumption coefficient, intra-soil irrigation, pre-irrigation humidity threshold, yield.

Citation: Meshcheryakov M.P., Bolotin D.A., Meshcheryakova E.G., Vedeneeva V.A. Influence of the technological process of advanced irrigation methods on the productivity of vegetable crops in the Lower Volga Region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 411-421 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-41.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the received data and wrote the paper.

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

УДК 631.674:631.17

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕДОВЫХ СПОСОБОВ ПОЛИВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

М. П. Мешчеряков¹, кандидат технических наук, доцент

Д. А. Болотин², научный сотрудник

Е. Г. Мешчерякова², ассистент

В. А. Веденеева³, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

³Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 19.05.2021

Дата принятия к печати 20.10.2021

Актуальность. В Волгоградской области, как и во многих регионах России, несмотря на наличие плодородных почв и благоприятный температурный режим, достаточный для вегетации растений, из-за засушливого климата невозможно вести эффективное земледелие без орошения. Ученые генетики, агрономы-селекционеры ведут постоянный поиск путей

решения этой проблемы, например, создавая засухоустойчивые сорта сельскохозяйственных культур, в том числе и овощных, но основополагающим фактором, гарантирующим устойчивую урожайность, остается полив. Потребность растений в воде зависит от вида и сорта возделываемой культуры, периода вегетации, климатической зоны выращивания и др. [13]. При орошении с целью достижения максимальных показателей урожайности и качества выращенного продукта, повышения экономической эффективности должны учитываться потери воды на испарение, скорость и контур распределения влаги в почвенном профиле, экологическая безопасность, энерго- и трудозатраты на монтаж и эксплуатацию систем полива [2, 3, 5]. Ввиду сложности и многоаспектности данной проблемы ученые-мелиораторы ведут постоянный поиск оптимальных техник и технологий орошения овощных культур. На основе наиболее эффективных способов полива капельного (КП) и внутрипочвенного (ВП), разрабатываются новые комбинированные системы орошения [1, 4]. **Объект.** В полевых условиях были проведены исследования работы систем КП и ВП на посевах сладкого перца сорта «Волжанин». Опытный участок площадью 1 га располагался в Среднеахтубинском районе Волгоградской области. **Материалы и методы.** При написании статьи использовались научные материалы и публикации, посвященные изучению работы эффективных оросительных систем. Реализация экспериментальной части проводилась поэтапно: проектирование оросительной системы, монтаж, эксплуатация. Экспериментальные исследования проводились на производственном этапе в соответствии с общепринятыми методиками. **Результаты и выводы.** Сравнительная оценка показателей продуктивности сладкого перца в зависимости от способов орошения при поддержании предполивного порога влажности на уровнях 70 % НВ, 80 % НВ и 90 % НВ позволяет сделать вывод о том, что применение прогрессивных способов полива – капельного и внутрипочвенного в условиях Волго-Ахтубинской поймы наиболее эффективно сказывается на урожайности сладкого перца сорта «Волжанин» при поддержании предполивного порога влажности на уровне 80 % НВ с нормой полива 257 м³/га, 262 м³/га для КП и ВП соответственно.

Ключевые слова: *капельное орошение перца, коэффициент водопотребления, внутрипочвенный полив перца, урожайность перца.*

Цитирование. Мещеряков М. П., Болотин Д. А., Мещерякова Е. Г., Веденеева В. А. Влияние технологического процесса передовых способов полива на продуктивность овощных культур в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 411-421. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-41.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Эффективное использование пойменных земель Нижнего Поволжья с целью выращивания качественной сельскохозяйственной продукции и получения стабильно высоких урожаев невозможно без применения ресурсосберегающих, экологически безопасных технологий орошения: капельного и внутрипочвенного. Особенно нуждаются в поливе влаголюбивые овощные культуры, к таким относится и сладкий перец [10, 12].

Территория Волго-Ахтубинской поймы – это участок суши, общая площадь которого более 2 млн га, климат засушливый континентальный, почвы полупустынной зоны преимущественно светло-каштановые и бурые солонцеватые. Несмотря на наличие двух крупных водных артерий – рек Волги и Ахтубы, – в результате техногенного вмешательства, строительства в верховьях Волги гидроэлектростанций произошло понижение уровня воды и сократились объемы весенних паводковых влагозарядов почвы, соответственно это обусловило необходимость расширения строительства оросительных систем в регионе [7, 11].

Проблема засоления орошаемых почв требует внимательного отношения к уровню их влагообеспеченности и требует дробной подачи воды малыми поливными нормами. Именно КП и ВП позволяют эффективно решать, наряду с другими, и эти задачи [8].

Внедрение эффективных технико-технологических решений полива позволяет увеличивать качество плодов перца и его продуктивность. Данная работа должна проводиться поэтапно: проектирование оросительной системы, монтаж, эксплуатация [6, 9].

Этап проектирования систем КП и ВП (рисунок 1) предусматривает расчет и обоснование предполагаемых основных элементов сети орошения: поливных трубопроводов, систем очистки воды, насосного оборудования и др., с учетом выбранного участка и его характеристик, таких как почвенные, климатические, гидрологические, топографические, учет местоположения и особенностей водоисточника.

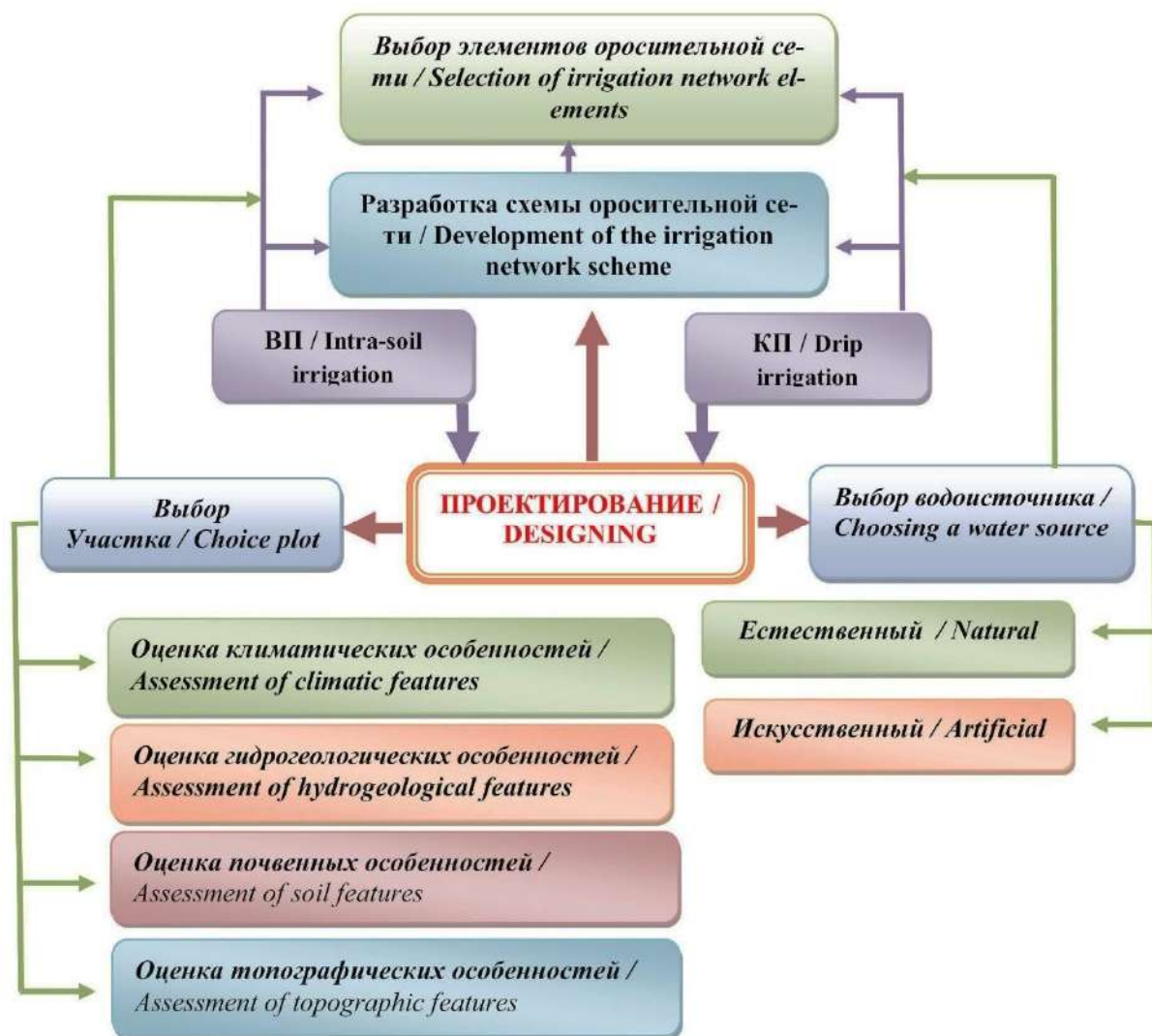


Рисунок 1 – Этап проектирования оросительных систем

Figure 1 – Design stage of irrigation systems

Этап монтажа предполагает установку магистрального и распределительного трубопровода, для КП прокладку капельных водовыпусков, для ВП внутрипочвенных увлажнителей, установку насосного оборудования, запорной арматуры, автоматических средств контроля и т.д. (рисунок 2).

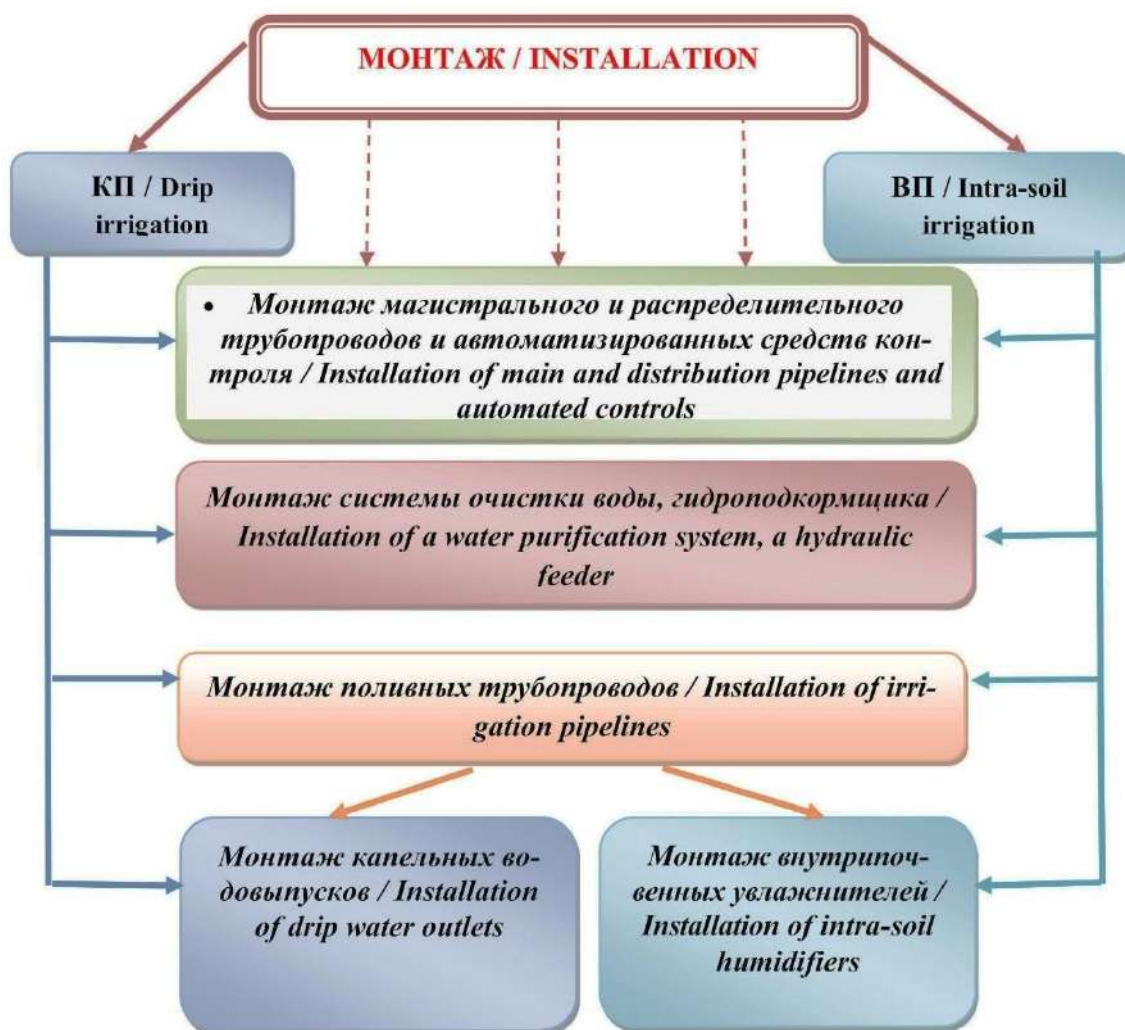


Рисунок 2 – Этап монтажа спроектированной оросительной системы

Figure 2 - Installation stage of the designed irrigation system

На этапе эксплуатации (рисунок 3) оросительных систем осуществляется полив сельскохозяйственных культур, при необходимости с оросительной водой вносят удобрения, с целью предотвращения отказов и аварийных ситуаций производится диагностика, обслуживание и ремонт конструктивных элементов сети. Работа поливных систем имеет сезонный характер, после сбора урожая частично демонтируется и помещается на консервацию.

Соблюдение алгоритма действий, предусмотренных каждым этапом, гарантирует создание эффективных и надежных в эксплуатации систем капельного и внутрипочвенного полива.

Вода с растворенными в ней питательными элементами, поглощаемая растением, обеспечивает его стабильный рост и развитие, оказывает влияние на обменные процессы, фотосинтез, дыхание и продуктивность возделываемой культуры.

Целью данного исследования было изучение работы систем капельного и внутрипочвенного полива на посевах сладкого перца сорта «Волжанин».

Для достижения поставленной цели нами были проведены опытно-производственные и лабораторные исследования.



Рисунок 3 – Этап эксплуатации оросительной системы

Figure 3 - Stage of irrigation system operation

Материалы и методы. На участке с системой КП от распределительного трубопровода отходят одиннадцать поливных полиэтиленовых труб ($D=36$ мм, $L=100$ м) с капельными водовыпусками, которые проложены на расстоянии 120 см друг от друга. При ВП поливной трубопровод ($D_{\text{наруж.}}=40$ мм, $D_{\text{внут.}}=36$ мм, $L=100$ м) был также выполнен из полимерного материала перфорированного в шахматном порядке (D отверстий 1,5 мм). Трубы укладывались таким образом, чтобы направление перфорации было боковым, под ними прокладывался экран, изготовленный из полиэтиленовой пленки шириной 40 см, для предотвращения быстрой фильтрации воды в нижние горизонты почвы. Над увлажнителями размещался экран из полиэтиленовой пленки шириной 30 см, препятствующий их заилению. Вдоль всей длины поливного трубопровода проложен выравниватель водного потока в виде армированной газонаполненной пленки (толщина около 0,3 см).

Схема посадки сладкого перца на участке с КП 90 x 30 x 40 (62,5 тыс. шт. на га), а с ВП 40x40 (62,5 тыс. шт. на га). На двух опытных участках предполивные пороги влажности поддерживали на уровне 70 % НВ, 80 % НВ и 90 % НВ, при этом нормы полива, при которых проводились исследования, составили для КП 118 м³/га, 257 м³/га и 340 м³/га, а для ВП – 125 м³/га, 262 м³/га и 358 м³/га.

Результаты и обсуждение. В результате исследований было установлено, что уровень влажности почвы существенно влияет на количество плодов на растении (их среднее значение менялось от 6,1 до 7,0 шт.) и массу. Вес одного плода при КП увеличился с 0,127 кг до 0,144 кг, а при ВП – с 0,120 кг до 0,136 кг. При этом общая масса

плодов на растении при КП увеличилась на 0,190 кг, а при ВП – на 0,140 кг отметим, что максимальные показатели отмечались при поддержании предполивного порога влажности на уровне 80 % НВ (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимость показателей продуктивности сладкого перца при КП и ВП от уровня предполивной влажности почвы

Table 1 – Dependence of indicators of productivity of sweet pepper at KP and VP on the level of pre-irrigation soil moisture

Показатель продуктивности/ Productivity indicator	Уровень предполивной влажности почвы для различных вариантов опыта, % НВ / Pre-irrigation soil moisture level for different experiment options, % HB					
	КП / Drip irrigation			ВП / Intra-soil irrigation		
	70	80	90	70	80	90
Масса одного плода, кг / Weight of one fruit, kg	0,127	0,144	0,135	0,120	0,136	0,132
Количество плодов на одном растении, шт. / Number of fruits per plant, PCs.	6,4	7,0	6,6	6,1	6,4	6,3
Общая масса плодов на одном растении, кг / Total weight of fruit per plant, kg	0,81	1,0	0,89	0,73	0,87	0,83

Таблица 2 – Показатели урожайности сладкого перца при КП и ВП в зависимости от уровня предполивной влажности почвы, т/га

Table 2 – Indicators of sweet pepper yield at CP and VP depending on the level of pre-irrigation soil moisture, t / ha

Способ полива / Irrigation method	Пред-поливная влажность почвы, % НВ / Pre-irrigation soil moisture, % HB	Количество растений на гектар, тыс.шт. / Number of plants per hectare, thousand PCs.	Урожайность, т/га / Yield, t / ha	Изменение урожайности перца при увеличении влагообеспеченности / The change in the yield of pepper by increasing the water supply	
				т/га, t / ha	%
КП / Drip irrigation	70	62,5	50,6	-	-
	80	62,5	62,5	11,9	23,5
	90	62,5	55,6	5	9,9
НСП _{0,5} / SSD _{0,5}			0,35		
ВП / Intra-soil irrigation	70	62,5	45,6	-	-
	80	62,5	54,4	8,8	19,3
	90	62,5	51,9	6,3	13,8
НСП _{0,5} / SSD _{0,5}			0,26		

Из анализа данных таблицы 2 видно, что наибольшие показатели урожайности сладкого перца наблюдаются при поддержании влажности в корнеобитаемом слое почвы на уровне 80 % НВ как при капельном, так и при внутрпочвенном способе полива. Среднее значение прироста по годам исследований при КП составило 11,9 т/га, а при ВП 8,8 т/га, по сравнению с вариантами с предполивным порогом влажности 70 % НВ, что соответственно составило 23,5 % и 19,3 %.

Проведенные нами исследования наглядно демонстрируют тот факт, что лучшие показатели урожайности плодов сладкого перца были достигнуты при режиме орошения с 80%НВ, при КП – 62,5 т/га, при ВП – 54,4 т/га, следовательно, эффективное распределение влаги в почвенном профиле осуществлялось при капельном поливе нормой 257 м³/га, а при внутрипочвенном – 262 м³/га (рисунки 4, 5).

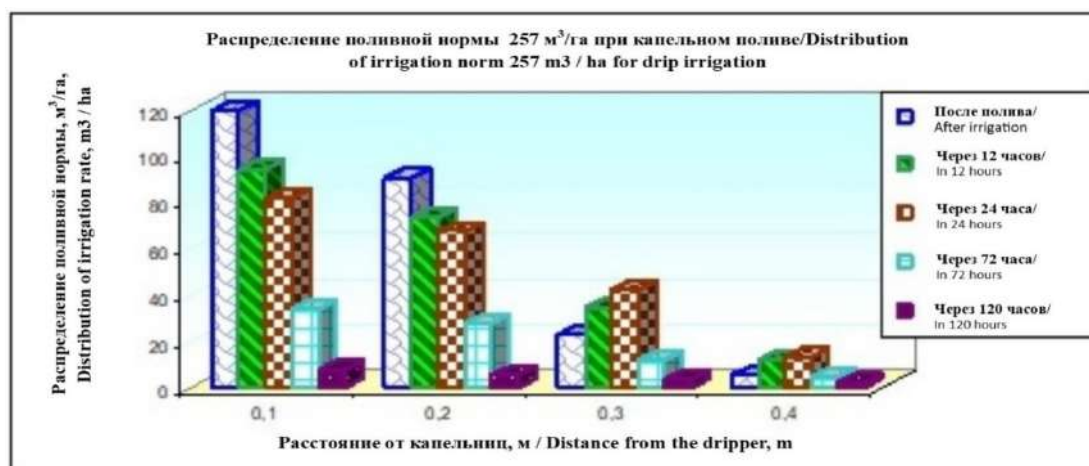


Рисунок 4 – Распределение поливной нормы при капельном поливе

Figure 4 – Distribution of irrigation rate for drip irrigation

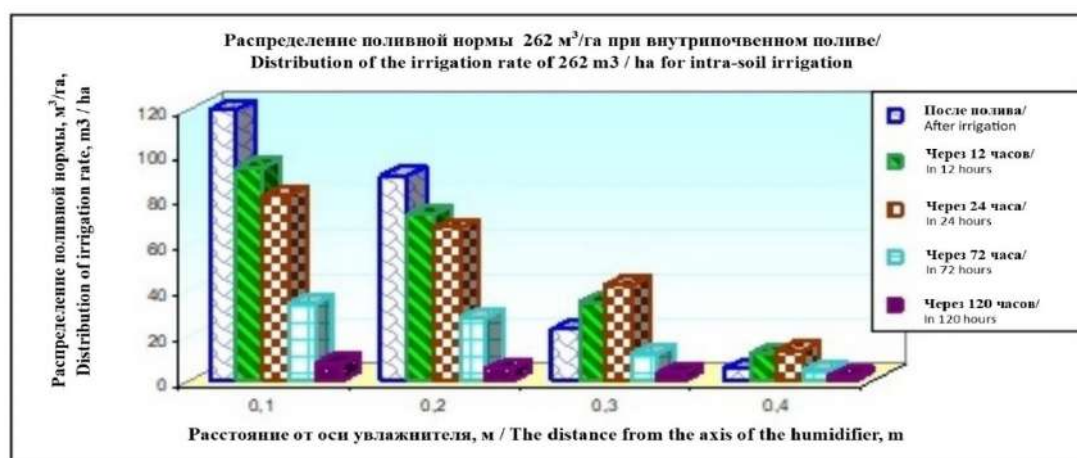


Рисунок 5 – Распределение поливной нормы при внутрипочвенном поливе

Figure 5 – Distribution of irrigation norm for intra-soil seeding

Выводы. Сравнительная оценка показателей продуктивности сладкого перца в зависимости от способов орошения при поддержании предполивного порога влажности на уровнях 70 % НВ, 80 % НВ и 90% НВ позволяет сделать вывод о том, что применение прогрессивных способов полива – капельного и внутрипочвенного – в условиях Нижнего Поволжья наиболее эффективно сказывается на урожайности сладкого перца сорта «Волжанин» при поддержании предполивного порога влажности на уровне 80 % НВ с нормой полива 257 м³/га, 262 м³/га для КП и ВП соответственно. Выбранная нами техника и технология полива не ухудшает физических свойств почвы, препятствует эрозивным процессам и засолению сельскохозяйственных земель, позволяет получать урожаи сладкого перца на уровне 45,6 т/га – 62,5 т/га при этом эффективно расходуются вода на полях орошения, экономятся трудовые и энергоресурсы.

Библиографический список

1. 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.
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. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
4. Магомедова Д. С., Курбанов С. А., Рамазанов Д. М. Интенсивная технология возделывания сладкого перца при капельном орошении в условиях Дагестана // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 5. С. 12-16.
5. Максюттов Н. А., Зоров А. А. Влияние основных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях засухи // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 5 (61). С. 8-10.
6. Мещеряков М. П., Тютюма Н. В. Повышение продуктивности овощных культур при применении природных сорбирующих материалов в системах водосберегающего орошения // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2014. № 1(18). С. 27-30.
7. Овчинников А. С., Боровой Е. П., Мещеряков М. П. Исследование природных сорбирующих мелиорантов при водосберегающем орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1. С. 3-7.
8. Овчинников А. С. Эффективность расходования оросительной воды при орошении овощных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 46-52.
9. Технологические приемы управления водным режимом почвы на лиманах Нижнего Поволжья / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков, О. В. Бочарникова, Е. Г. Мещерякова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 15-22.
10. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil / T. P. Alekseeva [et al.]. Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, Branch of the Siberian Federal Agri-Science Centre, Russian Academy of Sciences. 2017. V. 33. P. 85-91.
11. Bochkarev G. R., Pushkareva G. I. On a new natural sorbent for the extraction of metals from aqueous media // Physical and technical problems of mining. 1988. № 4. P. 46-51.
12. Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions / A. Abdelkhalik [et al.] // Irrigation Science. 2020. № 38 (1). P. 89-104.
13. Lodhi A. S., Kaushal A., Singh K. G. Water use efficiency for sweet peppers // Best Management Practices for Drip Irrigated Crops. 2015. № 6. P. 251-260.

Conclusions. A comparative assessment of the productivity indicators of sweet pepper depending on the irrigation methods while maintaining the pre – irrigation threshold of humidity at the levels of 70% HB, 80% HB and 90% HB allows us to conclude that the use of progressive irrigation methods-drip and intra-soil irrigation in the conditions of the Lower Volga region, most effectively affects the yield of sweet pepper of the "Volzhanin" variety when maintaining the pre-irrigation threshold of humidity at the level of 80% HB with the irrigation rate of 257 m³/ha, 262 m³/ha for drip irrigation and intra-soil irrigation, respectively. The chosen irrigation technique and technology does not worsen the physical properties of the soil, prevents erosive processes and salinization of agricultural land, allows you to get yields of sweet pepper at the level of 45.6 t/ha – 62.5 t/ha, while effectively using water in irrigation fields, saving labor and energy resources.

References

1. Borodychev V. V., Lytov M. N. Algorithm for solving problems of soil water regime control during irrigation of agricultural crops // *Melioration and water management*. 2015. No. 1. P. 8-11.
2. Borodychev V. V., Lytov M. N. Technical and technological bases for regulating the hydro-thermal regime of agrophytocenosis in irrigation conditions // *Scientific life*. 2019. Vol. 14. No. 10 (98). Pp. 1484-1495.
3. Kireicheva L. V., Karpenko N. P. Evaluation of the efficiency of irrigation reclamation in the zonal row of soils // *Pochvovedenie*. 2015. No. 5. P. 587.
4. Magomedova D. S., Kurbanov S. A., Ramazanov D. M. Intensive technology of cultivation of sweet pepper under drop irrigation in the conditions of Dagestan // *Land reclamation and water management*. 2020. № 5. P. 12-16.
5. Maksyutov N. A., Zorov A. A. The influence of the main factors on the productivity of agricultural crops in drought conditions // *News of the Orenburg State Agrarian University*. 2016. No. 5 (61). P. 8-10.
6. Meshcheryakov M. P., Tyutyuma N. V. Increasing the productivity of vegetable crops when using natural sorbing materials in water-saving irrigation systems // *Journal of Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex*. 2014. No. 1(18). P. 27-30.
7. Ovchinnikov A. S., Borovoy E. P., Meshcheryakov M. P. Research of natural sorbing meliorants in water-saving irrigation // *Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education*. 2012. No. 1. P. 3-7.
8. Ovchinnikov A. S. Efficiency of irrigation water consumption in the irrigation of vegetable crops // *Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education*. 2017. № 4 (48). Pp. 46-52.
9. Technological techniques for managing the water regime of the soil on the estuaries of the Lower Volga region / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, M. P. Meshcheryakov, O. V. Bocharnikova, E. G. Meshcheryakova // *Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education*. 2018. № 4 (52). Pp. 15-22.
10. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil / T. P. Alekseeva [et al.]. Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, Branch of the Siberian Federal Agri-Science Centre, Russian Academy of Sciences. 2017. V. 33. P. 85-91.
11. Bochkarev G. R., Pushkareva G. I. On a new natural sorbent for the extraction of metals from aqueous media // *Physical and technical problems of mining*. 1988. № 4. P. 46-51.
12. Effects of deficit irrigation on the yield and irrigation water use efficiency of drip-irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under Mediterranean conditions / A. Abdelkhalik [et al.] // *Irrigation Science*. 2020. № 38 (1). P. 89-104.
13. Lodhi A. S., Kaushal A., Singh K. G. Water use efficiency for sweet peppers // *Best Management Practices for Drip Irrigated Crops*. 2015. № 6. P. 251-260.

Author's Information

Meshcheryakov Maxim Pavlovich, Associate Professor of the Department «Applied Geodesy, Nature Management and Water Use» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University» (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave, 26), Candidate of Technical Sciences, E-mail: maks-sln@yandex.ru.

Bolotin Dmitry Aleksandrovich, Research Assistant of the All-Russian Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), E-mail: da.bolotin@yandex.ru.

Meshcheryakova Elena Gennadyevna, Assistant of the Department «Applied Geodesy, Nature Management and Water Use» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University» (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave, 26), E-mail: ale-sn@yandex.ru.

Vedeneeva Varvara Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Research Assistant of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, (Russia, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave, 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6623-6062>, e-mail: vedeneeva-v@vfanc.ru.

Информация об авторах

Мещеряков Максим Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры "Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: maks-sln@yandex.ru.

Болотин Дмитрий Александрович, научный сотрудник отдела оросительных мелиораций ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, Россия, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), E-mail: da.bolotin@yandex.ru.

Мещерякова Елена Геннадьевна, ассистент кафедры "Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: alesn@yandex.ru.

Веденева Варвара Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН (400062, Россия, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6623-6062>, E-mail: vedeneva-v@vfanc.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-42

THEORY AND DIGITAL TECHNOLOGIES OF INTELLECTUAL SUPPORT FOR DECISION-MAKING TO INCREASE THE BIO-PRODUCTIVITY OF AGROEKOSYSTEMS BASED ON NEURAL NETWORK MODELS

K.E. Tokarev, A.Yu. Rudenko, V.A. Kuzmin, A.N. Chernyavsky

Volgograd State Agrarian University

Received 22.04.2021

Submitted 28.11.2021

Acknowledgments: *The reported study was funded by RFBR, project number 20-116-50027*

Abstract

Introduction. According to the «Strategy for Scientific and Technological Development of the Russian Federation» and within the framework of the «Digital Agriculture» program, in the coming years, one of the priority areas of development is the transition to a highly productive agricultural and aquaculture industry. The main direction of scientific and technological development in agriculture is to increase the biological productivity of agroecosystems through the development and implementation of intelligent decision support systems that implement neural network models that reflect real processes of crop cultivation. The relevance of the authors' scientific review of methods, algorithms and digital technologies implemented on the basis of neural networks is due to the systematization of approaches to increasing the biological productivity of agricultural systems based on operational monitoring of crops using satellite and unmanned aerial vehicle images. The purpose of the work is to review domestic and foreign scientific research in the field of intellectual decision support to increase the productivity of agricultural production based on neural network models, as well as present the results of our own software developments. **Materials and methods.** The authors carried out a structural-semantic analysis and synthesis of classical and modern approaches to increasing the productivity of agroecosystems, based on the mathematical and instrumental apparatus of neural networks and intelligent decision support. **Results and conclusions.** The results of the work of the developed software systems (Programs for EFM No. 2019665010, 2020663063, 2020666192, 2020663315) are presented for intelligent decision support based on multilayer neural networks, deep machine learning methods, computer vision and digital technologies that allow real-time monitoring of crops using satellite and, obtained from unmanned aerial vehicles, aerial photographs. The results obtained can be used to construct hybrid neural network models of a modified architecture for solving problems of operational monitoring of agrocenosis in real time.

Key words: *digital agriculture, precision agriculture, artificial intelligence, neural network models, agroecosystem, environmental standards.*

Citation. Tokarev K.E., Rudenko A.Yu., Kuzmin V.A., Chernyavsky A.N. Theory and digital technologies of intellectual support for decision-making to increase the bio-productivity of agroecosystems based on neural network models. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 421-440 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-42.

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

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

УДК 631.67:004.9

ТЕОРИЯ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ БИОПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ

К. Е. Токарев, кандидат экономических наук, доцент
А. Ю. Руденко, кандидат экономических наук, доцент
В. А. Кузьмин, кандидат экономических наук, преподаватель
А. Н. Чернявский, ассистент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 22.04.2021

Дата принятия 28.11.2021

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках
научного проекта № 20-116-50027**

Актуальность. Согласно «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» и в рамках реализации программы «Цифровое сельское хозяйство» в ближайшие годы одним из приоритетных направлений развития будет переход к высокопродуктивному агро-аквахозяйству. Магистральным направлением научно-технического развития в сельском хозяйстве является повышение биопродуктивности агроэкосистем на основе разработки и внедрения интеллектуальных систем поддержки принятия решений реализующих нейросетевые модели, отображающие реальные процессы возделывания культур. Актуальность проводимого авторами научного обзора методов, алгоритмов и цифровых технологий, реализованных на основе нейронных сетей, обусловлена систематизацией подходов к повышению биопродуктивности агроэкосистем на основе оперативного мониторинга посевов с использованием спутниковых и полученных с беспилотных летательных аппаратов снимков. **Цель работы** – провести обзор отечественных и зарубежных научных исследований в области интеллектуальной поддержки принятия решений для повышения продуктивности сельскохозяйственного производства на основе нейросетевых моделей, а также представить результаты собственных программных разработок. **Методы.** Авторами осуществлен структурно-семантический анализ и синтез классических и современных подходов к повышению продуктивности агроэкосистем, базирующихся на математическом и инструментальном аппаратах нейросетей и интеллектуальной поддержки принятия решений. **Результаты.** Представлены результаты работы разработанных программных комплексов (Программы для ЭФМ № 2019665010, 2020663063, 2020666192, 2020663315) для интеллектуальной поддержки принятия решений на основе многослойных нейросетей, методов глубокого машинного обучения, компьютерного зрения и цифровых технологий, позволяющих осуществлять оперативный мониторинг посевов с использованием спутниковых и полученных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) аэрофотоснимков. Полученные результаты могут использоваться для построения гибридных нейросетевых моделей модифицированной архитектуры для решения задач оперативного мониторинга агроценоза в режиме реального времени.

Ключевые слова: цифровое сельское хозяйство, точное земледелие, искусственный интеллект, нейросетевые модели, агроэкосистемы.

Цитирование. Токарев К. Е., Руденко А. Ю., Кузьмин В. А., Чернявский А. Н. Теория и цифровые технологии интеллектуальной поддержки принятия решений для увеличения биопродуктивности агроэкосистем на основе нейросетевых моделей. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 421-440. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-42.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений увеличения биопродуктивности агросистем, связанных с повышением плодородия почв, ресурсосбережением и соблюдением экологических норм, является использование цифровых технологий и интеллектуальных систем поддержки принятия решений в рамках программируемого управления агропроизводством на основе нейронных сетей. Развитие методов и алгоритмов глубокого машинного обучения позволило широко внедрять системы искусственного интеллекта в различные отрасли народного хозяйства, в том числе сельское хозяйство. Согласно «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» и в рамках реализации программы «Цифровое сельское хозяйство» в ближайшие годы одним из приоритетных направлений развития будет переход к высокопродуктивному агро-аквахозяйству [9, 26, 46,50].

Актуальность обзора теории и цифровых технологий повышения биопродуктивности агроэкосистем обусловлена тем, что методы математического и нейросетевого моделирования, поддержки принятия решений являются важнейшим направлением исследований в области создания интеллектуальных систем в сельском хозяйстве. Переход на новый технологический уклад агропромышленного комплекса невозможен без создания систем, основанных на знаниях, математических моделях и соответствующих программных комплексов.

Повышение плодородия почв связано с решением комплекса взаимоувязанных проблем, базовой из которых является отсутствие системного междисциплинарного подхода к анализу и планированию развития сложных агросистем. Другой проблемой является необходимость повышения плодородия почв при строгом соблюдении экологических норм и ограничений.

Прогрессивные сельхозпроизводители, использующие современные инструменты для сбора данных, имеют несколько тысяч точек сбора данных на полях. Однако сложности, возникающие в процессе контроля и управления информационными потоками в течение всего периода вегетации, порождают необходимость создания интеллектуальных систем обработки данных, базирующихся на анализе мультиспектральных данных, полученных с использованием дистанционного мониторинга.

Магистральным направлением построения идентификационных моделей и регуляторов в рамках реализации искусственных нейронных сетей (ИНС) является использование методов эволюционного моделирования, генетических алгоритмов, позволяющих осуществить обучение, тестирование и структурную оптимизацию нейромоделей. Переход на новый технологический уклад агропромышленного комплекса невозможен без создания систем, основанных на знаниях, математических моделях и соответствующих программных комплексов.

Классические подходы к решению задач обработки данных, компьютерного зрения, анализа и сегментации изображений, базирующиеся на глубоком машинном обучении с использованием компьютеризированных систем, рассматривались в работах Churchland P. S. [41], Aleksander I. [43], McCulloch W. S. [33], Винера Н. [6], Hebb D. O. [38], Rosenblatt F. [48], Башкирова О. А. [30]. Современные подходы программного

управления в точном земледелии с использованием цифровых технологий исследовались Соловьевым Д. А. [18], Cheng G. и Bian, X., Cheng T. [31-32, 45], Трухачевым В. И. [35] Аксеновым А. Г. [1], Russello H. [39], Тимошиным В. Н. [15] и др.

Проблемы мониторинга состояния агрофитоценозов в режиме онлайн с использованием компьютеризированных технологий нейросетевого анализа и сегментации снимков высокого разрешения, полученных преимущественно средствами дистанционного зондирования и аэросъемки, рассмотрены в научных трудах Захарова Р. В. [11], Николенко С. [20], Рогачева А. Ф. [23, 24, 44, 47], Сулейманова С. Р. [25], Юна Г. Н. [29], Трухачева В. И. [35], Михайленко И. М. [16, 17] и др.

Исследование проблем повышения биопродуктивности на основе оценки воздействия почвенно-климатических и агрометеорологических факторов с использованием инструментальных средств обработки спектральных изображений с беспилотных летальных аппаратов позволило сформулировать задачу мультиклассового распознавания и сегментации аэрофотоснимков для повышения продуктивности агроценозов, которая рассмотрена в работах Заводчикова Н. Д. [10], Гудфеллоу Я. [8], Каширина И. Л. [14], Чжана С. [51], Кругликова С. [40].

Проблемы управления программируемым аграрным производством на примере многолетних ретроспективных данных урожайности сельскохозяйственных культур в сложных условиях с использованием нейросетевой системы рассмотрены в работах Бородычева В. В. [27], Заводчикова Н. Д., Спешиловой Н. В., Таспаева С. С. [10], Мелиховой Е. В. [7, 24], Михайленко И. М. [16], Кашириной И. Л., Демченко М. В. [14] и др.

Вопросами использования систем компьютерного зрения на основе геоинформационного мониторинга с дальнейшим распознаванием искусственными нейронными сетями занимались А. А. Воронцов [12], Череватова Т. Ф., Ермолаева О. С. [28], Алферьев Д. А. [2], Булкина В. И. [4, 5]. Исследования Железновой С. В. [19], Князь В. В. [13], Долженко В. А. [22], Сыч А. С. [21] посвящены анализу аэрофотоснимков посевов сельскохозяйственных культур, сделанных БПЛА с использованием мультиспектральной камеры.

Обзор архитектур нейронных сетей. Искусственные нейронные сети (ИНС) представляют собой компьютерные системы, моделирующие работу биологических нейронов с возможностью осуществления параллельной обработки, способностью к обучению, обобщению информации и накопленным знаниям. Развитие методов компьютерного зрения, обработки и сегментации изображений с использованием глубокого машинного обучения обусловлено многообразием архитектур нейронных сетей (таблица 1).

Таблица 1 – Многообразие архитектур нейронных сетей глубокого обучения
(составлено авторами)

Table 1 – Diversity of deep learning neural network architectures (compiled by the authors)

Наименование и способ обучения / Name and method of training	Архитектура / Architecture	Предназначение / Purpose
1	2	3
Нейронная сеть Хопфилда, обучение с учителем / Hopfield neural network, learning with a teacher	Полносвязная сеть с симметричной матрицей связей / A fully connected network with a symmetric connection matrix	Используется для восстановления изображений, решения задач оптимизации и др. / It is used to restore images, solve optimization problems, etc.
Рекурсивная сеть, стохастический метод градиентного спуска	Бинарное дерево / Binary Tree	Анализ данных переменной длины, обработка естественного языка (NLP) / Variable-length data analysis, natural language processing (NLP)

Окончание таблицы 1

1	2	3
Сети Элмана и Джордана / Recursive network, a stochastic gradient descent method Elman and Jordan Networks	Трехслойная нейронная сеть с набором контекстных блоков / A three-layer neural network with a set of context blocks	Анализ последовательностей в системах управления движущимися объектами / Sequence analysis in moving object control systems
Машина Больцмана, обучение по внутренним представлениям («без учителя») / Boltzmann machine, learning from internal representations ("without a teacher")	Стохастически-генеративная модификация нейросетей Хопфилда / Stochastic-generative modification of the Hopfield neural network	Решение сложных комбинаторных задач (выделение признаков, классификация, фильтрация признаков, тематическое моделирование / Solving complex combinatorial problems (feature extraction, classification, feature filtering, thematic modeling)
Сверточная нейронная сеть, обучение «с учителем» методом обратного распространения ошибки и его модификаций / Convolutional neural network, learning «with a teacher» by the method of backward error propagation and its modifications	Сверточный, субдискретизирующий и полносвязный (выходной) слои / Convolutional, sub-sampling, and fully connected (output) layers	Решение задач классификации и компьютерного зрения / Solving classification and computer vision problems
Рекуррентная нейронная сеть / Recurrent neural network	Узлы, соединенные между собой связями / Nodes connected by links	Автоматическое дополнение информации, решение задач распознавания / Automatic addition of information, solving recognition problems
Сеть Кохонена (самоорганизующиеся карты) – итерационное обучение «без учителя» / Kohonen network (self-organizing maps) - iterative learning «without a teacher»	Двумерная топологическая карта из двух слоев: «input» и «output» / Two-dimensional topological map consisting of two layers: «input» and «output»	Кластеризация и предобработка данных / Clustering and data preprocessing
Многослойный персептрон, обучение с учителем и алгоритм обратного распространения ошибки / Multi-layer perceptron, teacher training, and error back propagation algorithm	Трехслойная нейронная сеть (входной, выходной и скрытый слои) / Three-layer neural network (input, output, and hidden layers)	Многомерный анализ больших объемов данных / Multidimensional analysis of large amounts of data
Автокодировщик («глубокие» нейронные сети) / Auto-encoder («deep» neural networks)	Модификация сети прямого распространения / Modification of the direct distribution network	Уменьшение размерности многомерных данных в рамках решения задач визуализации / Reducing the dimension of multidimensional data in the framework of solving visualization problems
Разреженный автокодировщик – обучение «без учителя»	Модификация сети Автокодировщик	Уменьшение размерности данных / Reducing the data dimension

Наиболее перспективным видом искусственных нейронных сетей, используемых для анализа и классификации изображений в виде цифровых снимков высокого разрешения, в том числе полученных с использованием данных дистанционного зондирования и спутникового мониторинга, являются сверточные сети (Convolutional Neural Networks – CNN), относящиеся к третьему поколению нейромоделей.

Созданная в 1980 году биологически-мотивированная модель «Neocognitron» (рисунок 1) [36], призванная решать задачи трансляционно-инвариантной обработки изображения, предопределила популярность использования CNN в области компьютерного зрения [36, 42].

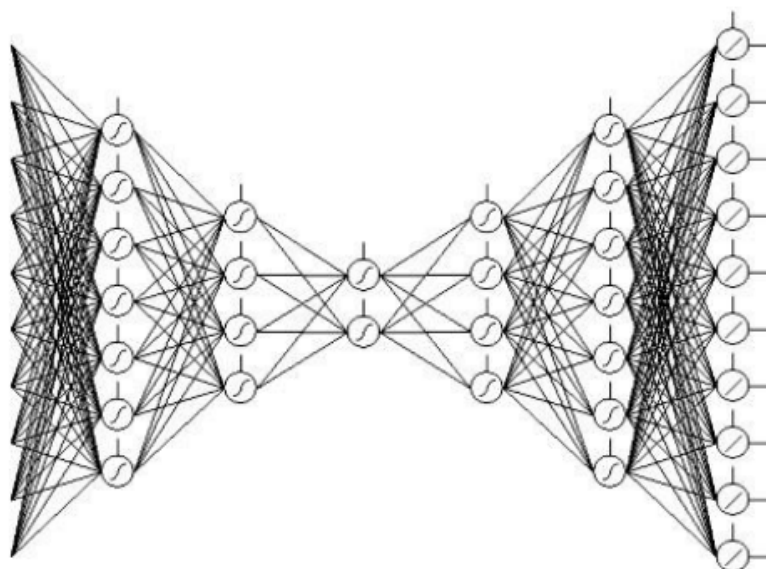


Рисунок 1 – Структура неокогнитрона [36]

Figure 1 – Neocognitron structure [36]

Convolutional Neural Networks классической архитектуры представляют собой многоступенчатый каскад сетей прямого распространения, в структуру функционирования которых входят сверточные слои, слои объединения и слои прямого распространения с обучением. Логическая структура свёрточной сети представлена на рисунке 2.

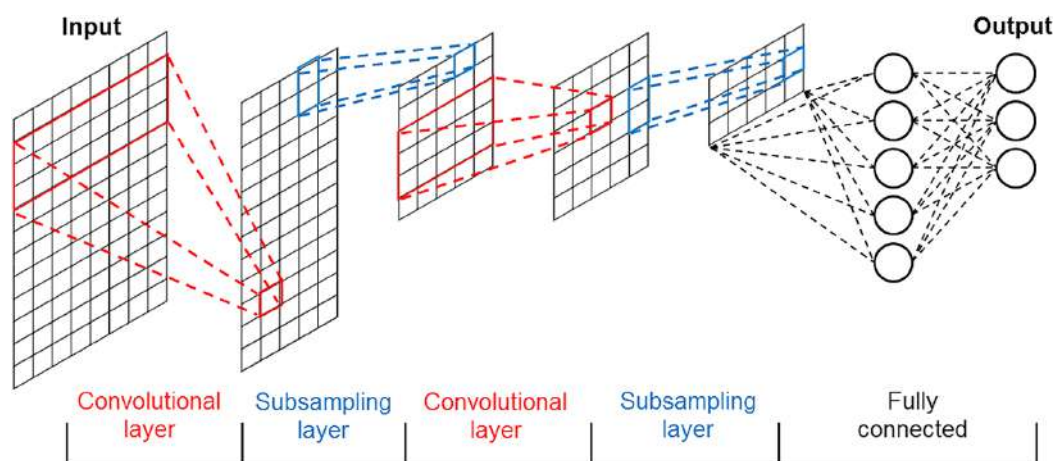


Рисунок 2 – Логическая структура свёрточной сети (составлено по материалам [36, 37])

Figure 2 – Logical structure of the convolutional network (compiled from the materials [36, 37])

Выбор свёрточной нейронной сети обусловлен тем, что на данный момент у данной разновидности нейронных сетей один из лучших алгоритмов распознавания и классификации изображений. По сравнению с полносвязной нейронной сетью у нее гораздо меньшее количество настраиваемых весов. Главной особенностью свёрточной

нейронной сети является реализация процедур «свёртки», представляющих собой уменьшение размера матрицы признаков изображений, подаваемых на вход сети. Для получения ячейки матрицы уменьшенного размера элементы исходной матрицы в определенной области умножают на вес с последующим суммированием всех элементов в этой области. Чтобы получить следующую ячейку уменьшенной матрицы, происходит сдвиг области и выполнение тех же действий.

В настоящий момент один из лучших алгоритмов решения задач компьютерного зрения в рамках распознавания и классификации изображений реализован в свёрточной модели нейросети. Ключевой особенностью свёрточной модели является реализация процедуры «свертки» для оптимизации размера матрицы признаков подаваемого на вход изображения:

$$(I * K) = \sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^w K_{ij} \times I_{x+i-1,y+k-1}$$

где I – исходная матрица признака, K – матрица весов, x, y – индексы выбранного блока, h, w – высота и ширина.

Пример реализации процедуры «свертки» изображения, поступающего на вход, представлен на рисунке 3 [37].

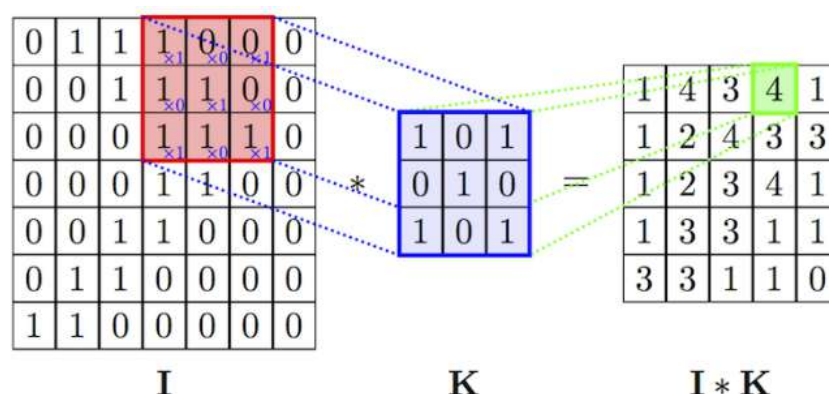


Рисунок 3 – Пример реализации процедуры «свертки» изображения, поступающего на вход [37]

Figure 3 – An example of the implementation of the procedure for «convolution» of the image received at the input [37]

Сверточные нейронные сети глубокого обучения (deep learning CNN) благодаря большой емкости сети и динамическим наполнением датасетов изображений продемонстрировали большие возможности в решении задач обработки изображений высокого разрешения, полученных по данным спутникового мониторинга и дистанционного зондирования. Блок-схема процесса обучения нейронной сети для разработанного авторами программного комплекса (Токарев К. Е. и др. Программа для распознавания и визуализации проблемных участков посевов сельскохозяйственных культур по данным спутникового мониторинга и дистанционного зондирования // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020663315, 26.10.2020. Заявка № 2020662046 от 12.10.2020) анализа снимков дистанционного зондирования и спутникового мониторинга представлена на рисунке 4.

В работе [34] предложен алгоритм классификации гиперспектральных изображений, базирующийся на свёрточной нейронной сети глубокого обучения из пяти слоев (input-слой, output-слой, свёрточный и полносвязный слои, слой «max pooling»). Иссле-

дование нейромодели на гиперспектральных данных дистанционного мониторинга с размерами областей 512 на 217 пикселей и пространственным разрешением в 20 метров показало высочайшую точность распознавания (более 90 %). Сверточные нейросети глубокого обучения, обученные на больших датасетах (более 5 000 тыс. изображений), были использованы в задачах сегментации зрительных сцен. Предложенные сценарии идентификации глобальных характеристик изображений позволили достичь точности сегментации изображений на уровне 96-98 % [34].

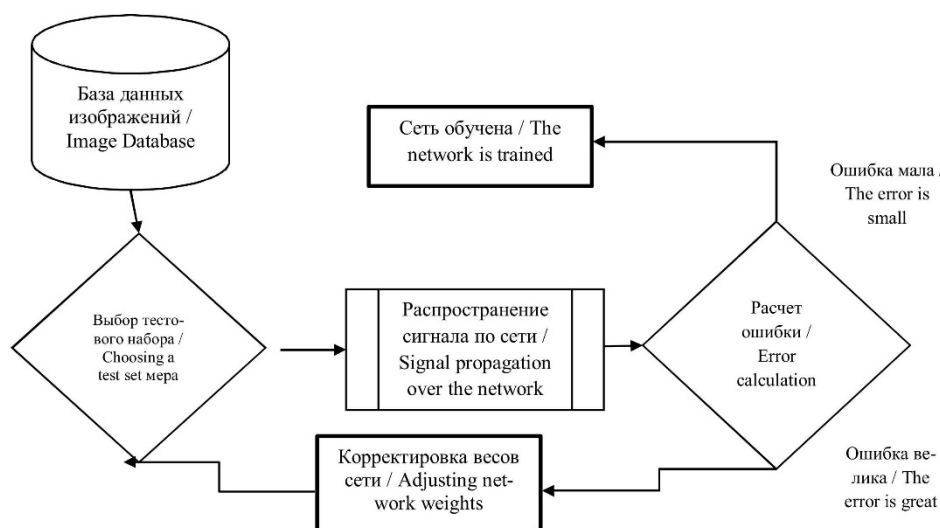


Рисунок 4 – Блок-схема процесса обучения нейронной сети для анализа снимков дистанционного зондирования и спутникового мониторинга (составлена авторами)

Figure 4 – Block diagram of the process of classification of images of agricultural crops and localization of extracted plots (compiled by the authors)

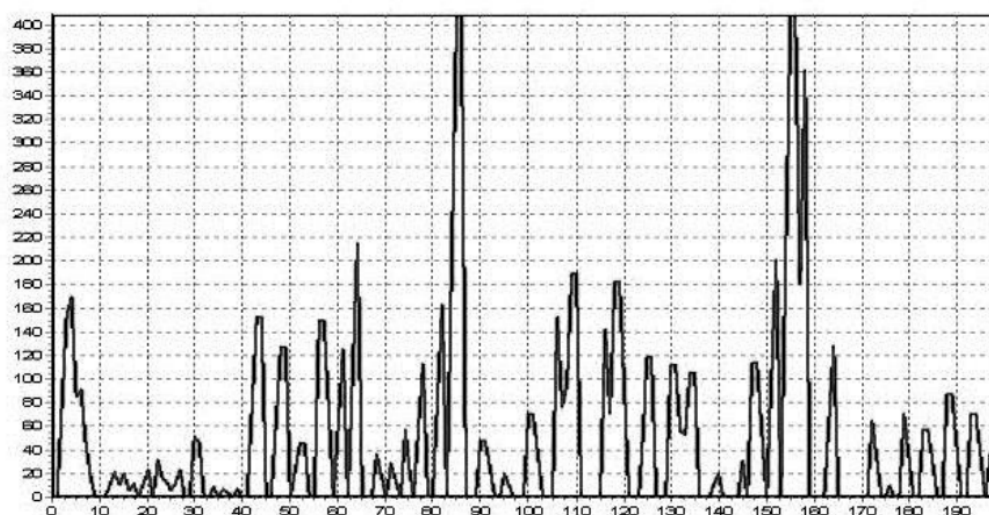


Рисунок 5 – Пример спектра белка пшеницы [52]

Figure 5 – Example of wheat protein spectrum [52]

Подход к использованию CNN глубокого обучения для решения задач классификации сортов пшеницы по денситограммам (рисунок 5), базирующийся на анализе одномерного изображения в виде полосы электрофореграммы после оцифровки пред-

ставлен в работе [3]. Процедура уменьшения размерности данных методов главных компонент с последующей обработкой глубокой нейронной сетью позволила выделить 64 основных признака для точного восстановления в выходном слое без потери точности после сжатия изображения.

Разработанный авторами алгоритм (рисунок 6) классификации аэрофотоснимков посевов сельскохозяйственных культур, идентификации и анализа их состояния с возможностью локализации экстрагированных участков позволил реализовать программную систему на основе web-интерфейса с возможностью мониторинга посевов в режиме онлайн с использованием мобильных устройств (Токарев К. Е. Кроссплатформенная мобильная система идентификации и анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур с WEB-интерфейсом // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021610501, 14.01.2021. Заявка № 2020667401 от 23.12.2020).

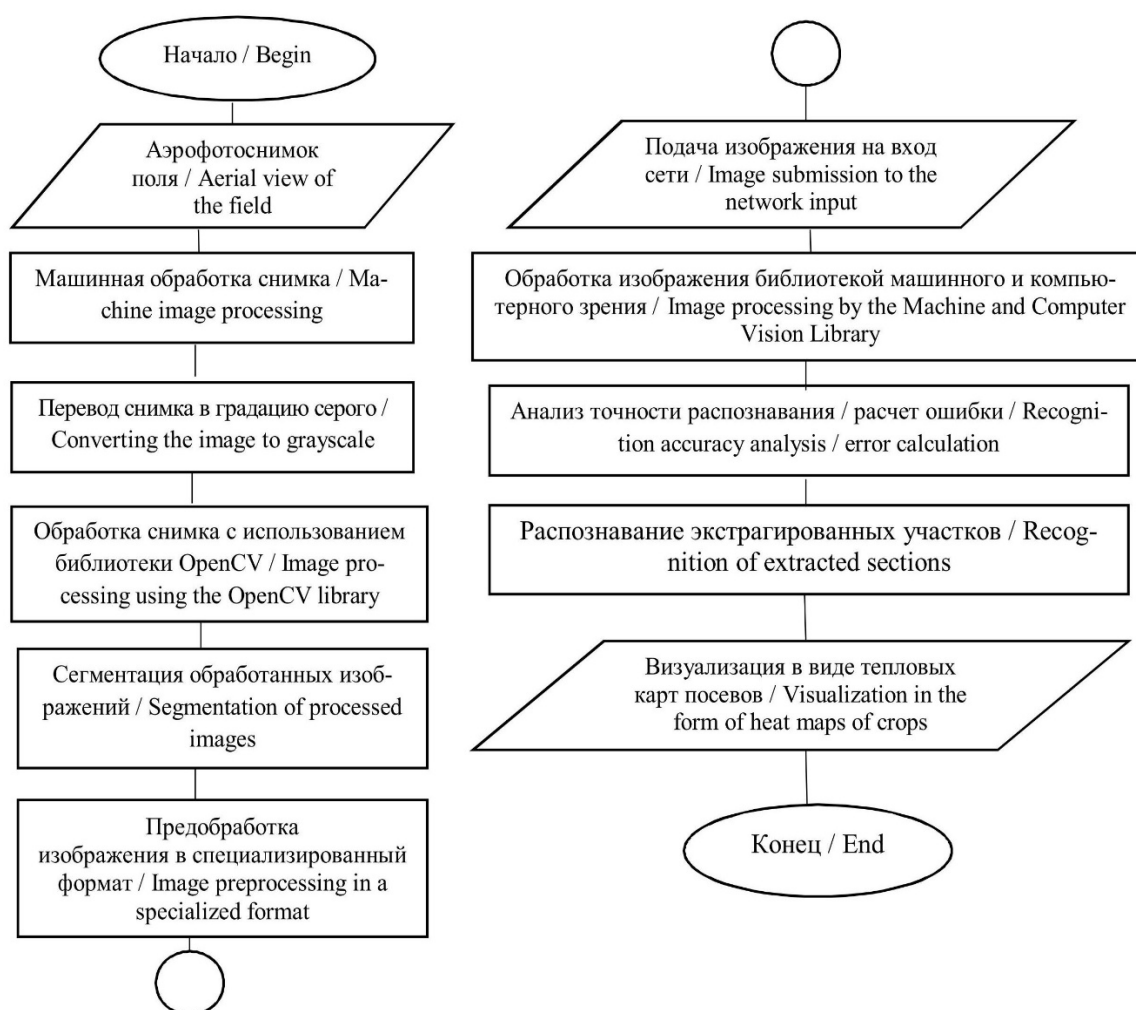


Рисунок 6 – Блок-схема процесса классификации снимков посевов сельскохозяйственных культур и локализации экстрагированных участков (составлена авторами)

Figure 6 – Block diagram of the process of classification of images of agricultural crops and localization of extracted plots (compiled by the authors)

Подходы, развиваемые в этом классе задач, могут оказаться полезными при решении задач восстановления характеристик атмосферы и подстилающей земной поверхности по гиперспектральным спутниковым данным.

Результаты. В рамках научных исследований сотрудников ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, посвященных проблемам интеллектуальной поддержки принятия решений для увеличения биопродуктивности агроэкосистем на основе нейросетевых моделей, глубокого машинного обучения, цифровых технологий и реализующих их компьютерных систем при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Гранты № 19-416-343006; 20-116-50027; 17-12-34-048-ОГН; 18-416-342015 и др.), а также Совета по грантам Президента РФ (МК-592.2020.11), реализован комплекс программных средств [34]:

1. Многослойная нейронная сеть глубокого обучения для анализа аэрофотоснимков сельскохозяйственных культур. Программа предназначена для распознавания, обработки и анализа в качестве объектов идентификации аэрофотоснимков сельскохозяйственных культур на основе использования многослойной нейронной сети глубокого обучения. Использование программного средства возможно для исследования и изучения особенностей возделывания в условиях орошения и дифференцированного размещения (рисунок 7 – Токарев К. Е., Кузьмин В. А., Руденко А. Ю., Процюк М. П. Многослойная нейронная сеть глубокого обучения для анализа аэрофотоснимков сельскохозяйственных культур // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019666234, 06.12.2019. Заявка № 2019665010 от 25.11.2019.).

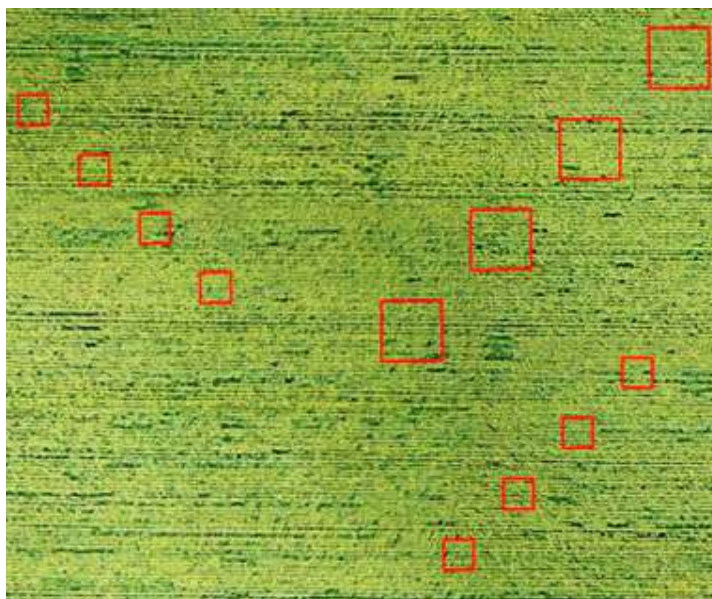


Рисунок 7 – Результат сегментации аэрофотоснимка посевов сельскохозяйственных культур

Figure 7 - The result of segmentation of aerial photographs of agricultural crops

2. Сегментация изображений посевов сельскохозяйственных культур по цифровым аэрофотоснимкам с беспилотных летательных аппаратов. Программа предназначена для обработки и сегментации цифровых аэрофотоснимков посевов сельскохозяйственных культур высокого разрешения, сделанных преимущественно с беспилотных летательных аппаратов, по заданным пользователем параметрам с использованием специализированных библиотек глубокого машинного обучения для последующей обработки искусственными нейронными сетями различных архитектур (рисунок 8 – Токарев К. Е. Программа для сегментации изображений посевов сельскохозяйственных культур по цифровым аэрофотоснимкам с БЛА // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020663063, 22.10.2020. Заявка № 2020662104 от 12.10.2020).

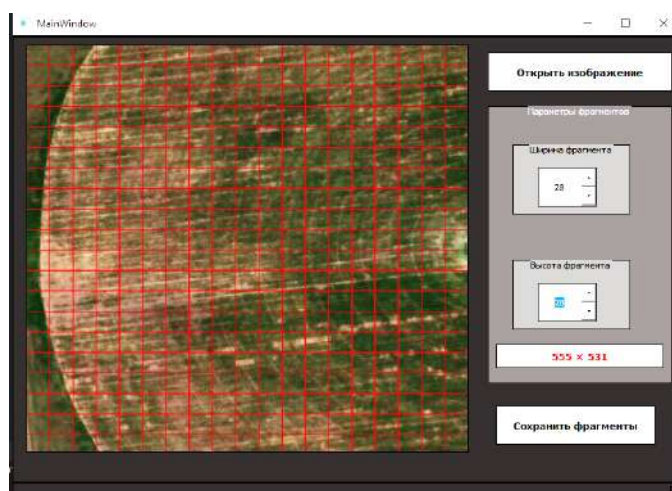


Рисунок 8 – Интерфейс модуля сегментации изображений посевов сельскохозяйственных культур по цифровым аэрофотоснимкам с БЛА

Figure 8 - Interface of the module for segmentation of images of agricultural crops based on digital aerial photographs from UAVs

3. Распознавание и визуализация проблемных участков посевов сельскохозяйственных культур по данным спутникового мониторинга и дистанционного зондирования. Программа предназначена для распознавания и обработки в качестве объектов идентификации данных спутникового мониторинга и дистанционного зондирования в виде цифровых изображений высокого разрешения с использованием специализированных библиотек глубокого машинного обучения и последующей визуализацией результатов в виде тепловых карт посевов сельскохозяйственных культур с сегментированием проблемных участков (рисунок 9 – Токарев К. Е. Кроссплатформенная мобильная система идентификации и анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур с WEB-интерфейсом // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021610501, 14.01.2021. Заявка № 2020667401 от 23.12.2020).

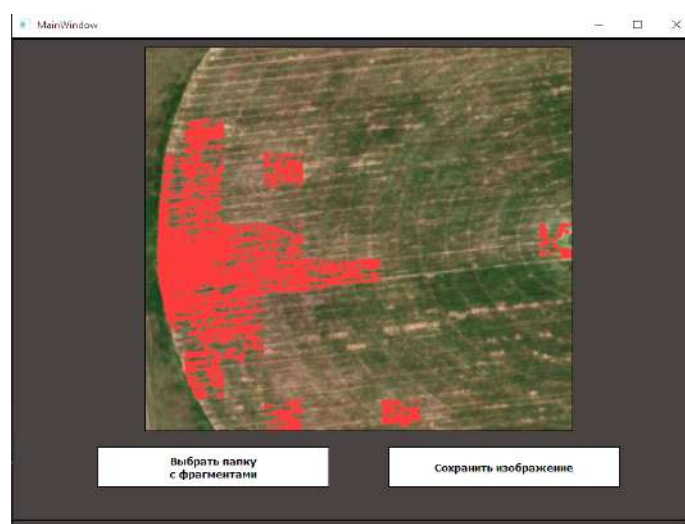


Рисунок 9 – Интерфейс модуля распознавания и визуализации проблемных участков посевов сельскохозяйственных культур по данным спутникового мониторинга и дистанционного зондирования

Figure 9 – Interface of the module for recognizing and visualizing problem areas of agricultural crops based on satellite monitoring and remote sensing data

4. Оценка водно-физических свойств почв в условиях орошения. Программа предназначена для оценки водно-физических свойств почв в условиях орошения и расчета коэффициента увлажнения по заданным пользователем данным. Область применения программы: сельскохозяйственное производство. Функции программы: оценка водно-физических свойств почв и составление рекомендаций по их оптимизации, расчет коэффициента увлажнения с учетом количества осадков за расчетный период и подекадных значений (рисунок 10 - Токарев К. Е. Программа для расчета режимов орошения и оперативного планирования поливов в режиме реального времени // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020666192, 04.12.2020. Заявка № 2020665251 от 24.11.2020.).

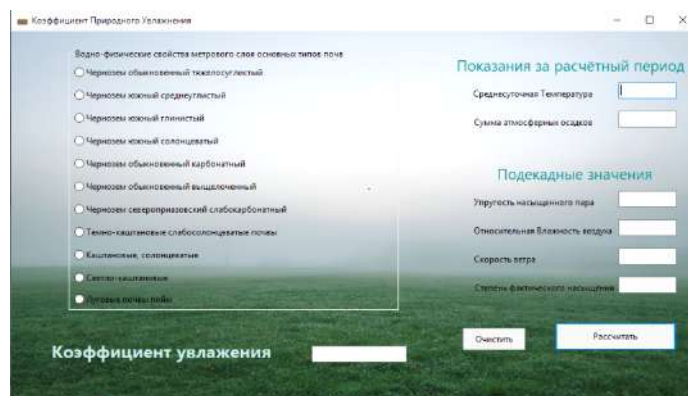


Рисунок 10 – Диалоговое окно модуля расчета коэффициента увлажнения

Figure 10 – Dialog box of the module for calculating the moisture coefficient of the module

5. Кроссплатформенная мобильная система идентификации и анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур с WEB-интерфейсом. Кроссплатформенная мобильная система предназначена для идентификации и анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур по данным спутникового мониторинга и дистанционного зондирования в виде цветных аэрофотоснимков. Область применения программы: сельскохозяйственное производство. Функции программы: обработка цветных аэрофотоснимков, поиск, обработка и визуализация проблемных участков посевов сельскохозяйственных культур с помощью специализированных библиотек и вегетационных индексов (Рисунок 11 - Токарев К.Е. Кроссплатформенная мобильная система идентификации и анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур с WEB-интерфейсом // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021610501, 14.01.2021. Заявка № 2020667401 от 23.12.2020.).

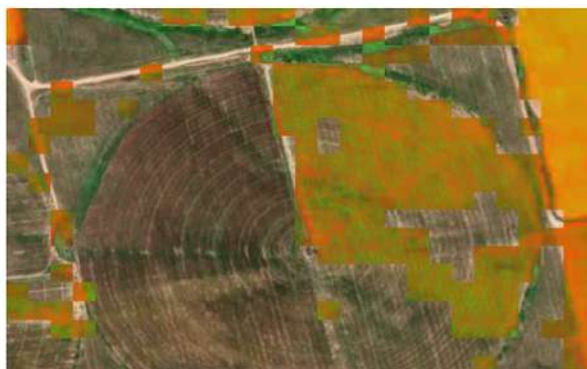


Рисунок 11 – Диалоговое окно визуализации результатов обработки аэрофотоснимка с выделением осушенных участков

Figure 11 – Dialog box for visualizing the results of processing an aerial photo with the selection of drained areas

6. Нейросетевая классификация состояния посевов сельскохозяйственных культур по цветным изображениям высокого разрешения. Программа предназначена для решения задачи бинарной классификации состояния посевов сельскохозяйственных культур по цветным аэрофотографическим изображениям высокого разрешения с помощью искусственной нейронной сети. Сеть включает сверточные и полносвязные слои. Исходные данные для обучения искусственной нейронной сети группируются в двух директориях. При обучении применена аугментация цветных изображений участков сельскохозяйственных полей (рисунок 12 - Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В., Рыжова Т. А., Белоусов И. С. Нейросетевая классификация состояния посевов сельскохозяйственных культур по цветным изображениям высокого разрешения // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020611604, 05.02.2020. Заявка № 2019665063 от 25.11.2019).

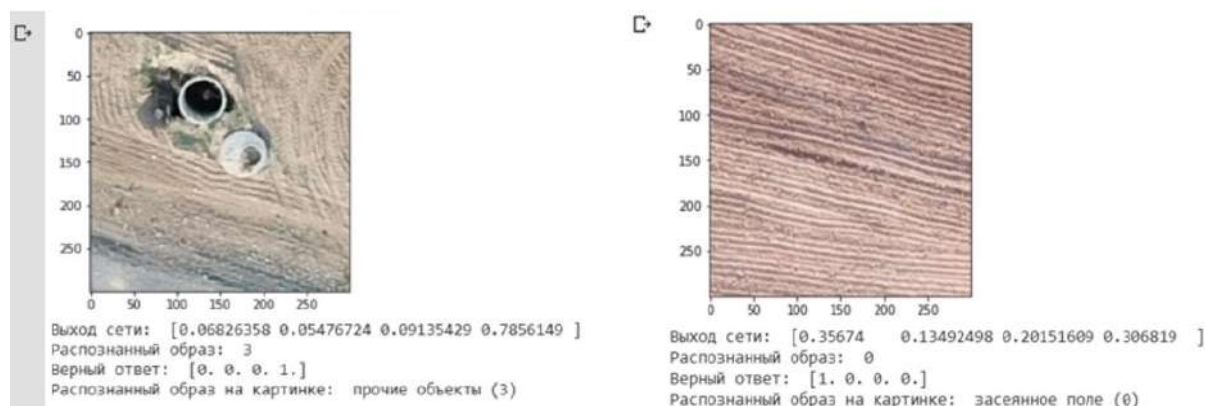


Рисунок 12 – Результаты распознавания тестовых изображений объектов классов «Прочие объекты», «Засеянное поле»

Figure 12 – Results of recognition of test images of objects of the «Other objects» and «Seeded field» classes

7. База данных цветных изображений сельскохозяйственных полей для обучения искусственных нейронных сетей. База данных содержит совокупность цветных изображений участков сельскохозяйственных полей и предназначена для обучения искусственных нейронных сетей для решения задачи классификации состояния посевов сельскохозяйственных культур по изображениям высокого разрешения. Совокупность цветных изображений сгруппирована в двух директориях, соответствующих состоянию анализируемых участков полей, и может использоваться для формирования обучающих, проверочных и тестовых выборок при обучении ИНС. С использованием базы данных в процессе обучения ИНС может быть применена аугментация цветных изображений участков сельскохозяйственных полей (Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В., Боровой Е. П. База данных цветных изображений сельскохозяйственных полей для обучения искусственных нейронных сетей // Свидетельство о регистрации базы данных 2020620950, 11.06.2020. Заявка № 2020620840 от 01.06.2020).

Развитие полученных авторами результатов возможно в направлении создания гибридных нейронных сетей модифицированной архитектуры для решения задач оперативного мониторинга агроценоза в режиме реального времени.

Выводы. Проведенный авторами обзор отечественных и зарубежных исследований, а также собственных разработок, посвященных проблемам повышения биопродуктивности с использованием компьютерных систем поддержки принятия решений, реализующих нейросетевые алгоритмы, позволил выделить ключевые проблемы, требующие решения и дальнейшего исследования:

- обеспечение разработки компьютерных информационно-управляющих систем мониторинга агроценозов в режиме реального времени;
- модернизация цифровых оболочек обработки данных дистанционного мониторинга, интеграция в них облачных технологий, систем обработки больших массивов данных и методов глубокого машинного обучения;
- разработка программных комплексов, реализующих алгоритмы нейросетевого моделирования и компьютерного зрения;
- использование универсальных мобильных телекоммуникационных средств для решения вспомогательных задач сельскохозяйственного производства на основе спутникового мониторинга и дистанционного зондирования;
- разработка программных комплексов мониторинга развития агробиоценозов с учетом почвенно-климатических и агробиологических условий, оснащенных эргономичным Web-интерфейсом;
- совершенствование методов повышения продуктивности земель с.-х. назначения с учетом почвенно-климатических, агроэкологических факторов в условиях мелиорации, базирующихся на оперативных результатах спутникового мониторинга территорий и данных дистанционного зондирования;
- использование данных дистанционного зондирования полученных с использованием беспилотных летательных аппаратов для мониторинга мелиоративного состояния агроценозов в режиме онлайн;
- разработка интеллектуальных моделей и методов обработки информации, учитывающих специфику сохранения земель, ресурсосбережения и повышение уровня воспроизводства сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Аксенов А. Г. Анализ интеллектуальных систем поддержки принятия решений в сельском хозяйстве // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 3 (36). С. 46-51.
2. Алферьев Д. А. Практика реализации сверточных нейронных сетей в сельском хозяйстве и агропромышленном комплексе // АгроЗооТехника. 2020. Т. 3. № 2. С. 4.
3. Басс Л. П., Кузьмина М. Г., Николаева О. В. Сверточные нейронные сети с глубоким обучением в задачах обработки гиперспектральных спутниковых данных // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2018. № 282. 32 с.
4. Булкин В. И. Создание интеллектуальных систем в промышленности и сельском хозяйстве на основе управляемого синтеза искусственных нейронных сетей // Промышленность и сельское хозяйство. 2020. № 4 (21). С. 68-75.
5. Булкин В. И. Создание интеллектуальных систем в промышленности и сельском хозяйстве с использованием технологии параллельно-последовательной обработки знаний // Промышленность и сельское хозяйство. 2020. № 11 (28). С. 102-110.
6. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. М.: Сов. радио, 1968. 357 с.
7. Гагарин А. Г., Рогачев А. Ф. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования урожайности на основе анализа кросс-региональных данных // Известия НВ АУК. 2018. № 2. С. 339-346.
8. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. М.: ДМК Пресс, 2018. 652 с.
9. Дубенок Н. Н., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Алгоритм учета пространственной неоднородности исходных характеристик орошаемого участка на основе ГИС-технологий // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 1. С. 66-70.
10. Заводчиков Н. Д., Спешилова Н. В., Таспаев С. С. Использование нейросетевых технологий в прогнозировании эффективности производства зерна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (51). С. 216-219.
11. Захарова Р. В., Гайнутдинов И. Г. Применение беспилотного летательного аппарата при десикации масличных культур // Вектор экономики. 2018. № 11 (29). С. 118.

12. Зверева В. И., Воронцов А. А. Искусственные нейронные сети и геоинформационные технологии в сельском хозяйстве // Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта. 2019. № 1 (6). С. 191-196.
13. Использование глубоких свёрточных нейронных сетей для автоматического выделения препятствий на взлетно-посадочной полосе по данным видимого и инфракрасного диапазона / В. В. Князь [и др.] // Научная визуализация. 2017. Т. 9. № 4. С. 89-96.
14. Каширина И. Л., Демченко М. В. Исследование и сравнительный анализ методов оптимизации, используемых при обучении нейронных сетей // Вестник ВГУ. Системный анализ и информационные технологии. 2018. № 4. С. 123-132.
15. Михайленко И. М., Тимошин В. Н. Экспертные системы программного управления в точном земледелии // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 2. С. 11-16.
16. Михайленко И. М. Развитие методов и средств применения данных дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве // Тенденции развития науки и образования. 2018. № 41-3. С. 70-83.
17. Михайленко И. М. Управление агротехнологиями и роботизированные и роботизированные средства реализации // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 1 (30). С. 242-258.
18. Моделирование нейроуправления скоростью дождевальных машин / Д. А. Соловьев [и др.] // Аграрный научный журнал. 2020. № 7. С. 81-84.
19. Мониторинг посевов озимой пшеницы с применением беспилотной аэрофотосъемки и оптического датчика GreenSeeker RT200 / С. В. Железова [и др.] // Вестник Оренбургского государственного университета. 2016. № 6. С. 56-61.
20. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. СПб.: Питер, 2018. 480 с.
21. Применение аэрофотосъёмки с применением мультиспектральной камеры в комплексе с нейросетью в сельском хозяйстве / А. С. Сыч [и др.] // Chronos. 2019. № 9 (36). С. 26-28.
22. Применение мультиспектральной аэрофотосъёмки в комплексе с нейросетью для автоматизации мониторинга в сельском хозяйстве / В. А. Долженко [и др.] // Научные технологии и инновации (XXIII научные чтения): сборник докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию БГТУ им. В. Г. Шухова. 2019. С. 33-37.
23. Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В., Белоусов И. С. Исследование развития и продуктивности сельскохозяйственных культур с применением беспилотных летательных аппаратов // Известия НВ АУК. 2020. № 3 (59). С. 397-406.
24. Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В. Обоснование алгоритмов и инструментария для нейросетевого прогнозирования урожайности агрокультур с использованием ретроспективных данных // Известия НВ АУК. 2020. №1. С. 290-302.
25. Сулейманов С. Р., Логинов Н. А. Перспектива использования дистанционного зондирования земли и БПЛА в сельском хозяйстве Татарстана // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. Т. 12. № 4 (46). С. 17-19.
26. Теория и технологии управления орошением сельскохозяйственных культур на основе информационных технологий поддержки принятия решений и математического моделирования / К. Е. Токарев [и др.] // Известия НВ АУК. 2020. № 4 (60). С. 433-448.
27. Факторный анализ данных по урожайности раннего картофеля в полевом опыте и обработка результатов имитационного моделирования / В. В. Бородычев [и др.] // Известия НВ АУК. 2020. № 2 (58). С. 404-419.
28. Череватова Т. Ф., Ермолаева О. С. Искусственный интеллект: диагностика болезней растений по распознаванию изображений // Экономика и предпринимательство. 2021. № 2 (127). С. 980-985.
29. Юн Г. Н., Мединский Д. В. Применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // Научные технологии. 2017. Т. 36. № 4. С. 35-41.
30. Bashkirov O. A., Bravermann E. M., Muchnik I. B. Potential function algorithms for pattern recognition learning machines // Automation and Remote Control. - 1964. - N 25. - P. 629-631.
31. Bian, X., Chen, C. Fusing local and global features for high-resolution scene classification // IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens. 2017. V. 10 (6). P. 2889-2901.

32. Cheng G., Li Z. Remote sensing image scene classification using bag of convolutional features // IEEE Geosci. Remote Sensing Lett. 2017. V. 14 (10). P. 1735-1739.
33. Chlingaryan A., Sukkariyeh S., Whelan B. Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review // Comput. Electron. Agricult. 2018. Vol. 151. P. 61-69.
34. Deep convolutional neural networks for hyperspectral image classification / W. Hu [et al.] // Journal of Sensors. 2015. V. 2015. No. 258619.
35. Estimation of condition of cultivated pastures under remote sensing of earth / V. I. Trukhachev // Engineering for Rural Development Proceedings. 2019. P. 442-449.
36. Fukushima K. Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position // Biol. Cybern. 1980. V. 36. No. 4. P. 193-202.
37. Goodfellow I. Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series) // The MIT Press. 2016. Nov. P. 800.
38. Hebb D. O. The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory. New York: Wiley, 1949. 358 p.
39. Kadhim V. A., Abed M. H. Convolutional Neural Network for Satellite Image Classification // Studies in Computational Intelligence. 2020 P. 165-178.
40. Kitonsa H., Kruglikov S. V. Significance of drone technology for achievement of the united nations sustainable development goals // R-Economy. 2018. V. 4. № 3. P. 115-120.
41. Khaki, Wang L. Crop yield prediction using deep neural networks // Frontiers Plant Sei. 2019. Vol. 10. P. 621.
42. Krizhevsky A., Sutskever I., and Hinton G., Imagenet classification with deep convolutional neural networks // Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS). Lake Tahoe. NV, USA, 2012. P. 1097-1105.
43. Machine learning in agriculture: A review / K. G. Liakos [et al.] // Sensors. 2018. Vol. 18. No. 8. P. 2674.
44. Melikhova E.V. Information system and database for simulation of irrigated crop growing / Melikhova E.V., Rogachev A.F., Skiter N.N. // Studies in Computational Intelligence. 2019. T. 826. P. 1185-1191.
45. Recent Advances in Remote Sensing for Crop Growth Monitoring [Tekst] / Cheng, T.; Yang, Z.; Inoue, Y.; Zhu, Y.; Cao, W. Preface // Remote Sens. – 2016. – № 8. – P. 116.
46. Review of modern technologies intellectual decision support in the reclamation of agricultural crops / Tokarev K.E., Nekrasova T.N., Popova O.V., Lebed N.I. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2. Ser. "Mathematical Modeling of Technical and Economic Systems in Agriculture II" 2020. P. 012023.
47. Rogachev A. F., Melikhova E. V., Shokhnekh A. V. Monitoring and economic & mathematical modeling of manufacture and consumption of agricultural products as a tool of food security management // Espacios. 2018. V. 39. № 1. P. 1.
48. Rosenblatt F. The Perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain // Psychological Review. 1958. N 65. P. 386-408.
49. Simonyan K., Vedaldi A., Zisserman A. Deep inside convolutional networks: visualizing image classification models and saliency maps. arXiv preprint arXiv:1312.6034, 2013.
50. Vegetative indices dynamics modeling based on multispectral distant monitoring data analysis / Tokarev K.E. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 3. Ser. "Mathematical Modeling of Technical and Economic Systems in Agriculture III-2020" 2021. P. 012038.
51. Understanding deep learning requires rethinking generalization / C. Zhang, S. Bengio, M. Hardt, B. Recht, O. Vinyals // Cornell University Library. 2016.

Conclusions. The authors' review of domestic and foreign studies, as well as their own developments, devoted to the problems of increasing bioproductivity using computer decision support systems implementing neural network algorithms, allowed us to identify key problems that require solutions and further research:

- ensuring the development of computer information and control systems for monitoring agrocenoses in real time;

- modernization of digital remote monitoring data processing shells, integration of cloud technologies, large data processing systems and deep machine learning methods into them;
- development of software systems that implement algorithms for neural network modeling and computer vision;
- the use of universal mobile telecommunications tools for solving auxiliary tasks of agricultural production based on satellite monitoring and remote sensing;
- development of software complexes for monitoring the development of agrobiocenoses, taking into account soil-climatic and agrobiological conditions, equipped with an ergonomic Web interface,
- improvement of methods for increasing the productivity of agricultural lands, taking into account soil-climatic, agroecological factors in the conditions of land reclamation, based on the operational results of satellite monitoring of territories and remote sensing data;
- the use of remote sensing data obtained using unmanned aerial vehicles to monitor the reclamation state of agrocenoses online;
- development of intelligent models and methods of information processing that take into account the specifics of land conservation, resource conservation and increasing the level of reproduction of agricultural crops.

Bio-productivity of agricultural systems based on operational monitoring of crops using satellite and images obtained from unmanned aerial vehicles. The purpose of this work is to review domestic and foreign scientific developments in the field of intellectual decision-making support for increasing agricultural productivity based on neural network models, as well as to present the results of their own software developments.

References

1. Aksenov A. G. Analiz intellektual'nyh sistem podderzhki prinyatiya re-shenij v sel'skom hozyajstve // Jeletrotehnologii i Jlektrooborudovanie v APK. 2019. № 3 (36). P. 46-51.
2. Alfer'ev D. A. Praktika realizacii svertochnykh nejronnykh setej v sel'skom hozyajstve i agropromyshlennom komplekse // AgroZooTehnika. 2020. V. 3. № 2. P. 4.
3. Bass L. P., Kuz'mina M. G., Nikolaeva O. V. Cvertochnye nejronnye seti s glubokim obucheniem v zadachah obrabotki giperspektral'nykh sputnikovyx dannyh // Preprinty IPM im. M. V. Keldysa. 2018. № 282. 32 p.
4. Bulkin V. I. Sozdanie intellektual'nyh sistem v promyshlennosti i sel'skom hozyajstve na osnove upravlyaemogo sinteza iskusstvennykh nejronnykh setej // Promyshlennost' i sel'skoe hozyajstvo. 2020. № 4 (21). P. 68-75.
5. Bulkin V. I. Sozdanie intellektual'nyh sistem v promyshlennosti i sel'skom hozyajstve s ispol'zovaniem tehnologii parallel'no-posledovatel'noj obra-botki znaniy // Promyshlennost' i sel'skoe hozyajstvo. 2020. № 11 (28). P. 102-110.
6. Viner N. Kibernetika ili upravlenie i svyaz' v zhivotnom i mashine. M.: Sov. radio, 1968. 357 p.
7. Gagarin A. G., Rogachev A. F. Primenenie iskusstvennykh nejronnykh setej dlya prognozirovaniya urozhajnosti na osnove analiza kross-regional'nykh dannyh // Izvestiya NV AUK. 2018. № 2. P. 339-346.
8. Gudfellou Ya., Bendzhio I., Kurvill' A. Glubokoe obuchenie. M.: DMK Press, 2018. 652 p.
9. Dubenok N. N., Borodychev V. V., Lytov M. N. Algoritm ucheta prostranstvennoj neodnorodnosti ishodnykh harakteristik oroshaemogo uchastka na osnove GIS-tehnologij // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2019. № 1. P. 66-70.
10. Zavodchikov N. D., Speshilova N. V., Taspaev S. S. Ispol'zovanie nejrosetevykh tehnologij v prognozirovanii jeffektivnosti proizvodstva zerna // Iz-vestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 1 (51). P. 216-219.
11. Zaharova R. V., Gajnutdinov I. G. Primenenie bespilotnogo letatel'nogo apparata pri desikacii maslichnykh kul'tur // Vektor jekonomiki. 2018. № 11 (29). P. 118.
12. Zvereva V. I., Voroncov A. A. Iskusstvennye nejronnye seti i geoinformacionnye tehnologii v sel'skom hozyajstve // Sovremennye innovacionnye tehnologii podgotovki inzhenernykh kadrov dlya gornoj promyshlennosti i transporta. 2019. № 1 (6). P. 191-196.

13. Ispol'zovanie glubokih svjortochnyh nejronnyh setej dlya avtomaticheskogo vydeleniya prepyatstvij na vzletno-posadochnoj polose po dannym vidimogo i infrakrasnogo diapazona / V. V. Knyaz' [i dr.] // Nauchnaya vizualizaciya. 2017. V. 9. № 4. P. 89-96.
14. Kashirina I. L., Demchenko M. V. Issledovanie i sravnitel'nyj analiz metodov optimizacii, ispol'zuemyh pri obuchenii nejronnyh setej // Vestnik VGU. Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii. 2018. № 4. P. 123-132.
15. Mihajlenko I. M., Timoshin V. N. Jekspertnye sistemy programmnoho upravleniya v tochnom zemledelii // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2020. № 2. P. 11-16.
16. Mihajlenko I. M. Razvitie metodov i sredstv primeneniya dannyh distancionnogo zondirovaniya zemli v sel'skom hozyajstve // Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2018. № 41-3. P. 70-83.
17. Mihajlenko I. M. Upravlenie agrotehnologiyami i robotizirovannye i robotizirovannye sredstva realizacii // Innovacii v sel'skom hozyajstve. 2019. № 1 (30). P. 242-258.
18. Modelirovanie nejroupravleniya skorost'yu dozhdeval'nyh mashin / D. A. Solov'ev [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 7. P. 81-84.
19. Monitoring posevov ozimoy psheicy s primeneniem bespilotnoj a]rofotos'emki i opticheskogo datchika GreenSeeker RT200 / S. V. Zhelezova [i dr.] // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2016. № 6. P. 56-61.
20. Nikolenko C., Kadurin A., Arhangel'skaya E. Glubokoe obuchenie. SPb.: Piter, 2018. 480 p.
21. Primenenie ajerofotos'jomki s primeneniem mul'tispektral'noj kamery v komplekse s nejroset'yu v sel'skom hozyajstve / A. S. Sych [i dr.] // Chronos. 2019. № 9 (36). P. 26-28.
22. Primenenie mul'tispektral'noj ajerofotos'jomki v komplekse s nejroset'yu dlya avtomatizacii monitoringa v sel'skom hozyajstve / V. A. Dolzhenko [i dr.] // Naukoemkie tehnologii i innovacii (XXIII nauchnye chteniya): sbornik dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschennoj 65-letiyu BGTU im. V. G. Shuhova. 2019. P. 33-37.
23. Rogachev A. F., Melihova E. V., Belousov I. S. Issledovanie razvitiya i produktivnosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur s primeneniem bespilotnyh letatel'nyh apparatov // Izvestiya NV AUK. 2020. № 3 (59). P. 397-406.
24. Rogachev A. F., Melihova E. V. Obosnovanie algoritmov i instrumentariya dlya nejrosetevogo prognozirovaniya urozhajnosti agrokul'tur s ispol'zovaniem retrospektivnyh dannyh // Izvestiya NV AUK. 2020. №1. P. 290-302.
25. Sulejmanov S. R., Loginov N. A. Perspektiva ispol'zovaniya distancionnogo zondirovaniya zemli i BPLA v sel'skom hozyajstve Tatarstana // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. V. 12. № 4 (46). P. 17-19.
26. Teoriya i tehnologii upravleniya orosheniem sel'skohozyajstvennyh kul'tur na osnove informacionnyh tehnologij podderzhki prinyatiya reshenij i matematicheskogo modelirovaniya / K. E. Tokarev [i dr.] // Izvestiya NV AUK. 2020. № 4 (60). P. 433-448.
27. Faktornyj analiz dannyh po urozhajnosti rannego kartofelya v polevom opyte i obrabotka rezul'tatov imitacionnogo modelirovaniya / V. V. Borodychev [i dr.] // Izvestiya NV AUK. 2020. № 2 (58). P. 404-419.
28. Cherevatova T. F., Ermolaeva O. S. Iskusstvennyj intellekt: diagnostika boleznej rastenij po raspoznavaniyu izobrazhenij // Jekonomika i predprinimatel'stvo. 2021. № 2 (127). P. 980-985.
29. Yun G. N., Medinskij D. V. Primenenie bespilotnyh letatel'nyh apparatov v sel'skom hozyajstve // Naukoemni tehnologii. 2017. V. 36. № 4. P. 35-41.
30. Bashkirov O. A., Bravermann E. M., Muchnik I. B. Potential function algorithms for pattern recognition learning machines // Automation and Remote Control. - 1964. - N 25. - P. 629-631.
31. Bian, X., Chen, C. Fusing local and global features for high-resolution scene classification // IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens. 2017. V. 10 (6). P. 2889-2901.
32. Cheng G., Li Z. Remote sensing image scene classification using bag of convolutional features // IEEE Geosci. Remote Sensing Lett. 2017. V. 14 (10). P. 1735-1739.
33. Chlingaryan A., Sukkarieh S., Whelan B. Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review // Comput. Electron. Agric. 2018. Vol. 151. P. 61-69.
34. Deep convolutional neural networks for hyperspectral image classification / W. Hu [et al.] // Journal of Sensors. 2015. V. 2015. No. 258619.

35. Estimation of condition of cultivated pastures under remote sensing of earth / V. I. Trukhachev // Engineering for Rural Development Proceedings. 2019. P. 442-449.
36. Fukushima K. Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position // Biol. Cybern. 1980. V. 36. No. 4. P. 193-202.
37. Goodfellow I. Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series) // The MIT Press. 2016. Nov. P. 800.
38. Hebb D. O. The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory. New York: Wiley, 1949. 358 p.
39. Kadhim V. A., Abed M. H. Convolutional Neural Network for Satellite Image Classification // Studies in Computational Intelligence. 2020 P. 165-178.
40. Kitonsa H., Kruglikov S. V. Significance of drone technology for achievement of the united nations sustainable development goals // R-Economy. 2018. V. 4. № 3. P. 115-120.
41. Khaki, Wang L. Crop yield prediction using deep neural networks // Frontiers Plant Sei. 2019. Vol. 10. P. 621.
42. Krizhevsky A., Sutskever I., and Hinton G., Imagenet classification with deep convolutional neural networks // Advances in Neural Information Processing Systems (NIPS). Lake Tahoe. NV, USA, 2012. P. 1097-1105.
43. Machine learning in agriculture: A review / K. G. Liakos [et al.] // Sensors. 2018. Vol. 18. No. 8. P. 2674.
44. Melikhova E.V. Information system and database for simulation of irrigated crop growing / Melikhova E.V., Rogachev A.F., Skiter N.N. // Studies in Computational Intelligence. 2019. T. 826. C. 1185-1191.
45. Recent Advances in Remote Sensing for Crop Growth Monitoring [Tekst] / Cheng, T.; Yang, Z.; Inoue, Y.; Zhu, Y.; Cao, W. Preface // Remote Sens. – 2016. – № 8. – P. 116.
46. Review of modern technologies intellectual decision support in the reclamation of agricultural crops / Tokarev K.E., Nekrasova T.N., Popova O.V., Lebed N.I. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2. Cep. "Mathematical Modeling of Technical and Economic Systems in Agriculture II" 2020. C. 012023.
47. Rogachev A. F., Melikhova E. V., Shokhnekh A. V. Monitoring and economic & mathematical modeling of manufacture and consumption of agricultural products as a tool of food security management // Espacios. 2018. V. 39. № 1. P. 1.
48. Rosenblatt F. The Perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain // Psychological Review. 1958. N 65. P. 386-408.
49. Simonyan K., Vedaldi A., Zisserman A. Deep inside convolutional networks: visualizing image classification models and saliency maps. arXiv preprint arXiv:1312.6034, 2013.
50. Vegetative indices dynamics modeling based on multispectral distant monitoring data analysis / Tokarev K.E. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 3. Cep. "Mathematical Modeling of Technical and Economic Systems in Agriculture III-2020" 2021. C. 012038.
51. Understanding deep learning requires rethinking generalization / C. Zhang, S. Bengio, M. Hardt, B. Recht, O. Vinyals // Cornell University Library. 2016.

Author information:

Tokarev Kirill Evgenievich, associate Professor of the Department of Mathematical modeling and computer science, Volgograd state agricultural university (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. 8 (8442) 41-17-10, e-mail: tke.vgsa@mail.ru.

Rudenko Andrey Yurevich, associate Professor of the Department of Mathematical modeling and computer science, Volgograd state agricultural university (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. 8 (8442) 41-17-10, e-mail: rudenkovgsa@mail.ru.

Kuzmin Vsevolod Alexandrovich, teacher of the Department of Mathematical modeling and computer science, Volgograd state agricultural university (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. 8 (8442) 41-17-10, e-mail: pniemt.kuzmin@yandex.ru.

Chernyavsky Alexey Nikolaevich, assistant of the Department of electrical Equipment and electrical management of agricultural enterprises, Volgograd state agricultural university, Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), tel. 8 (8442) 41-11-27, e-mail: alexei.tcherniawskij@yandex.ru.

Информация об авторах

Токарев Кирилл Евгеньевич, доцент кафедры «Математическое моделирование и информатика», ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат экономических наук, тел. 8 (8442) 41-17-10, e-mail: tke.vgsha@mail.ru.

Руденко Андрей Юрьевич, доцент кафедры «Математическое моделирование и информатика», ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат экономических наук, тел. 8 (8442) 41-17-10, e-mail: rudenkovgsxa@mail.ru.

Кузьмин Всеволод Александрович, преподаватель кафедры «Математическое моделирование и информатика», ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат экономических наук, тел. 8 (8442) 41-17-10, e-mail: pniemt.kuzmin@yandex.ru.

Чернявский Алексей Николаевич, ассистент кафедры Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК, тел. 8 (8442) 41-11-27, e-mail: alexei.tcherniawskij@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-43

**ANALYSIS OF LOAD DETERMINATION METHODS
AT AGRICULTURE PRODUCTION ENTERPRISE**

D.A. Desyatnichenko¹, Yu.V. Daus², I.V. Yudaev²

¹*Azov-Black Sea Engineering Institute,*

«Don State Agrarian University», Zernograd

²*«St. Petersburg State Agrarian University», Pushkin, St. Petersburg*

Received 11.03.2021

Submitted 30.11.2021

Summary

The article systematizes data on methods for calculating electrical loads. Analysis of various approaches to determining the load is presented on the example of real Agricultural Enterprise «Plant - Sorghum» of the Federal State Budget Scientific Center «Agrarian Scientific Center «Donskoy», located in Zernograd of Rostov region. Comparative analysis of the predicted and actual graphs of the electric load of the research object is carried out.

Abstract

Introduction. In the context of urgent necessity to support, develop, and restore the agro-industrial complex, the search for new energy sources that would meet the requirements of the introduced high-tech processes is most relevant for rural areas characterized by shortage of free capacities. At the forefront there are photovoltaic systems for converting solar energy, which are distinguished by the relative simplicity of the technology for generating electrical energy, environmental friendliness, ease of operation and maintenance. When justifying the parameters of photovoltaic power plant for agricultural facilities, special attention should be paid to the available initial information (list and capacity of power consumers, load schedules of the entire enterprise or each outgoing line from the substation switchgear separately, etc.), since this will affect the final power of the solar field and storage or backup devices. **Object.** The object of the study is the power supply system of the real Agricultural Enterprise «Plant - Sorghum» of the Federal State Budget Scientific Center «Agrarian Scientific Center «Donskoy», located in Zernograd of Rostov region. **Materials and methods.** For electrical consumers of the Agricultural Enterprise «Plant - Sorghum», annual and daily schedules of electrical load were calculated and constructed in three ways: by the calculation method, by the methodology of the guidelines and experimentally. **Results and conclusion.** Each considered method of determining the load of agricultural consumer has its own characteristics. The most accurate load monitoring method takes a long time to collect information. The guidelines methodology is the easiest to use and requires minimum of initial information, but its application in choosing the parameters of photovoltaic power plants can lead to underutilization of the available solar energy potential of the studied geographic point, which is especially significant in the summer period when the maximum intensity of solar radiation and the greatest workload of agricultural enterprises are observed. The use of the calculation method for constructing consumer load graphs is also associated with the collection of wide range of initial information. But the data predicted by the calculation method give a significant overestimation of the power consumption, which can lead to overestimation of the installed capacity of the photovoltaic power plant and excessive capital costs, and subsequently the need to utilize the excess generated electrical energy.

Key words: *agricultural consumer, method for calculating electrical load, load schedule.*

Citation. Desyatnichenko D.A., Daus Yu.V., Yudaev I.V. Analysis of load determination methods at agriculture production enterprise. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 440-452 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-43.

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

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

УДК 621.31

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ОБЪЕКТЕ

Д. А. Десятниченко¹, аспирант
Ю. В. Даус², кандидат технических наук
И. В. Юдаев², доктор технических наук

¹Азово-Черноморский инженерный институт,
ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет г. Зерноград
²ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург

Дата поступления в редакцию 11.03.2021

Дата принятия к печати 30.11.2021

Актуальность. В условиях острой необходимости поддержки и развития агропромышленного комплекса поиск дополнительных источников электрической энергии, которые бы соответствовали всем требованиям по электроснабжению внедряемым высокотехнологическим процессам и оборудованию, наиболее актуален для сельских районов и территорий, характеризующихся дефицитом наличия свободных мощностей для подключения. Говоря о возобновляемых источниках энергии, можем отметить, что на первый план выходят фотоэлектрические системы, которые отличаются относительно простой технологией генерации электрической энергии, экологической чистотой, простотой эксплуатации и обслуживания. При обосновании параметров фотоэлектрической станции для сельскохозяйственных производственных объектов особое внимание следует уделять имеющейся в наличии исходной информации (перечень и мощность электроприемников потребителя, характер изменения графика нагрузки всего предприятия или на каждой отдельной отходящей линии от распределительного устройства подстанции и т.д.), так как это повлияет на конечную мощность гелиосистемы и аккумулирующих или дублирующих устройств. **Объект.** Объект исследования – система электроснабжения реального сельскохозяйственного предприятия «Завод Сорго» ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенного в г. Зерноград Ростовской области. **Материалы и методы.** Для электропотребителей сельскохозяйственного предприятия «Завод Сорго» рассчитаны и построены годовой и суточный графики электрической нагрузки тремя способами: расчетным методом, по методике руководящих указаний и экспериментально. **Результаты и выводы.** У каждого рассмотренного способа определения нагрузки сельскохозяйственного потребителя есть свои отличительные особенности. Наиболее точный метод – метод мониторинга нагрузки – требует большого периода времени для сбора информации. Методика руководящих указаний более проста в использовании и требует минимум исходной информации, однако её применение при выборе параметров фотоэлектрических установок может привести к недоиспользованию имеющегося потенциала солнечной энергии в рассматриваемой географической точке, что особенно сказывается в летний период – максимальной интенсивности солнечной радиации и наибольшей загруженности большинства сельскохозяйственных предприятий. Применение расчетного метода для построения графиков нагрузки потребителя также связано со сбором целого ряда исходной информации. При этом данные, прогнозируемые расчетным методом, дают существенное завышение потребляемой мощности, что может привести к завышению установленной мощности фотоэлектрической станции (установки) и излишним капитальным затратам, а в последующем и необходимости утилизации избытка вырабатываемой электрической энергии.

Ключевые слова: потребители электроэнергии, фотоэлектрические станции (установка), методы расчета электрической нагрузки, графики нагрузки.

Цитирование. Десятниченко Д. А., Даус Ю. В., Юдаев И. В. Анализ методов определения нагрузки на производственном сельскохозяйственном объекте. *Известия НВ АУК*. 2021. 4 (64). 440-452. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-43.

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. Продовольственная безопасность является одной из ключевых задач устойчивого развития мирового сообщества. Распространение пандемии COVID-19 по всему земному шару выявило серьезные проблемы, которые коснулись текущего развития сельского хозяйства, так как проявилась необходимость производства качественных, экологически чистых и безопасных с пищевой точки зрения продуктов питания в больших количествах, и особенно в период лечения и восстановления здоровья после перенесенного заболевания. Основное внимание в последних исследованиях уделяется изучению влиянию пандемии на цепочки производства и поставок сельскохозяйственной продукции, безопасность готовых к употреблению пищевых продуктов, продовольственную систему в целом [9, 10]. Всё это выявило острую необходимость поддержки и интенсивного развития агропромышленного сектора мировой экономики [1, 8].

Однако любая модернизация требует дополнительных затрат энергии, получаемых из источников, которые бы соответствовали требованиям внедряемых в сельское хозяйство высокотехнологичных процессов. Для сельских районов сегодня характерен дефицит свободных мощностей, что направляет вектор поиска в сторону возобновляемых источников энергии, функционирование которых характеризуется местными особенностями, а энергия, выработанная ими, может быть использована непосредственно в месте подключения к ним потребителей [2, 7].

При этом на первый план выходят фотоэлектрические системы преобразования солнечной энергии, характеризующиеся относительно простой технологией преобразования инсоляции в электрическую энергию, экологической чистотой, простотой эксплуатации и обслуживания [4, 6]. Также можно отметить, что конкретные сельские территории характеризуются высоким уровнем их задействования в разнообразных технологических операциях при производстве продукции и переработке сырья. Поэтому на них практически нет свободных больших по площади участков земли под размещение новых установок для производства электрической энергии. Фотоэлектрические станции (ФЭС) в таких условиях наилучшим образом подходят для создания резерва мощности, так как их основной структурный элемент (фотоэлектрический модуль) может располагаться как на неиспользуемой в производстве земле, так и на ограждающих конструкциях зданий и сооружений [5, 12]. Также можно отметить, что на территории фермерского хозяйства или сельскохозяйственного предприятия ФЭС могут быть размещены, рассредоточены на имеющихся небольших площадках и подключены к общей существующей системе электроснабжения, таким образом, будет сформирована система распределенной генерации, или микросеть без передачи генерируемой электрической энергии за точку балансовой принадлежности [11, 13].

При обосновании параметров фотоэлектрической станции или установки для сельскохозяйственного потребителя необходимо учитывать тот факт, что типовой график электрической нагрузки такого потребителя характеризуется дневным и вечерним максимумами нагрузки согласно конкретному технологическому процессу [3], а график

прихода солнечного излучения на приемную поверхность имеет свою известную, отличную от графика потребления, форму с максимумом в полдень. В результате отмеченных особенностей на ФЭС необходима установка дублирующих и/или аккумулирующих источников энергии, что приводит к дополнительным материальным и финансовым затратам. Поэтому необходимо особое внимание уделять имеющейся в наличии исходной информации (перечень и мощность электроприемников потребителя, графики нагрузки всего предприятия или отдельно для каждой отходящей линии от распределительного устройства подстанции и т.д.), так как это влияет на конечную мощность геосистемы и аккумулирующих или дублирующих устройств.

При проектировании объектов электроснабжения предприятий АПК, которые в большинстве случаев имеют сезонные графики потребления электрической энергии, необходимо учитывать не суммарное максимальное потребление электроэнергии, а расчетное максимальное потребление электроэнергии по сезонам в течение года. При проектировании резервного источника питания, как например, солнечная электростанция, функционирующая на основе фотоэлектрического эффекта, на действующих предприятиях АПК, необходимо учитывать не только сезонность функционирования предприятия, но и располагать фактическим годовым, месячным или суточным графиками потребления электрической энергии, а также целым рядом технических особенностей проектируемого резервного источника питания.

Одним из основных этапов проектирования систем электроснабжения производственного объекта является определение расчетных электрических нагрузок как отдельных электроприемников, так и узлов электрической нагрузки на всех уровнях системы электроснабжения. Зная электрические нагрузки, можем оценить необходимую мощность источников питания, выбрать и проверить коммутационное, измерительное электрооборудование и оборудование целого ряда электрических защит, согласовать токоведущие части по условию допустимого нагрева, оценить потери и колебания напряжения. В зависимости от наличия первичной исходной информации применяют конкретный метод расчета электрической нагрузки.

На рисунке 1 представлена структурная схема существующих методов определения и оценки нагрузки электроприемников [3].

Для вновь сооружаемых объектов или при отсутствии сведений об электропотреблении уже эксплуатируемых объектов рекомендовано применять стохастический метод расчета электрической нагрузки, основанный на результатах статистического обследования. Кроме этого, для объектов агропромышленного комплекса разработаны методические указания по расчету электрических нагрузок в сетях сельскохозяйственного назначения под названием «РД 34.20.178. Методические указания по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38-110 кВ сельскохозяйственного назначения: руководящие материалы по проектированию электроснабжения сельского хозяйства».

Руководящие материалы (РМ) по проектированию электроснабжения объектов сельского хозяйства – это единое методическое указание, представленное в виде справочного материала всем проектным организациям, занимающимся проектированием и расчетом электрических нагрузок в сетях 0,38 – 110 кВ сельскохозяйственного назначения. В данных руководящих материалах унифицированы исходные данные для расчета электросетей на разных стадиях проектирования, учтена фактическая нагрузка элементов электросети (трансформаторов, линий электропередачи, и т.д.).

В основу методик определения нагрузок при расчете электрических сетей сельскохозяйственного назначения положено суммирование расчетных нагрузок, представленных в вероятностной форме на вводах потребителей или на шинах трансформатор-

ных подстанций на третий расчетный год. Расчетные нагрузки жилых домов в сетях 0,38 кВ определяются с учетом достигнутого уровня электропотребления на внутриквартирные нужды, а производственных, общественных и коммунальных потребителей – по нормам.



Рисунок 1 – Методы расчета электрических нагрузок

Figure 1 – Methods for calculating electrical loads

Расчетные нагрузки в сетях 0,38 – 110 кВ определяются с учетом достигнутой к исходному году фактической загрузки действующих трансформаторных подстанций.

Для реконструируемых объектов при наличии сведений о существующем уровне электропотребления полученных во время обследования потребителей электроэнергии рекомендовано применять расчетные методы оценки электрической нагрузки, основанные на составлении графиков электрических нагрузок потребителя. Для построения

графика электрических нагрузок необходимо знать технологический цикл работы электрооборудования и учитывать полную расчетную мощность в дневной и вечерний максимумы электрических нагрузок. Для промышленных потребителей электроэнергии расчет электрической нагрузки ведется методом коэффициента использования, для жилых и общественных зданий – методом коэффициента спроса, для сельскохозяйственных потребителей – методом коэффициентов загрузки электроприемников.

Объект исследования. Объект исследования – система электроснабжения действующего сельскохозяйственного предприятия «Завод Сорго» ФГБНУ «АНЦ «Донской», расположенного в г. Зерноград Ростовской области.

Согласно методическим указаниям по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38–110 кВ сельскохозяйственного назначения РД 34.20.178, производственный сельскохозяйственный объект «Завод Сорго» может быть отнесен к комплексу сооружений для хранения больших партий зерна в высокомеханизированном зернохранилище силосного типа и доведения его до кондиционного состояния. К основным потребителям электрической энергии на объекте (рисунок 2) относятся: сушильно-очистительная башня с силосохранилищем 10, машинное здание 7, склад готовой продукции 6. Кроме этого, на территории расположены: весовая 5, лаборатория 2, проходная 4, административное здание 3, склады № 3-5 1, склады № 6-7 11, мастерская 8, станция горюче-смазочных материалов (ГСМ) 12, сторожка 13, грузовой устройство автомобилеразгрузчик (ГУАР) 10, аварийные и не электрифицированные сооружения 20 – 25.

Сельскохозяйственный объект «Завод Сорго» имеет сезонную производственную загруженность по периодам года: июль – август, сентябрь – октябрь, ноябрь – февраль, март – апрель, май – июнь. В производственный период «май – июнь» в дневное время производятся ремонтные и уборочные работы, организуется обслуживание оборудования на сушильно-очистительной башне, в машинном здании, а также научного оборудования в складах и т.д. В отопительный сезон в ряде помещений зданий и сооружений присутствует электрическое отопление.

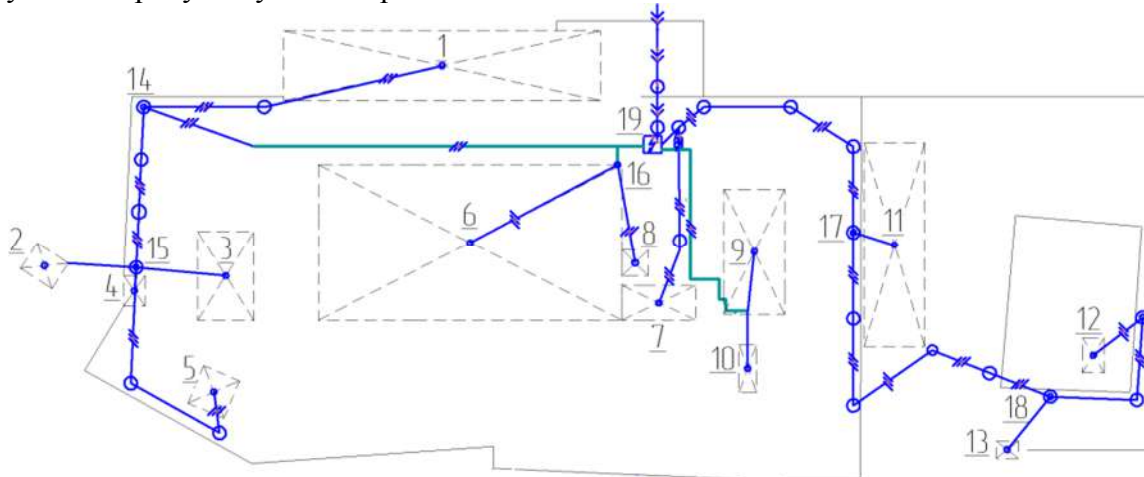


Рисунок 2 – План размещения электропотребителей сельскохозяйственного предприятия «Завод Сорго»

Figure 2 – Layout plan for electrical consumers of agricultural enterprise «Sorghum Plant»

Источником электрической энергии для сельскохозяйственного предприятия является трансформаторная подстанция КТП 10/0,4 с трансформатором ТМ-630 кВА, от которого осуществляется электроснабжение потребителей на заводе по 5-ти основным

радиальным линиям – Л1: электропотребители П1–П5; Л2: электропотребители П6–П8; Л3: электропотребители П11–П13; Л4: электропотребители П7; Л5: электропотребители П9; кроме этого выделены узлы электрических нагрузок – № 14–18 (рисунок 2).

Материалы и методы. Для электропотребителей сельскохозяйственного предприятия «Завод Сорго» рассчитаны и построены годовая и суточный графики электрических нагрузок тремя различными способами: расчетным методом, по методике руководящих указаний и на основании собранных экспериментальных данных.

Поскольку сельскохозяйственное предприятие «Завод Сорго» имеет односменный график работы и продолжительный (длительный) режим работы электроприемников, а особенность технологического цикла такова, что отношение активной мощности (электроэнергии) холостого хода электрооборудования к фактической активной мощности (электроэнергии) меньше 1 %, то в качестве расчетного метода выбран метод коэффициента спроса.

Суммарная максимальная номинальная активная мощность сельскохозяйственного предприятия «Завод Сорго» составляет 214,9 кВт. По данным таблицы 6 руководящих материалов [7], данная установленная мощность близка по мощности к объекту № 309 (зерноочистительно-сушильный комплекс КЗР-5 с $R_{уст}=250$ кВт).

Мониторинг фактического потребления электроэнергии на сельскохозяйственном предприятии «Завод Сорго» осуществлялся на шинах распределительного устройства низкого напряжения 0,38 кВ КТП 10/0,4 кВ (объект № 19 на рисунке 1) на установленном узле коммерческого учета электроэнергии, состоящего из трех трансформаторов тока ТА1 – ТА3 товарного знака ИЕК (номинальное напряжение 0,66 кВ, номинальный первичный/вторичный ток – 600/5, класс точности 0,5 и номинальная полная мощность на вторичной обмотке $S_2=10$ ВА); трехфазного счетчика электрической энергии товарного знака ЭНЕРГОМЕРА, марки ЦЭ6803ВМ (номинального напряжения 3х220 В (380 В) и вторичного тока 5 А (1-7,5 А)).

Результаты и обсуждение. При проектировании объектов электроснабжения предприятий АПК, которые в большинстве случаев имеют сезонные графики потребления электрической энергии, необходимо учитывать не суммарное максимальное потребление электроэнергии, а расчетное максимальное потребление электроэнергии по сезонам в течение года. При разработке резервного источника питания, как например солнечная фотоэлектростанция, функционирующая с использованием фотоэлектрических модулей, на действующих предприятиях АПК, необходимо учитывать не только сезонность функционирования предприятия, но и фактический годовой, месячный, а также характер поведения суточного графика потребления электрической энергии и целый ряд технических особенностей проектируемого резервного источника питания.

На рисунке 3 представлены суточные графики потребляемой электрической энергии сельскохозяйственным предприятием «Завод Сорго» электрической энергии для характерных дней года, полученные различными подходами к их построению.

Изучаемое сельскохозяйственное предприятие имеет односменный режим работы и практически равномерно загружено в течение рабочей смены с 8⁰⁰ до 17⁰⁰ (рисунок 3). В течение года наибольшая загруженность технологического оборудования наблюдается в летний период (75–85 кВт). В осенний период нагрузка снижается незначительно до 70–80 кВт. Наименьшая загруженность зафиксирована весной – 9–19 кВт. В характерный для зимнего периода день нагрузка составляет 35–40 кВт и большей частью определена системой электрического отопления помещений.

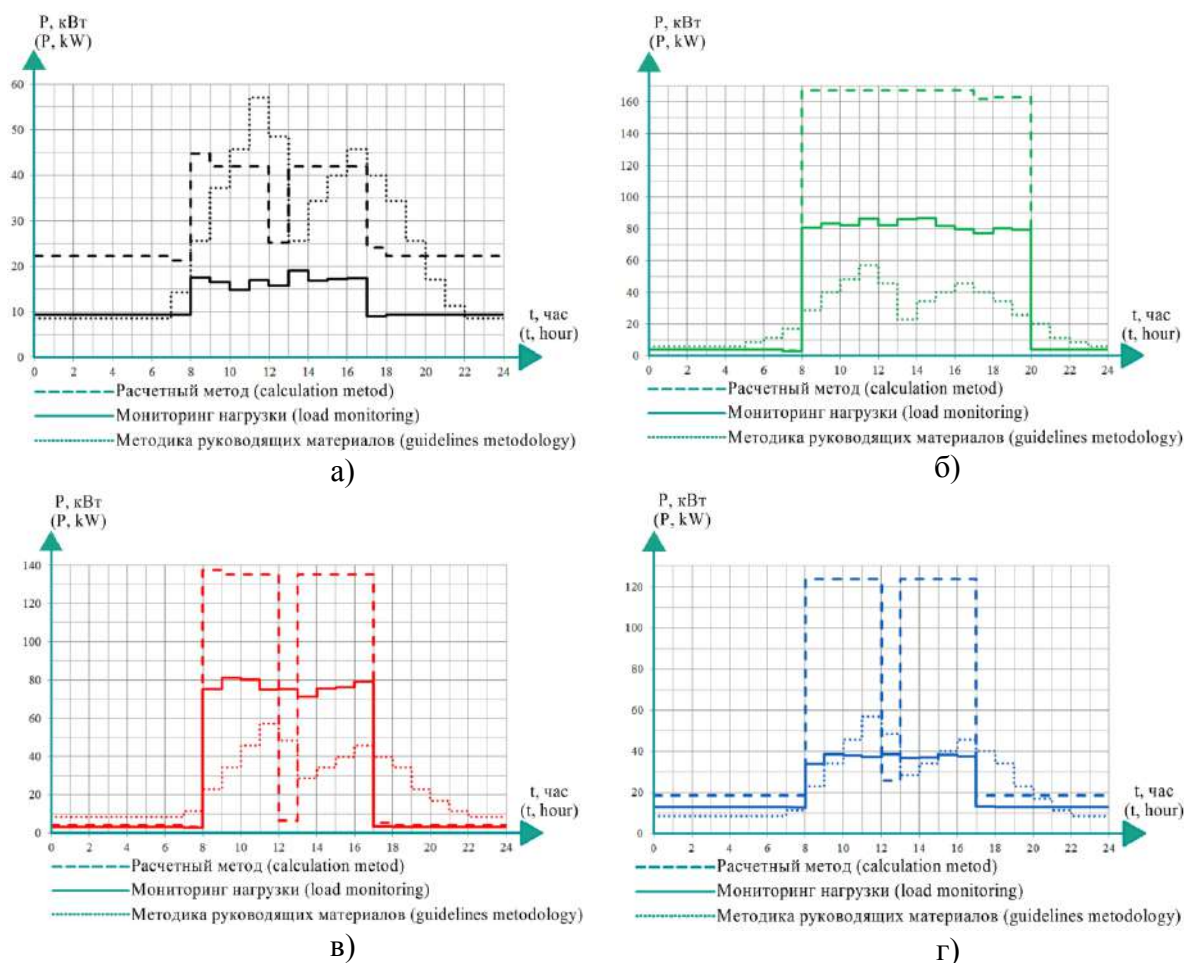


Рисунок 3 – Суточные графики потребляемой сельскохозяйственным предприятием «Завод Сорго» электрической энергии: а) для 15.03, б) для 1.07, в) для 15.09, г) для 15.12, построенные по данным различных методов

Figure 3 – Daily graphs of electricity consumed by the agricultural enterprise "Sorghum Plant": а) for March, 15, б) for July, 1, в) for September, 15, д) for December, 15, determined according to various methods

Анализ рисунка 3 позволяет сделать вывод, что в период с 22⁰⁰ до 7⁰⁰ прогнозирование потребления электрической энергии, согласно методике руководящих указаний, наиболее близко к фактическому потреблению. При этом во все характерные дни, кроме дней весеннего периода года, результаты расчетного метода также приблизительно соответствуют фактическим значениям.

Для характерного летнего дня отклонение данных, полученных согласно расчетному методу, от фактических значений составляет от 21,8 % во временной период 11⁰⁰ – 12⁰⁰ и 43,75 % – в 16⁰⁰–17⁰⁰, до 68,75 % – в 19⁰⁰ – 20⁰⁰ и 73,5 – в 13⁰⁰– 14⁰⁰. Количественные показатели нагрузки, полученные согласно методике руководящих указаний, практически в два раза превышают фактическую нагрузку.

Для характерного дня весеннего периода года прогнозируемая нагрузка превышает для обоих способов фактическое значение, при этом она имеет два выраженных максимума нагрузки: для расчетного метода – с 8⁰⁰ до 12⁰⁰ (42 кВт) и с 13⁰⁰ до 17⁰⁰ (42 кВт) и для методике руководящих указаний – с 11⁰⁰ до 12⁰⁰ (62,5 кВт) и с 16⁰⁰ до 17⁰⁰ (46 кВт). Фактическая же нагрузка изменяется в течение рабочего периода незна-

чительно – с 15 кВт до 19 кВт. При этом минимальное отклонение от расчетных способов составляет 56,2 %, а максимальное – в 2,35 и в 1,75 раза для методики руководящих указаний и расчетного метода соответственно.

В характерный день осеннего периода года расчетная нагрузка постоянна в течение рабочего дня (135 кВт), кроме периода с 12⁰⁰ до 13⁰⁰, когда она снижается до 15 кВт. При этом превышение над фактической нагрузкой составляет 68,8-92,8 %. График нагрузки, построенный согласно методике руководящих указаний, также имел два максимума нагрузки – 67 кВт с 11⁰⁰ до 12⁰⁰ и 45 кВт с 16⁰⁰ до 17⁰⁰. При этом следует отметить, что расчетная нагрузка ниже, чем фактическая на 29,3 – 133,3 %.

В зимнее время поведение графика нагрузки, построенного расчетными методами, аналогично осеннему характерному дню, однако фактическая нагрузка существенно ниже – практически в 2 раза.

На рисунке 4 представлены годовые графики потребления электрической энергии сельскохозяйственным предприятием «Завод Сорго», которые построены с использованием различных способов.

Согласно рисунку 4 наибольшая фактическая нагрузка фиксируется с июля по сентябрь во время активной уборки и переработки урожая (21-27 тыс. кВт·ч). Далее она снижается до марта до значения 10 тыс. кВт·ч, а с марта по июль фактическое потребление уменьшается до 2-6 тыс. кВт·ч, что связано с отключением системы электрического отопления помещений завода.

График, построенный по данным, полученным расчетным методом, сближается максимально с фактическим графиком потребления электрической энергии рассматриваемого объекта в период с марта по июль (отклонение не превышает 25-50 %). В остальное время наблюдается превышение прогнозируемых величин над фактическими практически в два раза.

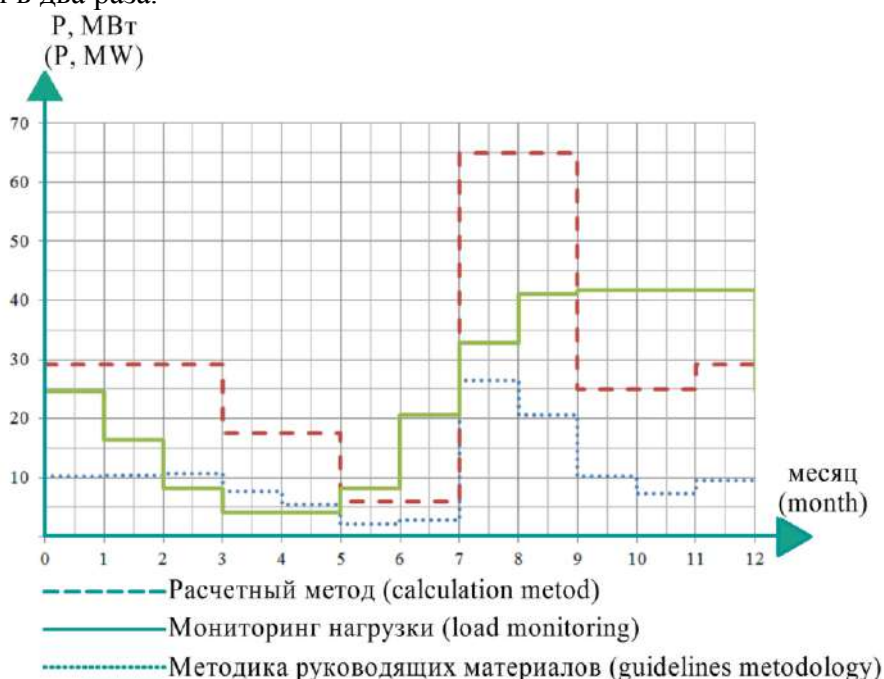


Рисунок 4 – Годовые графики потребляемой сельскохозяйственным предприятием «Завод Сорго» электрической энергии, которые построены по данным различных методов

Figure 4 – Annual load graphs of the agricultural enterprise "Sorghum Plant", determined according to various methods

В период с февраля по май отклонение данных, полученных согласно методике руководящих указаний, от фактических наименьшее и составляет 12,5-50 %. В остальное время наблюдается превышение прогнозируемых величин над фактическими практически в два – три раза.

Наиболее удобный для использования в практике проектирования фотоэлектрических станций и установок следует считать методику руководящих указаний. В качестве исходных данных необходимо знать только тип потребителя (односменное или двухсменное, перерабатывающее предприятие или сельскохозяйственное производство и т.д.) и его суммарную установленную мощность, а все остальные данные приведены в таблицах руководящих указаний. Однако анализ рисунка 3 показывает, что даже суммарно за день отклонение прогнозируемого количества потребленной энергии от фактического существенно отличается: наибольшее отклонение по модулю наблюдается в марте – 105,3 %, наименьшее – в декабре – 10,2 %, при этом в летний и весенний периоды действующее предприятие потребляет больше электрической энергии, чем выставляет. Всё это может привести к недоиспользованию имеющегося потенциала солнечной энергии в рассматриваемой географической точке, что особенно заметно в летний период – период максимальной интенсивности солнечной радиации и наибольшей загруженности сельскохозяйственных предприятий. Суточная потребляемая электрическая энергия за сутки на 38,0 % ниже, чем фактическая для летнего характерного дня и на 20,6 % – для осеннего. Годовое потребление электрической энергии рассматриваемым объектом, прогнозируемое при помощи методики руководящих указаний, в 1,32 раза больше, чем зафиксированная приборами учета.

Применение расчетного метода для построения графиков нагрузки потребителя связано уже со сбором более широкого ряда исходной информации, а именно особенностей технологического процесса, схемой электрической принципиальной, номинальной мощности оборудования. Данная информация не всегда находится в открытом доступе, что приводит к затратам дополнительного времени на её сбор. Но данные суточных графиков электрических нагрузок существенно выше, чем для фактического сбора информации: суммарная суточная потребленная электрической энергия выше на 147,3 % в марте, на 120,2 % в июле, на 60,6 % в сентябре и на 156,1 % в декабре. Годовая потребленная электрическая энергия рассматриваемым объектом, прогнозируемая расчетным методом, в 1,79 раза больше, чем зафиксированная приборами учета.

Выводы. Таким образом, у каждого рассмотренного способа определения нагрузки сельскохозяйственного потребителя для проектирования фотоэлектрической станции (установки) есть свои особенности. Наиболее точный метод мониторинга нагрузки требует большого периода времени для сбора информации. Методика руководящих указаний наиболее проста в использовании и требует минимум исходной информации, однако её применение при выборе параметров фотоэлектрических установок может привести к недоиспользованию имеющегося потенциала солнечной энергии в рассматриваемой географической точке, что особенно проявляется в летний период – период максимальной интенсивности солнечной радиации и наибольшей загруженности сельскохозяйственных предприятий. Применение расчетного метода для построения графиков нагрузки потребителя также связано со сбором широкого ряда исходной информации. Но получаемые данные, прогнозируемые расчетным методом, дают существенное завышение потребляемой мощности, что может привести к завышению

установленной мощности фотоэлектрической станции (установки) и излишним капитальным затратам, а в последующем и возникающей необходимостью утилизации избытка вырабатываемой электрической энергии.

Библиографический список

1. Васильев С. И., Машков С. В., Сыркин В. А. Комплекс энергосберегающих элементов технологии выращивания овощных культур в контролируемых условиях // Вестник аграрной науки Дона. 2020. № 4 (52). С. 10-19.
2. Даус Ю. В., Ракитов С. А., Юдаев И. В. Оценка потенциала использования энергоустановок на основе преобразования солнечной энергии на примере г. Волгограда // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2 (42). С. 261-267.
3. Ершов А. М. Системы электроснабжения. Часть 2: Электрические нагрузки. Компенсация реактивной мощности: курс лекций. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. 230 с.
4. Использование мультиконтактных коммутационных систем с мостовой схемой в микросетях для регулирования нагрузки возобновляемых источников энергии / А. В. Виноградов [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. 2020. № 1 (26). С. 39-51.
5. Ресурсный потенциал солнечной энергии для установок, использующих ее в системе энергоснабжения потребителей г. Волжского / Ю. В. Даус [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 129. С. 297-307.
6. Чубайс А. Б., Копылов А. Е., Зубакин В. А. Развитие возобновляемой энергетики в России. Технологии и экономика. М.: Издательская группа Точка, 2020. 464 с.
7. A stochastic framework to evaluate the impact of agricultural load flexibility on the sizing of renewable energy systems / Ayse Selin Kocaman [et al.] // Renewable Energy. 2020. Vol. 152. P. 1067-1078.
8. Golan M. S., Jernegan L. H., Linkov I. Trends and applications of resilience analytics in supply chain modeling: systematic literature review in the context of the COVID-19 pandemic // Environ. Syst. Decis. 2020.
9. Gu Hai-ying, Wang Chang-Wei Impacts of the COVID-19 pandemic on vegetable production and countermeasures from an agricultural insurance perspective // Journal of Integrative Agriculture. 2020. № 19 (12). P. 2866–2876.
10. Impacts of COVID-19 on rural and agricultural development in 2020 and its countermeasures / X. Ye [et al.] // Issues Agric. Econ. 2020. Vol. 483. P. 4-10.
11. Kharchenko V., Gusarov V., Bolshev V. Reliable electricity generation in RES-based microgrids // Handbook of Research on Smart Power System Operation and Control. Hershey, PA, USA, 2019. P. 162-187.
12. Photovoltaic solar modules of different types and designs for energy supply / V. Panchenko [et al.] // International Journal of Energy Optimization and Engineering. 2020. Vol. 9. № 2. P. 74-83.
13. The concept of information modeling in interactive intelligence systems / S. Sinitsyn [et al.] // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 1072. P. 249-259.

Conclusions. In the research region, pastures occupy a large part of the territory - 62.8%, another 19% is represented by a mosaic of cropland and pastures due to inconvenience. The share of pasture land in the regions varies from 7% (Sovietskii) to 80-90% in the Pallasovskii, Engelsskii and Zhanibekskii districts. In areas with strong erosive dissection, the proportion of mosaics from pastures and arable lands is greater: Sovetsky (52%), Krasnokutskii (49.6%), Ershovskii (48.3%), Fedorovskii (47.5%) areas of the Saratov region.

The region has seen a steady increase in livestock over the past decade. At the same time, the number of cattle was quite stable and amounted to 300-340 thousand heads in different years. The increase in cattle stock in Zhanibekskii (by 71%), Kaztalovskii (by 47%), Bykovskii (by 33%) and Rovenskii (60%) districts was offset by a corresponding decrease in the Saratov region (on average by 30-40%).

References

1. Vasil'ev S. I., Mashkov S. V., Syrkina V. A. Kompleks jenergosberegayuschih jelementov tehnologii vyraschivaniya ovoschnyh kul'tur v kontroliruemyh usloviyah // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2020. № 4 (52). P. 10-19.
2. Daus Yu. V., Rakitov S. A., Yudaev I. V. Ocenka potentsiala ispol'zovaniya jenergoustanovok na osnove preobrazovaniya solnechnoj jenergii na primere g. Volgograda // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 2 (42). P. 261-267.
3. Ershov A. M. Sistemy jelektrosnabzheniya. Chast' 2: Jelektricheskie nagruzki. Kompensaciya reaktivnoj moschnosti: kurs lekcij. Chelyabinsk: Izdatel'skij centr YuUrGU, 2018. 230 p.
4. Ispol'zovanie mul'tikontaktnyh kommutacionnyh sistem s mostovoj sxemoy v mikrosetyah dlya regulirovaniya nagruzki vozobnovlyaemyh istochnikov jenergii / A. V. Vinogradov [i dr.] // Agrotehnika i jenergoobespechenie. 2020. № 1 (26). P. 39-51.
5. Resursnyj potentsial solnechnoj jenergii dlya ustanovok, ispol'zuyuschih ee v sisteme jnergosnabzheniya potrebitelej g. Volzhskogo / Yu. V. Daus [i dr.] // Politemati-cheskij setevoy jlektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 129. P. 297-307.
6. Chubajev A. B., Kopylov A. E., Zubakin V. A. Razvitie vozobnovlyaemoj jnergetiki v Rossii. Tehnologii i jekonomika. M.: Izdatel'skaya gruppa Tochka, 2020. 464 p.
7. A stochastic framework to evaluate the impact of agricultural load flexibility on the sizing of renewable energy systems / Ayse Selin Kocaman [et al.] // Renewable Energy. 2020. Vol. 152. P. 1067-1078.
8. Golan M. S., Jernegan L. H., Linkov I. Trends and applications of resilience analytics in supply chain modeling: systematic literature review in the context of the COVID-19 pandemic // Environ. Syst. Decis. 2020.
9. Gu Hai-ying, Wang Chang-Wei Impacts of the COVID-19 pandemic on vegetable production and countermeasures from an agricultural insurance perspective // Journal of Integrative Agriculture. 2020. № 19 (12). P. 2866-2876.
10. Impacts of COVID-19 on rural and agricultural development in 2020 and its countermeasures / X. Ye [et al.] // Issues Agric. Econ. 2020. Vol. 483. P. 4-10.
11. Kharchenko V., Gusarov V., Bolshev V. Reliable electricity generation in RES-based microgrids // Handbook of Research on Smart Power System Operation and Control. Hershey, PA, USA, 2019. P. 162-187.
12. Photovoltaic solar modules of different types and designs for energy supply / V. Panchenko [et al.] // International Journal of Energy Optimization and Engineering. 2020. Vol. 9. № 2. P. 74-83.
13. The concept of information modeling in interactive intelligence systems / S. Sinitsyn [et al.] // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 1072. P. 249-259.

Author's Information

Desyatnichenko Danil Aleksandrovich, post-graduate student of the Heat power engineering and technosphere safety department, Azov-Black Sea Engineering Institute - branch of FSBEI HE "Don State Agrarian University" (Russia, 347740, Zernograd, Lenin st., 21), tel. 8 (86359) 4-25-75, e-mail: danilrunlife@mail.ru.

Daus Yulia Vladimirovna, engineer of the Research and Development, Intellectual Property and Technology Transfer department, FSBEI HE "St. Petersburg State Agrarian University" (Russia, 196605, St. Petersburg, Peterburgskoe highway, 2), candidate of technical sciences, tel. 8 (812) 476-23-33, e-mail: zirochka2505@gmail.com.

Yudaev Igor Viktorovich, Vice-Rector for Academic and Educational Work, FSBEI HE "St. Petersburg State Agrarian University" (Russia, 196605, St. Petersburg, Peterburgskoe highway, 2), candidate of technical sciences, professor, tel. 8 (812) 476-23-33, e-mail: etsh1965@mail.ru.

Информация об авторах

Десятниченко Данил Александрович, аспирант кафедры теплоэнергетики и техносферная безопасность, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (РФ, 347740, г. Зерноград, ул. Ленина, 21), тел. 8 (86359) 4-25-75, e-mail: danilrunlife@mail.ru.

Даус Юлия Владимировна, инженер отдела НИОКР, интеллектуальной собственности и трансфера технологий, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (РФ, 196605, г. Санкт-Петербург, Петербургское ш., д. 2), кандидат технических наук, тел. 8 (812) 476-23-33, e-mail: zirochka2505@gmail.com.

Юдаев Игорь Викторович, проректор по учебной и воспитательной работе, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (РФ, 196605, г. Санкт-Петербург, Петербургское ш., д. 2), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (812) 476-23-33, e-mail: etsh1965@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-44

KINEMATICS OF MOTION OF THE MANIPULATING MECHANISM OF A ROBOTIC PROPELLER DURING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF WEEDING

A. G. Ivanov, N. S. Vorob'yeva

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 10.09.2021

Submitted 15.11.2021

Summary

The article presents calculations of the movement of the working tool along a previously unknown and straight path, a comparative analysis was carried out, the result of which revealed that it is preferable to use a previously undefined trajectory for the movement of the working tool of a robotic weeding machine.

Abstract

Introduction. The article is devoted to the development of programmed movements of a working part, a robotic weeding machine in space by the method of kinematic synthesis. **Object.** The working part of the robotic weeding machine is used as a milling cutter with a vertical axis of rotation. **Materials and methods.** The solution to the problem of moving the working part (cutter) in space is divided into two stages. 1. The problem of positioning the manipulation mechanism (configuration problem) is solved, which provides the final position in the visual cutter of the weeder, determined by the coordinates of the weed, based on the optimization criterion. 2. After the configuration problem has been solved, the task is to find the motion of the executive links along the trajectory. The paper considers without inertial movement of the working part of a robotic weeding machine along two trajectories: 1 - straight; 2 - undefined in advance. **Results and conclusions.** The problem of moving the working part (milling cutter) of a weeding machine when moving along a straight line and along a previously undefined trajectory according to the law of inertialess motion using an optimal positioning algorithm has been solved. A comparative analysis of the movement of the working part of the weeding machine showed that the elongation along the indefinite trajectory of the working part is insignificant (up to 6%), and also that when the working part moves in a straight line, the rod of one actuator makes a reciprocating motion, which in turn negatively affects the drive. Therefore, it is preferable to use a previously undefined trajectory to move the weeding tool.

Key words: *robotic weeding machine, technological process of weeding, working part, executive links, trajectory of movement, law of motion.*

Citation. A. G. Ivanov, N. S. Vorob'yeva. Kinematics of motion of the manipulating mechanism of a robotic propeller during the technological process of weeding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 452-463 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-44.

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

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

УДК 631.3:633/635

КИНЕМАТИКА ДВИЖЕНИЯ МАНИПУЛЯЦИОННОГО МЕХАНИЗМА РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОПОЛЬЩИКА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОПОЛКИ

А. Г. Иванов, ассистент

Н. С. Воробьева, кандидат технических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.09.2021

Дата принятия к печати 15.11.2021

Актуальность. Статья посвящена разработке программных движений рабочего органа пропольщика в пространстве методом кинематического синтеза. **Объект.** Рабочий орган роботизированного пропольщика, в качестве которого используется фреза с вертикальной осью вращения. **Материалы и методы.** Решение задачи перемещения рабочего органа (фрезы) в пространстве подразделяется на два этапа: 1. Решается задача позиционирования манипуляционного механизма (задача конфигурации), соответствующего конечному положению в пространстве фрезы пропольщика, определяемого координатами сорняка исходя из критерия оптимизации; 2. После того как решена задача о конфигурации, ставится задача нахождения законов движения исполнительных звеньев по траектории. В работе рассмотрено безынерционное движение рабочего органа пропольщика по двум траекториям: 1 – прямая; 2 – заранее неопределенная. **Результаты и выводы.** Решена задача перемещения рабочего органа (фрезы) пропольщика при движении по прямой и по предварительно неопределенной траектории по закону безынерционного движения с использованием оптимального алгоритма позиционирования. Сравнительный анализ перемещения рабочего органа пропольщика показал, что удлинение по неопределенной траектории рабочего органа незначительно (до 6 %), а также что при перемещении рабочего органа по прямой шток одного актуатора совершает возвратно-поступательное движение, что, в свою очередь, негативно сказывается на приводе, поэтому предпочтительней использовать предварительно неопределенную траекторию для перемещения рабочего органа пропольщика.

Ключевые слова: *роботизированные пропольщики, технологический процесс прополки, рабочие органы пропольщика, исполнительные звенья, траектория перемещения, закон движения.*

Цитирование. Иванов А. Г., Воробьева Н. С. Кинематика движения манипуляционного механизма роботизированного пропольщика при выполнении технологического процесса прополки. *Известия НВ АУК.* 2021. 4(64). 452-463. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-44.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При выращивании сельскохозяйственных культур возникает проблема борьбы с сорняками, которая является одной из трудоемких и энергозатратных сельскохозяйственных операций. Чтобы эффективно бороться с сорняками, необходимо знать физико-механические, физиологические характеристики сорняков, а также использовать эффективные методы борьбы и технические средства, применяемые для уничтожения сорняков.

Для решения проблемы полной прополки сорняков как в междурядьях, так и в рядах необходимо использование роботизированной сельскохозяйственной техники [1, 3, 7], способной в автоматическом режиме удалять сорняки. За рубежом для решения проблемы сплошной прополки сорняков как в междурядьях, так и в рядах разработаны роботизированные машины и роботы [10, 12] (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Прополочный робот AVO
Figure 1 – AVO Weeding Robot



Рисунок 2 – Робот для удаления сорняков
Dino
Figure 2 – Dino Weed Removal Robot

Но все они имеют ряд недостатков. Они изготовлены в единичных экземплярах, находятся в виде концептуальной модели или на стадиях доработки, готовые образцы зачастую имеют высокую стоимость. В России сельское хозяйство вообще отстаёт в разработке и использовании роботизированной техники от других стран и отраслей. Принципы и технические проблемы проектирования сельскохозяйственных роботизированных машин до конца не сформированы.

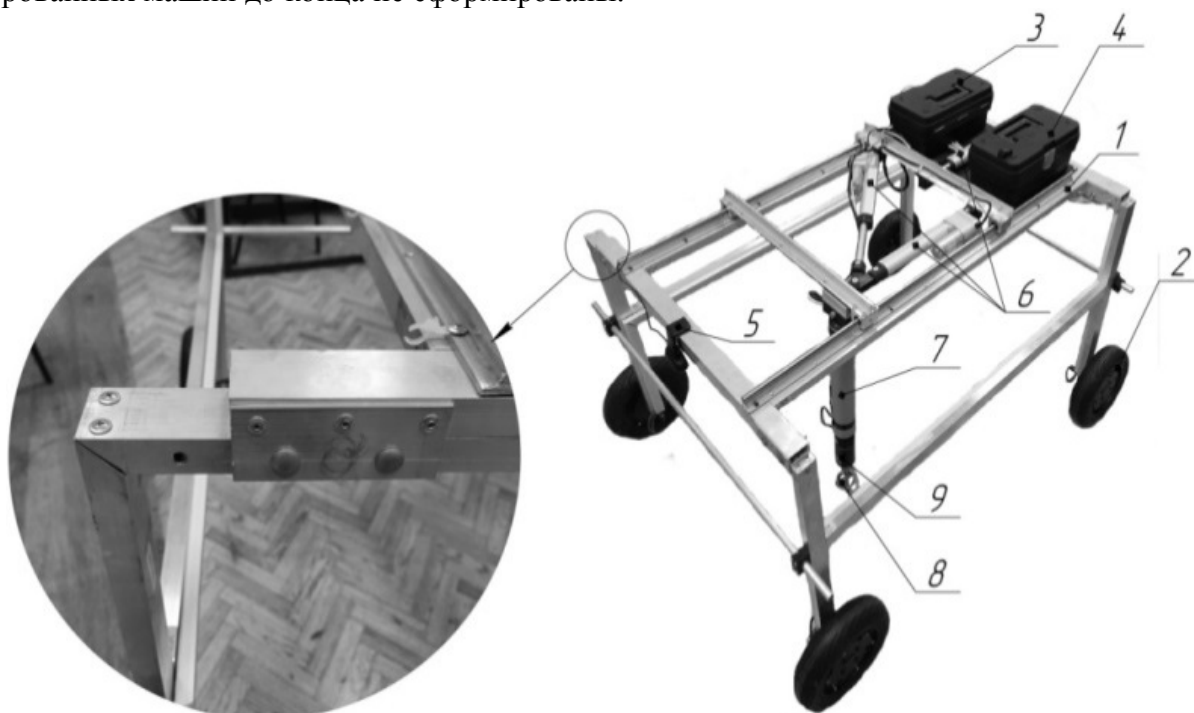


Рисунок 3 – Конструкция роботизированной прополочной машины: 1 – рама; 2 – приводные колеса; 3 – блок системы управления; 4 – бортовая система питания; 5 – камера СТЗ; 6 – исполнительные приводы (актуаторы) 8 – рабочий орган (фреза); 9 – электродвигатель

Figure 3 – The design of the robotic weeding machine: 1 – frame; 2 - drive wheels; 3 – control system unit; 4 – on-board power supply system; 5 – STZ chamber; 6 – auxiliary drives (actuators) 8 – working body (milling cutter); 9 – electric motor

Для решения существующих проблем разработан роботизированный пропольщик для механической борьбы с сорняками как в рядке, так и в междурядье (Робот-пропольщик: пат. 2703092 Рос. Федерация. № 2019102103; заявл. 25.01.19; опубл. 15.10.19, Бюл. № 29. 8 с). Конструкция роботизированного пропольщика (рисунок 3) состоит из рамы 1, мотора-колеса 2, системы навигации и управления 3, системы питания 4, датчика системы технического зрения 5, линейных приводов 6 и 7, осуществляющих перемещение рабочего органа 8 в пространстве, и электродвигателя 9, приводящего рабочий орган во вращательное движение [6, 9].

В качестве рабочего органа пропольщика используется фреза с вертикальной осью вращения (рисунок 4). Обработка почвы фрезой обеспечивает интенсивное крошение, перемешивание, рыхление обрабатываемого слоя и уничтожение сорняков.



Рисунок 4 – Рабочий орган роботизированного пропольщика

Figure 4 – The working organ of the robotic weeding machine

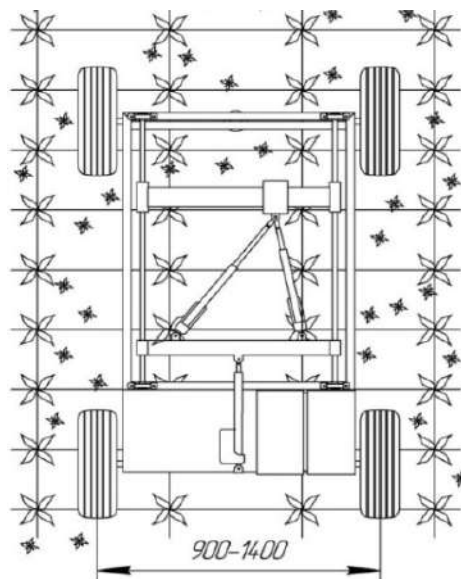


Рисунок 5 – Технологический процесс прополки с использованием роботизированной прополочной машины

Figure 5 – Technological process of weeding with the use of a robotic weeding machine

К выращиванию сельскохозяйственных культур предъявляются различные агротехнологические требования: определенные размеры междурядья, междугнездья и др. Роботизированный пропольщик является универсальным, поэтому его конструкция предусматривает изменение колеи колес от 900 до 1400 мм с интервалом 50 мм под необходимое междурядье за счет раздвижного механизма (рисунок 3).

Технологический процесс прополки с использованием роботизированного пропольщика осуществляется по этапам (рисунки 5, 6). На первом этапе строится карта перемещения пропольщика на местности, на следующем этапе – шасси пропольщика в автоматическом режиме, за счет системы навигации и управления, заезжает в рядки с растениями, затем с помощью системы технического зрения определяются координаты сорных растений и рассчитывается оптимальный путь перемещения рабочего органа между сорняками, на последнем этапе рабочий орган в автоматическом режиме перемещается к сорняку, срезает его и взрыхляет почву в окрестностях сорняка.

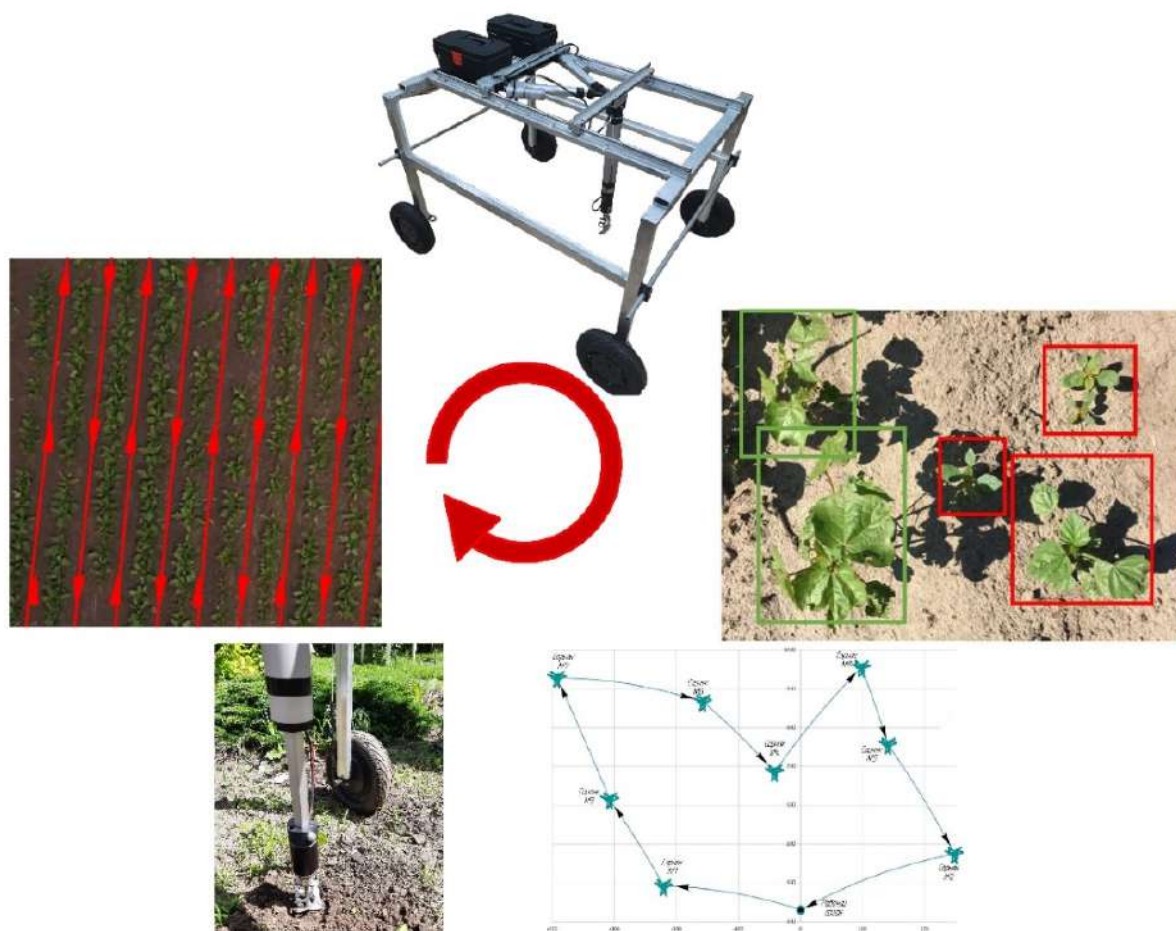


Рисунок 6 – Принцип работы роботизированного пропольщика

Figure 6 – The principle of operation of the robotic weeding machine

Материалы и методы. Для осуществления всех этапов приведенного технологического процесса необходимо решить ряд задач. Одной из них является задача программного перемещения рабочего органа, роботизированного пропольщика в пространстве методом кинематического синтеза [8, 13, 14].

Задача перемещения рабочего органа (фрезы) в пространстве подразделяется на два этапа:

1. Решение задачи позиционирования манипуляционного механизма (задача о конфигурации), соответствующего конечному положению в пространстве фрезы пропольщика, определяемого координатами сорняка. Задача носит оптимизационный характер.

2. Синтез законов перемещения по траектории в пределах зоны обслуживания.

Перемещение рабочего органа пропольщика заключается в необходимости передвижения фрезы из нулевого (начального) положения, имеющего координаты $M_0(X_{M0}, Y_{M0})$, в заданное конечное положение $M_k(X_{Mk}, Y_{Mk})$, и которые не выходят за пределы рабочей зоны (рисунок 7) [11].

В нулевом положении длины актуаторов, принятые за обобщенные координаты l_{i0} , известны по показаниям датчиков положения (потенциометров). Поэтому ставится задача определения длин актуаторов, принятых за обобщенные координаты l_{ik} , соответствующие конечному положению фрезы пропольщика (рисунок 8) [2, 4].

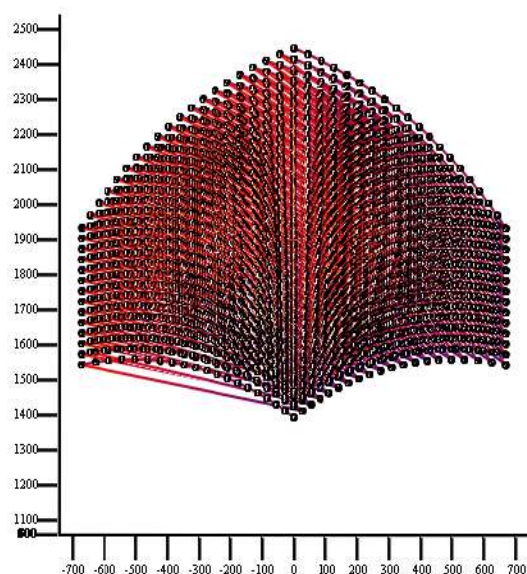


Рисунок 7 – Рациональная рабочая зона роботизированного пропальщика
Figure 7 – Rational working area of a robotic weeding machine

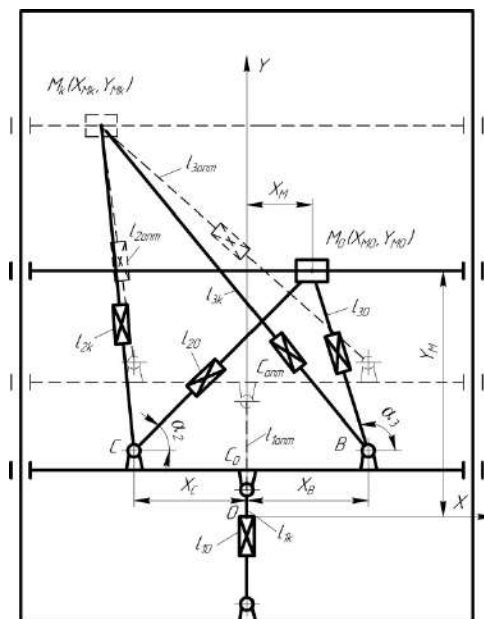


Рисунок 8 – Схема перемещения фрезы из нулевого положения в конечное (плоскость XOY)
Figure 8 – Diagram of moving the milling cutter from the zero position to the final one (XOY plane)

Длина звена l_{1k} находится с учетом критерия энергоэффективности - минимизации квадратичной функции, характеризующей изменения длин звеньев манипуляционного механизма (1), а длины звеньев l_{2k}, l_{3k} определяются из выражений (2):

$$\Phi_{l_{kmin}} = C_1 \cdot (l_{1k} - l_{10})^2 + C_2 \cdot \left[\sqrt{(Y_{Mk} - l_{1k})^2 + (X_C + X_{Mk})^2} - \sqrt{(Y_{M0} - l_{10})^2 + (X_C + X_{M0})^2} \right]^2 + C_3 \cdot \left[\sqrt{(Y_{Mk} - l_{1k})^2 + (X_B - X_{Mk})^2} - \sqrt{(Y_{M0} - l_{10})^2 + (X_B - X_{M0})^2} \right]^2, \quad (1)$$

где l_{10} и l_{1k} – начальная и конечная длина 1-го звена, мм; C_1, C_2, C_3 – весовые коэффициенты; $X_C = X_B = a/2$ – постоянные, в выбранной системе, координаты точек крепления звеньев манипуляционного механизма.

Координаты точки M и длины исполнительных звеньев робота в системе координат OXY имеют вид [5]:

$$\begin{cases} (Y_M - l_1)^2 + (X_M - X_B)^2 = l_2^2, \\ (Y_M - l_1)^2 + (X_M + X_B)^2 = l_3^2. \end{cases} \quad (2)$$

где X_M, Y_M – координаты точки M в неподвижной системе координат.

После того как решена задача позиционирования рабочего органа манипулятора, ставится задача нахождения законов движения исполнительных звеньев $l_i(t)$ по траектории. Данная задача может решаться выбором для каждого исполнительного звена одного из распространенных законов движения, удовлетворяющих граничным условиям [11]:

$$\begin{aligned} l_{ik}(0) &= l_{i0}, \quad l_{ik}(t_k) = l_{ik}, \quad i = 1, 2, 3 \\ \dot{l}_{ik}(0) &= 0, \quad \dot{l}_{ik}(t_k) = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Зная начальные длины actuators l_{10}, l_{20}, l_{30} , и конечную конфигурацию манипуляционного механизма l_{1k}, l_{2k}, l_{3k} , определенную из уравнения (1), выберем закон движения штоков actuators от l_{i0} до l_{ik} , обеспечивающий нулевые значения скоростей, ускорений в момент трогания и останова, т.е. безынерционное движение рабочего органа.

Данному требованию удовлетворяют следующие законы движения: синусоидальный, полиномиальный, трапецеидальный. Воспользуемся синусоидальным законом:

$$l(t) = l_0 + (l_k - l_0) \cdot \left[\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right], \quad (4)$$

где l_0 – длина actuators в начальном положении, м; l_k – длина actuators в конечном положении, м; t – время в текущий момент движения actuators, с; T – время, за которое actuators переместится из начального положения в конечное.

Законы изменения длин исполнительных звеньев рассматриваются при движении рабочего органа в двух случаях: траектория заранее не определена и траекторией перемещения по времени является прямая.

Время T зависит от скорости actuators, так как изменение длин звеньев ($l_{ik} - l_{i0}$) различны, то и время T для всех actuators будет также различно. Для решения задач управления принимаем время $T = \max_{i=1,2,3}(T_i)$, т.е. одинаковое для всех actuators.

Используя законы изменения длин actuators (4) и зависимости координат точки M от длин actuators [11], получим закон изменения координат по времени:

$$\begin{cases} X_M(t) = -\frac{l_3(t)^2 - l_2(t)^2}{4X_B}, \\ Y_M(t) = l_1(t) + \sqrt{l_2(t)^2 - \left(\frac{l_3(t)^2 - l_2(t)^2}{4X_B}\right)^2 + \frac{l_3(t)^2 - l_2(t)^2}{2} - X_B^2}. \end{cases} \quad (5)$$

Оптимальной траекторией перемещения по времени считается прямая, в этом случае задача позиционирования сводится к перемещению рабочего органа по отрезку M_0M_k . Канонические уравнения прямой в плоскости, проходящей через две точки, имеют следующий вид:

$$\frac{X_M - X_{M0}}{\Delta X} = \frac{Y_M - Y_{M0}}{\Delta Y}, \quad (6)$$

где $\Delta X = X_{Mk} - X_{M0}$, $\Delta Y = Y_{Mk} - Y_{M0}$.

Из уравнения 6 выразим зависимости X_M , Y_M , составим систему уравнений, примем обозначение констант, зависящих от начальных и конечных координат рабочего органа:

$$K_1 = \frac{\Delta X}{\Delta Y}, \quad b_1 = -K_1 Y_{M0} + X_{M0}, \quad b_2 = -\frac{X_{M0}}{K_1} + Y_{M0}. \quad (7)$$

В результате, имеем:

$$\begin{cases} X_M = K_1 \cdot Y_M + b_1 \\ Y_M = \frac{X_M}{K_1} + b_2 \end{cases} \quad (8)$$

Длина элементарного участка кривой имеет вид:

$$dS = \sqrt{dX_M^2 + dY_M^2} \quad (9)$$

Используя систему уравнений (8), определим выражение (9):

$$\begin{cases} dS = \sqrt{1 + 1/K_1^2} dX_M \\ dS = \sqrt{1 + K_1^2} dY_M \end{cases} \quad (10)$$

Проинтегрируем систему уравнений (10) и определим зависимости $l_i(S)$:

$$\begin{cases} S = \sqrt{1 + 1/K_1^2} \cdot X_M + C_1 \\ S = \sqrt{1 + K_1^2} \cdot Y_M + C_2 \end{cases} \quad (11)$$

Определим X_M , Y_M , для этого введём обозначения коэффициентов K_X , K_Y :

$$\begin{cases} K_X = \sqrt{1 + 1/K_1^2}, \\ K_Y = \sqrt{1 + K_1^2}, \end{cases} \quad (12)$$

и определим постоянные C_1 , C_2 , при начальных условиях X_{M0} , Y_{M0} , и $S_0=0$:

$$\begin{cases} C_1 = -X_{M0} \cdot K_X, \\ C_2 = -Y_{M0} \cdot K_Y, \end{cases} \quad (13)$$

Из выражений (8) с учётом (12), (13) получим:

$$X_M = \frac{S + X_{M0}K_X}{K_X}, \quad Y_M = \frac{S + Y_{M0}K_Y}{K_Y} \quad (14)$$

Закон движения рабочего органа по прямой траектории примем по закону безынерционного движения рабочего органа:

$$S(t) = S_k \cdot \left[\frac{t}{T} - \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right] \quad (15)$$

Тогда получаем зависимость перемещения рабочего органа (точки М) от времени с учетом выбранного закона движения (15):

$$\begin{aligned} X_M(t) &= \frac{S(t) + X_{M0}K_X}{K_X}, \\ Y_M(t) &= \frac{S(t) + Y_{M0}K_Y}{K_Y} \end{aligned} \quad (16)$$

Таким образом, решая уравнения (2) с учетом зависимостей (16), определим законы изменения длин исполнительных звеньев $l_i(t)$:

$$\begin{cases} \sqrt{(Y_M(t) - l_1(t))^2 + (X_M(t) - X_B)^2} = l_2(t), \\ \sqrt{(Y_M(t) - l_1(t))^2 + (X_M(t) + X_B)^2} = l_3(t). \end{cases} \quad (17)$$

где X_B – координаты крепления звена l_2 на раме в абсолютной системе.

Результаты и обсуждение. На рисунках 9 – 11 приведены сравнительные графики изменения длин actuators при перемещении рабочего органа из точки А в точку В (рисунок 12) по заранее неопределенной и прямой траекториям.

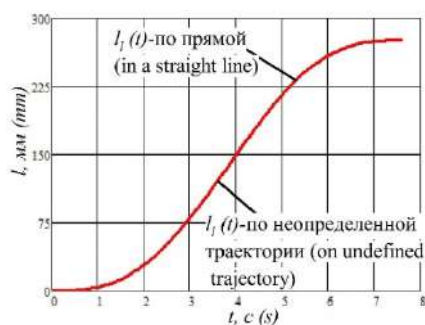


Рисунок 9 – Изменение длины actuators l_1 от времени
Figure 9 – Change in length actuators l_1 from time to time

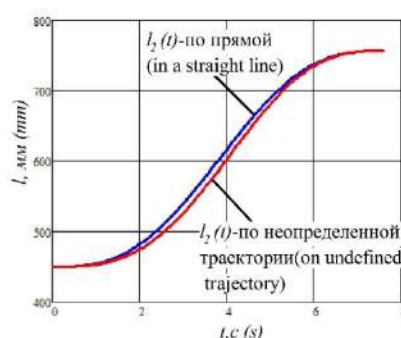


Рисунок 10 – Изменение длины actuators l_2 от времени
Figure 10 – Change in length actuators l_2 from time to time

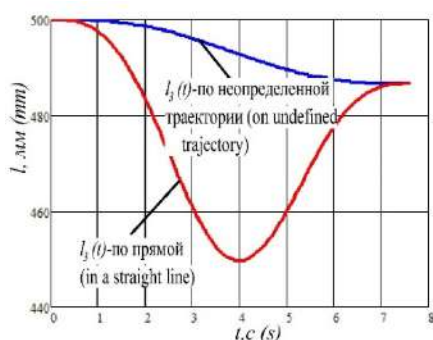


Рисунок 11 – Изменение длины actuators l_3 от времени
Figure 11 – Change in length actuators l_3 from time to time

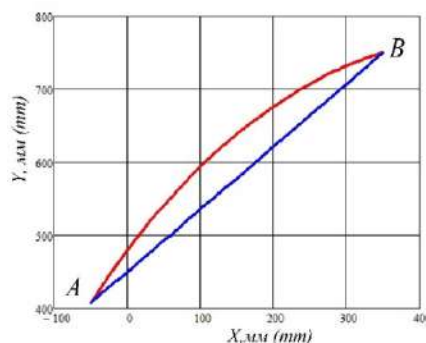


Рисунок 12 – Траектории перемещения рабочего органа в плоскости XOY
Figure 12 – Trajectory of movement of the working body in the XOY plane.

Решение задачи перемещения рабочего органа пропольщика по прямой и по заранее неопределенной траекториям в начальной и конечной точках имеет одинаковый результат (рисунок 12), что говорит о правильности математической модели.

На графике (рисунок 13) приведены зависимости максимального отклонения рабочего органа пропольщика от прямой (h_{max}) и удлинение заранее неизвестной траектории (ΔS) в зависимости от длины прямолинейной траектории.

Сравнительный анализ перемещения рабочего органа пропольщика (рисунок 10) показал, что если длина траектории по прямой не превышает 250 мм, то удлинение по неопределенной траектории рабочего органа (ΔS) не более 2 %, а наибольшее отклонение рабочего органа пропольщика от прямой менее 5 %. Если длина траектории по прямой более 250 мм, то ΔS не превышает 6 %, а h_{max} не превышает 14 %.

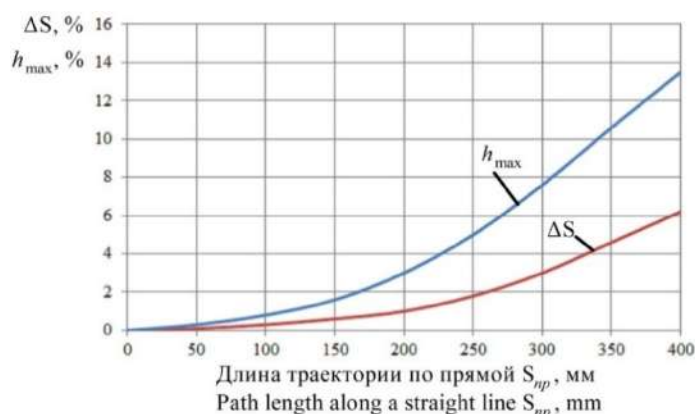


Рисунок 13 – Зависимости максимального отклонения рабочего органа пропольщика от прямой (h_{max}) и удлинение заранее неизвестной траектории (ΔS) в зависимости от длины прямолинейной траектории

Figure 13 – Dependences of the maximum deviation of the weeding tool from the straight line (h_{max}) and the elongation of the previously unknown trajectory (ΔS) depending on the length of the straight trajectory

Полученные графики изменения скоростей штоков исполнительных звеньев (актуаторов) при перемещении рабочего органа по прямой и неопределенной траектории (рисунок 14).

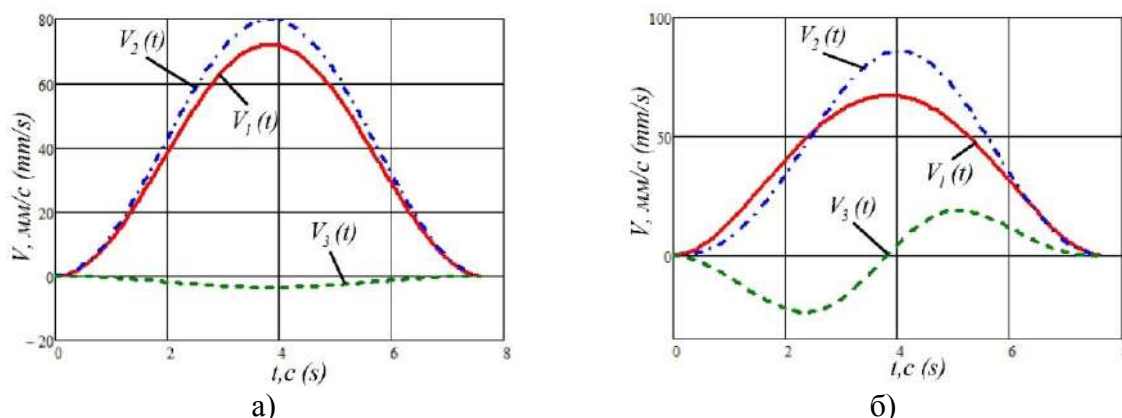


Рисунок 14 – График изменения скоростей штоков исполнительных звеньев (актуаторов) при перемещении рабочего органа: а) по неопределенной траектории; б) по прямой

Figure 14 – Graph of changes in the speeds of the rods of the executive links (actuators) when moving the working body: a) along an undefined trajectory; б) in a straight line

Выводы. При перемещении рабочего органа по прямой траектории линейная скорость одного из исполнительных звеньев меняет знак, это говорит о том, что шток актуатора совершает возвратно-поступательное движение, что, в свою очередь, негативно сказывается на приводе. Таким образом, несмотря на то что длина пути по заранее неопределенной траектории больше на 1-6 %, предпочтительней использовать данную траекторию для перемещения рабочего органа пропольщика.

Библиографический список

1. Абросимов В. К., Елисеев В. В. Малые интеллектуальные роботы для решения задач точного земледелия: проблемы и решение // Робототехника и техническая кибернетика. 2018. № 4 (21). С. 14-18.

2. Вирабян Л. Г., Халапян С. Ю., Кузьмина В. С. Оптимизация траектории позиционирования выходного звена планарного параллельного робота // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2018. № 9. С. 106–113.

3. Годжаев З. А. Тенденции развития средств механотроники, автоматизации и роботизации для синтеза новых высокопроизводительных технологий, и машин в сельском хозяйстве // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2018. № 3 (329). С. 4-16.

4. Жога В. В. Задача позиционирования манипулятора параллельно-последовательной структуры с управляемым захватным устройством // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. № 8. Том 17. С. 525-530.

5. Жога В. В. Система управления манипулятора – трипода // Робототехника и техническая кибернетика. 2014. № 4 (5). С. 58-62.

6. Иванов А. Г., Воробьева Н. С., Дяшкин А. В. Обоснование геометрических параметров робота-пропольщика. // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2019. № 3 (226). С. 22-25.

7. Florance Mary M., Yogaraman D. (2021). Neural network based weeding robot for crop and weed discrimination // Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series. 2021. № 1979 (1).

8. Grimstad L. Kinematic modeling and control design of a novel single-rail parallel arm // Paper presented at the IFAC-PapersOnLine. 2017. № 50 (1). P. 11434-11440.

9. Ivanov A. G. Dynamic model of end-effector actuator used for mobile robotic weeder // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 747 (1).

10. Machleb J. Sensor-based intrarow mechanical weed control in sugar beets with motorized finger weeders. Agronomy. 2021. № 11 (8).

11. Ovchinnikov A. S. Kinematic study of the weeding robot. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. № 489 (1).

12. Raja R., Nguyen T. T. RTD-SEPs: Real-time detection of stem emerging points and classification of crop-weed for robotic weed control in producing tomato // Biosystems Engineering. 2020. № 195. P. 152-171.

13. Roshanianfard A., Mengmeng D., Nematzadeh S. A 4-DOF SCARA robotic arm for various farm applications: Designing, kinematic modelling, and parameterization // Acta Technologica Agriculturae. 2021. № 24 (2). P. 61-66.

14. Xuelei W., Jie H. Kinematics and statics analysis of a novel 4-dof parallel mechanism for laser weeding robot // INMATEH - Agricultural Engineering. 2016. № 50 (3). P. 29-38.

Conclusion. When moving the working body along a straight trajectory, the linear velocity of one of the executive links changes sign, this indicates that the actuator rod performs a reciprocating motion, which in turn negatively affects the drive. Thus, despite the fact that the length of the path along a predetermined trajectory is 1-6% longer, it is preferable to use this trajectory to move the working organ of the weaver.

References

1. Abrosimov V. K., Eliseev V. V. Small intelligent robots for solving precision farming problems: problems and solutions // Robotics and technical cybernetics. 2018. No. 4 (21). P. 14-18.

2. Virabyan L. G., Khalapyan S. Y., Kuzmina V. S. Optimization of the positioning trajectory of planar parallel robot output link // Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2018. № 9. P. 106-113.

3. Gojaev Z. A. Trends in the development of mechanotronics, automation and robotization tools for the synthesis of new high-performance technologies, and machines in agriculture // Fundamental and applied problems of engineering and technology. 2018. № 3 (329). Pp. 4-16.

4. Zhoga V. V. The Problem of positioning a manipulator of a parallel-sequential structure with a controlled gripper device // Mechatronics, automation, control. 2016. No. 8. V. 17. P. 525-530.

5. Zhoga V. V. Control system of the manipulator – tripod // Robotics and technical cybernetics. 2014. No. 4 (5). P. 58-62.
6. Ivanov A. G., Vorob'yeva N. S., Dyashkin A. V. Substantiation of geometric parameters of the weeding robot // News of the Volgograd State Technical University. 2019. No. 3 (226). P. 22-25.
7. Florance Mary M., Yogaraman D. (2021). Neural network based weeding robot for crop and weed discrimination // Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series. 2021. № 1979 (1).
8. Grimstad L. Kinematic modeling and control design of a novel single-rail parallel arm // Paper presented at the IFAC-PapersOnLine. 2017. № 50 (1). P. 11434-11440.
9. Ivanov A. G. Dynamic model of end-effector actuator used for mobile robotic weeder // Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. № 747 (1).
10. Machleb J. Sensor-based intrarow mechanical weed control in sugar beets with motorized finger weeders. Agronomy. 2021. № 11 (8).
11. Ovchinnikov A. S. Kinematic study of the weeding robot. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. № 489 (1).
12. Raja R., Nguyen T. T. RTD-SEPs: Real-time detection of stem emerging points and classification of crop-weed for robotic weed control in producing tomato // Biosystems Engineering. 2020. № 195. P. 152-171.
13. Roshanianfard A., Mengmeng D., Nematzadeh S. A 4-DOF SCARA robotic arm for various farm applications: Designing, kinematic modelling, and parameterization // Acta Technologica Agriculturae. 2021. № 24 (2). P. 61-66.
14. Xuelei W., Jie H. Kinematics and statics analysis of a novel 4-dof parallel mechanism for laser weeding robot // INMATEH - Agricultural Engineering. 2016. № 50 (3). P. 29-38.

Author's Information

Ivanov Aleksey Gennadievich, assistant of the department "Mechanics" Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26), tel. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: leha_2106@list.ru

Vorob'eva Natalia Sergeevna, head of the department "Mechanics" Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26), candidate of technical sciences, tel. +7 (8442) 41-18-49.

Информация об авторах

Иванов Алексей Геннадьевич, ассистент кафедры «Механика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), тел. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: leha_2106@list.ru ORCID 0000-0003-1098-099X

Воробьева Наталья Сергеевна, заведующий кафедрой «Механика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат технических наук, тел. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: vgsxa@mail.ru ORCID 0000-0001-9035-6382

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-45

EFFICIENCY OF ANTI-FILTRATION SAND SAPROPEL CURTAIN ON THE EXAMPLE OF THE GATEWAY-REGULATOR OF RECLAMATION SYSTEMS

V.S. Bocharnikov¹, A.A. Borovikov²

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Belarusian State Agricultural Academy, Gorki

Received 18.09.2021

Submitted 20.11.2021

Summary

The article examines the existing and prospective designs of the anti-seepage device, compares their anti-seepage efficiency using the method of resistance coefficients of R.R. Chugaev. Comparison of the costs for the construction of devices is made, taking into account the cost of the required materials. The economic effect of the introduction has been calculated.

Abstract

Introduction. Construction and reconstruction of hydraulic structures on reclamation systems is costly from an economic point of view. Improving the design of individual elements using local materials will significantly reduce their cost. **Object.** The object of research is the existing and future design of the anti-seepage device. **Materials and methods.** The study of the effectiveness of anti-filtration devices was carried out for the gateway-regulator on the C-3 channel of the melioration system - «Pod'elniki» of the Soligorsk district of the Minsk region for options with a reinforced concrete sheet pile wall and a sand-sapropel anti-filtration curtain with a thickness of 0.4 to 0.8 m. Anti-filtration efficiency was calculated by the method of resistance coefficients of R.R. Chugaev. Comparison of the economic efficiency of the options was carried out by comparing the costs of the construction of the structure, taking into account the cost of the required materials. **Results and conclusions.** The efficiency of damping the pressure in the section (4-6) is 7.3-4.8% higher at the sheet pile wall in comparison with the anti-seepage curtain. The outlet gradient for the tongue-and-groove version is 0.017-0.018 lower than for the sand-sapropel curtain versions. The specific filtration flow rate at the base of the structure is 7.6% higher for options with an anti-filtration curtain.

Key words: *sheet pile wall, sand-sapropel curtain, anti-filtration efficiency, economic efficiency.*

Citation. Bocharnikov V.S., Borovikov A.A. Efficiency of anti-filtration sand sapropel curtain on the example of the gateway-regulator of reclamation systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 463-471 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-45.

Author's contribution. 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 submitted final version.

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

УДК 626.8:64.011.44(476)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ПЕСЧАНО-САПРОПЕЛЕВОЙ ЗАВЕСЫ НА ПРИМЕРЕ ШЛЮЗА-РЕГУЛЯТОРА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

В. С. Бочарников¹, доктор технических наук, профессор

А. А. Боровиков², старший преподаватель

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки

Дата поступления в редакцию 18.09.2021

Дата принятия к печати 20.11.2021

Аннотация. В статье рассмотрены существующая и перспективная конструкции противофильтрационного устройства. Проведено сравнение их противофильтрационной эффективности по методу коэффициентов сопротивления Р. Р. Чугаева. Выполнено сравнение затрат на возведение устройств с учетом стоимости требуемых материалов. Подсчитан экономический эффект от внедрения.

Актуальность. Строительство и реконструкция гидротехнических сооружений на мелиоративных системах являются затратными с экономической точки зрения. Совершенствование конструкций отдельных элементов с применением в них местных материалов позволит значительно снизить их стоимость. **Объект.** Объектом исследования являются существующая и перспективная конструкции противофильтрационного устройства. **Материалы и методы.** Исследование эффективности противофильтрационных устройств проводилось для шлюза-регулятора на канале С-3 мелиоративной системы «Подъельники» Солигорского района Минской области для вариантов с железобетонной шпунтовой стенкой и песчано-сапропелевой противофильтрационной завесой толщиной от 0,4 до 0,8 м. Противофильтрационная эффективность рассчитывалась по методу коэффициентов сопротивлений Р.Р. Чугаева. Сравнение экономической эффективно-

сти вариантов проводили методом сравнения затрат на возведение сооружения с учетом стоимости требуемых материалов. **Результаты и выводы.** Эффективность гашения напора на участке (4-6) на 7,3-4,8 % выше у шпунтовой стенки в сравнении с противofильтрационной завесой. Выходной градиент для варианта со шпунтовой стенкой на 0,017-0,018 ниже по сравнению с вариантами песчано-сапропелевой завесы. Удельный фofильтрационный расход в основании сооружения на 7,6 % выше для вариантов с противofильтрационной завесой.

Ключевые слова: шпунтовые стенки, песчано-сапропелевые завесы, противofильтрационная эффективность завес, шлюзы-регуляторы.

Цитирование. Бочарников В. С., Боровиков А. А. Эффективность противofильтрационной песчано-сапропелевой завесы на примере шлюза-регулятора мелиоративных систем. *Известия НВ АУК.* 2021. 4 (64). 463-471. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-45.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Строительство и последующая эксплуатация, а в дальнейшем и реконструкция мелиоративных систем преследует несколько целей – создание условий для повышения урожайности культур [11, 13], положительное воздействие на экосистему [1, 2, 14], повышение или сохранение плодородия земель [5, 6].

Практически любая мелиоративная система не обходится без комплекса сооружений (водоподпорных, водорегулирующих и водопроводящих) [7, 8]. Строительство и реконструкция водоподпорных и водопроводящих сооружений в условиях Белорусского Полесья осложнено наличием в их основании хорошо водопроницаемых грунтов. Это вызывает необходимость применения противofильтрационных мероприятий, позволяющих снизить неблагоприятное воздействие фильтрующейся воды под сооружениями [3, 4, 12].

В настоящее время в Республике Беларусь при реконструкции шлюзов-регуляторов вместо деревянной шпунтовой стенки проектируют железобетонную шпунтовую стенку. В условиях ограниченной доступности к финансовым ресурсам предпочтение следует отдавать местным материалам, способным обеспечить необходимые проектные параметры функционирования сооружения, для получения большего экономического эффекта [9, 10].

Нами предлагается замена шпунтовой стенки вертикальной противofильтрационной песчано-сапропелевой завесой, поскольку месторождения сапропеля, пригодного для изготовления тиксотропных суспензий на территории Республики Беларусь встречаются повсеместно.

При этом завеса должна удовлетворять следующим требованиям:

- эффективное гашение напора отдельными элементами подземного контура в условиях пространственной схемы фofильтрации применительно к режиму работы сооружения на мелиоративной системе;
- технология ее устройства не должна нарушать существующую технологию производства работ по реконструкции (строительству) шлюза-регулятора;
- ее устройство должно осуществляться машинами и механизмами, имеющимися в наличии у организации или подрядчика;
- ее глубина ограничена 2 м при выполнении многоковшовым траншейным или цепным универсальным экскаватором на базе трактора Беларусь 92П (производство ООО «Борисовский завод грунторезной техники») и 6-7 м при выполнении однокотловым экскаватором. Ширина завесы определяется размерами рабочего органа экскаватора.

Таким образом, с целью снижения затрат на проведение противофильтрационных мероприятий в основании гидротехнических сооружений мелиоративных систем необходимо совершенствование конструкций противофильтрационных элементов с вовлечением местных материалов, имеющихся на объекте строительства (реконструкции), в их состав [7, 8, 10].

Материалы и методы. Сравнение эффективности противофильтрационных устройств проводили на основании теоретических исследований для шлюза-регулятора (ШР5х2) на канале С-3 (ПК 102+50) мелиоративной системы «Подъельники» км 29,6 Н-8851 автодороги Любань – Березовка – Старобин Солигорского района Минской области. Исходными данными выступали материалы испытаний грунтов объекта, проведенные в РУП «Белгипроводхоз», проект шлюза-регулятора, данные исследований тиксотропных свойств сапропелевых суспензий и фильтрационных свойств песчано-сапропелевых смесей. Схема подземного контура шлюза-регулятора была заменена расчетными схемами для случая железобетонной шпунтовой стенки – рисунок 1, песчано-сапропелевой завесы – рисунок 2.

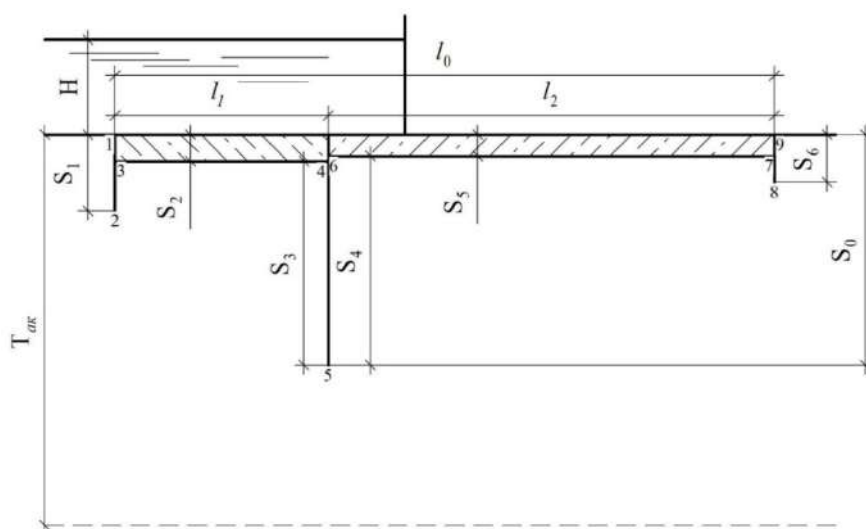


Рисунок 1 – Расчетная схема подземного контура с железобетонной шпунтовой стенкой

Figure 1 – Design scheme of an underground contour with a reinforced concrete sheet pile wall

Определение эффективности гашения напора элементами подземного контура сооружения для случаев железобетонной шпунтовой стенки и песчано-сапропелевой противофильтрационной завесы выполняли по методу коэффициентов сопротивлений, разработанному Р. Р. Чугаевым.

Подземный контур расчетных схем был разбит на 5 участков: входной со шпунтом (1-3), первый горизонтальный (3-4), шпунт (песчано-сапропелевая завеса) (4-6), второй горизонтальный (6-7), выходной (7-9).

Расчеты выполнялись для напора $H=2,0$ м при следующих размерах сооружения: длина понура $l_1=4,5$ м; длина водобоя $l_2=9,4$ м; длина горизонтальной проекции подземного контура $l_0=13,9$ м; длина вертикальной проекции подземного контура $S_0=4,85$ м; $S_1=1,6$ м; $S_2=0,56$ м; $S_3=4,29$ м; $S_4=4,4$ м; $S_5=0,45$ м; $S_6=1,0$ м. Схема подземного контура в нашем случае заглубленная, поскольку $l_0/S_0=2,87$, таким образом, $T_{ак}=10,83$ м; $T_{ак}''=21,66$ м; $T_{ак}'''=32,49$ м.

Вариант с ж/б шпунтов – №1, с противофильтрационной песчано-сапропелевой завесой рассчитывался для трех случаев толщины №2 – $t=0,4$ м; №3 – $0,6$ м; №4 – $0,8$ м.

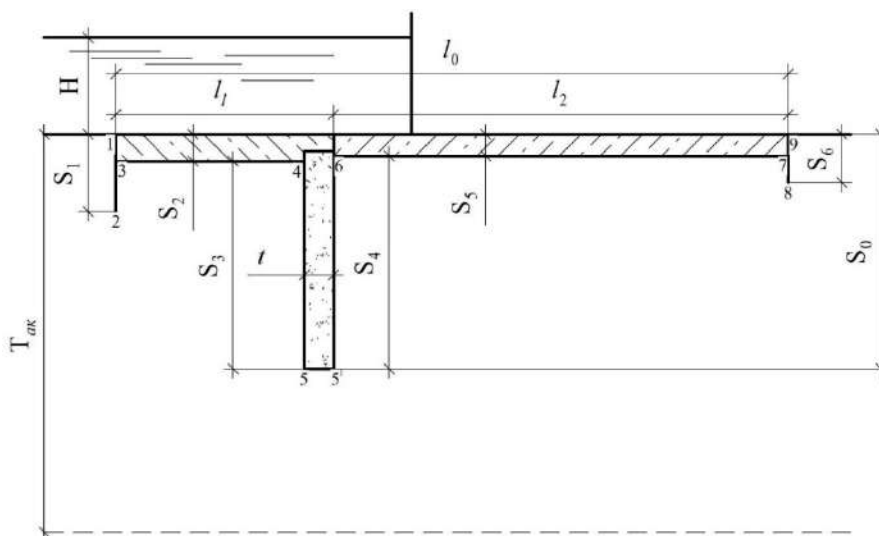


Рисунок 2 – Расчетная схема подземного контура с песчано-сапропелевой противофильтрационной завесой

Figure 2 – Design scheme of an underground contour with a sand-sapropel anti-filtration curtain

Экономическую эффективность оценивали путем сравнения стоимости возведения железобетонной шпунтовой стенки и песчано-сапропелевой противофильтрационной завесы. При этом операции, одинаковые при проведении работ по реконструкции шлюза-регулятора, в расчете не учитывались, подсчет стоимости производился по отличающимся видам работ и затрат.

Результаты и обсуждение. Эффективность работы противофильтрационного устройства оценивается по его способности безопасно погасить прилагаемый напор при отсутствии фильтрационных деформаций грунта основания. На рисунке 3 представлена диаграмма эффективности гашения напора на участках подземного контура.

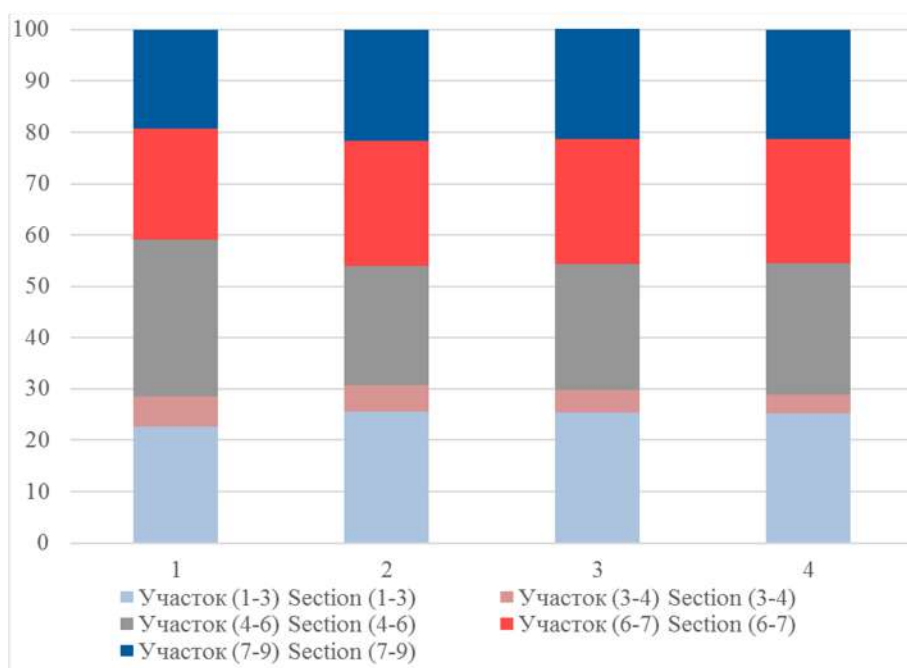


Рисунок 3 – Диаграмма эффективности гашения напора на участках подземного контура

Figure 3 – Diagram of the efficiency of head damping in sections of the underground circuit

Диаграмма показывает, что эффективность гашения напора на участке (4-6) несколько выше у шпунтовой стенки (30,6 %) по сравнению с противофильтрационной завесой (23,3 % при $t=0,4$ м; 24,6 % при $t=0,6$ м; 25,8 % при $t=0,8$ м).

На рисунке 4 представлена диаграмма коэффициентов сопротивлений на участках подземного контура для определения выходного градиента.

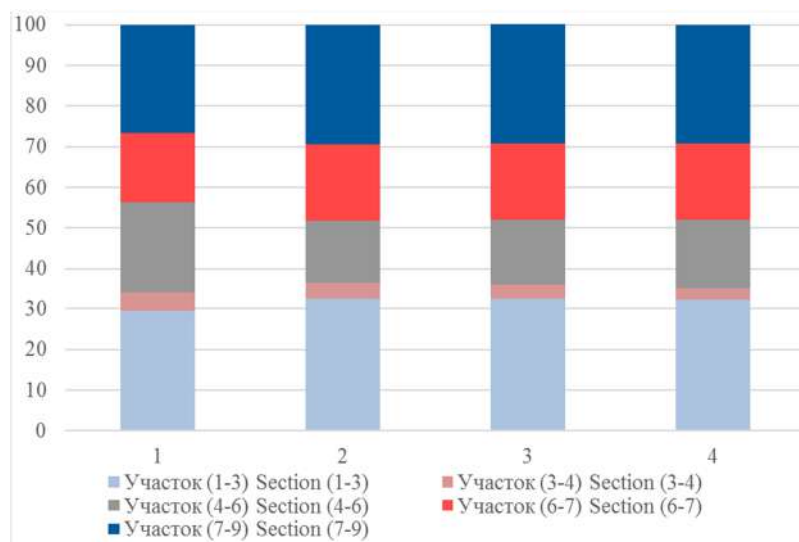


Рисунок 4 – Диаграмма коэффициентов сопротивлений на участках подземного контура для определения выходного градиента

Figure 4 – Diagram of the resistance coefficients in the sections of the underground contour to determine the output gradient

Выходной градиент для варианта с ж/б шпунтом составил 0,176, для вариантов завесы при $t=0,4$ м – 0,194, при $t=0,6$ м – 0,194, при $t=0,8$ м – 0,193.

На рисунке 5 представлена диаграмма коэффициентов сопротивлений на участках подземного контура для определения удельного фильтрационного расхода.

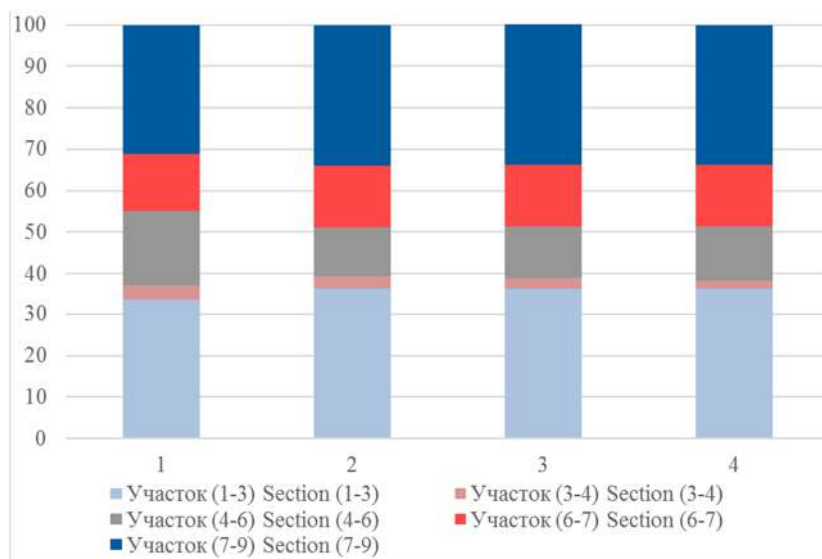


Рисунок 5 – Диаграмма коэффициентов сопротивлений на участках подземного контура для определения удельного фильтрационного расхода

Figure 5 – Diagram of the resistance coefficients in the sections of the underground contour to determine the specific filtration flow rate

Удельный фильтрационный расход для варианта с ж/б шпунтом составил $2,81 \text{ м}^2/\text{сут}$, для вариантов завесы при $t=0,4 \text{ м}$ – $3,05 \text{ м}^2/\text{сут}$, при $t=0,6 \text{ м}$ – $3,04 \text{ м}^2/\text{сут}$, при $t=0,8 \text{ м}$ – $3,04 \text{ м}^2/\text{сут}$.

Оценку экономической эффективности выполняем путем расчета стоимости материалов, работы, эксплуатации машин и механизмов на основании действующих цен и расценок на 1 июня 2021 года для устройства железобетонной шпунтовой стенки и песчано-сапропелевой противофильтрационной завесы при $t=0,6 \text{ м}$.

Стоимость устройства железобетонной шпунтовой стенки состоит из следующих затрат: погружение дизель-молотом копровой установки на базе трактора железобетонных свай длиной до 6 м, в грунтах 2 группы; стоимость материала (шпунтовой свай). Общая стоимость железобетонной шпунтовой стенки с учетом погружения свай составит 66 382,06 бел. руб.

Стоимость устройства песчано-сапропелевой завесы состоит из следующих затрат: разработка траншей глубиной до 7 м экскаватором «обратная лопата» при ширине траншеи 600 мм, в грунтах 2 группы; приготовление песчано-сапропелевой смеси в самоходной бетоносмесительной самозагружающейся установке $3,5 \text{ м}^3$; укладка в траншею противофильтрационного материала; уплотнение смеси глубинным вибратором; стоимость сапропеля; стоимость воды. Общая стоимость песчано-сапропелевой завесы составит 16 921,11 бел. руб.

Выводы. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что эффективность гашения напора на участке (4-6) несколько выше у железобетонной шпунтовой стенки по сравнению с противофильтрационной песчано-сапропелевой завесой. Однако это справедливо, если считать шпунт абсолютно непроницаемым (что на самом деле не так). Благодаря наличию небольших щелей между отдельными элементами шпунта шпунтовая стенка является водопроницаемой в большей или меньшей степени. Если водопроницаемостью шпунтовой стенки нельзя пренебречь, Р.Р. Чугаев предлагает для учета ее водопроницаемости шпунтовую стенку заменять вертикальным слоем грунта, с коэффициентом фильтрации, как у окружающего грунта.

При определении максимального выходного градиента по уровню дна нижнего бьефа мы наблюдаем незначительное его увеличение для случая с противофильтрационной завесой.

Удельный фильтрационный расход также несколько выше для варианта с противофильтрационной завесой (порядка 8 %), что в ряде случаев не критично.

Сопоставив стоимость железобетонной шпунтовой стенки с учетом погружения свай и стоимость песчано-сапропелевой завесы стоит отметить что экономический эффект от возведения песчано-сапропелевой противофильтрационной завесы на шлюзерегуляторе ШР5х2 вместо железобетонной шпунтовой стенки составит 49 460,95 бел. руб.

Библиографический список

1. Боровиков А. А. О необходимости мероприятий инженерной защиты водоподпорных и водопроводящих сооружений // Вестник мелиоративной науки. 2021. № 1. С. 4-8.
2. Гарбуз А. Ю. Натурные обследования и анализ технического состояния каналов гидромелиоративных систем // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2 (70). С. 68-73.
3. Косиченко Ю. М., Баев О. А. Многослойные конструкции противофильтрационных покрытий с бентонитовыми матами и оценка их сравнительной эффективности // Гидротехническое строительство. 2019. № 3. С. 37-43.
4. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Ищенко А. В. Технология укладки бентонитовых матов на канале в сложных условиях производства работ // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 3. С. 270-283.

5. Мещерякова Е. Г. Исследование поглочительных свойств природных мелиорантов на техногенно нарушенных землях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 239-248.

6. Овчинников А. С. Сравнительная экономическая оценка различных природных сорбентов для очистки сточных вод // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 65-72.

7. Рязанов В. С. К вопросу о совершенствовании технических решений подпорных стенок // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2017. № 3. С. 67-72.

8. Рязанов В. С. Об алгоритмизации и применении технических решений причальных и подпорных стенок // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2019. № 2. С. 55-61.

9. Analysis of force model and calculation method of chair-shaped sheet-pile structure constructed on steep slope / Y.-C. Yao [et al.] // Journal of Railway Engineering Society. 2016. V. 33 (8). P. 71-76.

10. Aparna, Samadhiya N. K. Experimental study on cantilever sheet pile wall // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. V. 84. P. 445-453.

11. 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.

12. Probabilistic analysis of the active earth pressure on earth retaining walls for c- ϕ soils according to the Mazindrani and Ganjali method / J. Osorio [et al.] // International Journal of Geo-Engineering. 2021. V. 12 (1). P. 19.

13. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13 (13). P. 4181-4184.

14. Water control for a rock-soil interface - Infrastructure at a contaminated site / A. Fransson [et al.] // 2021 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 833(1). 012191.

Conclusion. The analysis of the results obtained allows us to conclude that the efficiency of head damping in the section (4-6) is slightly higher for a reinforced concrete sheet pile wall in comparison with an impervious sand-sapropel curtain. However, this is true if the tongue is considered absolutely impenetrable (which is actually not the case). Due to the presence of small gaps between the individual sheet piling elements, the sheet pile wall is water-permeable to a greater or lesser extent. If the water permeability of the sheet pile wall cannot be neglected, R.R. Chugaev suggests replacing the sheet pile wall with a vertical layer of soil, with a filtration coefficient, as in the surrounding soil, to take into account its water permeability.

When determining the maximum output gradient based on the level of the tailwater bottom, we observe a slight increase in it for the case with an anti-filtration curtain.

The specific filtration flow rate is also slightly higher for the version with an anti-filtration curtain (about 8%), which is uncritical in some cases.

Comparing the cost of a reinforced concrete sheet pile wall, taking into account the immersion of piles and the cost of a sand-sapropel curtain, it is worth noting that the economic effect of erecting a sand-sapropel anti-seepage curtain on a gateway-regulator ИП5х2 instead of a reinforced concrete sheet pile wall composition-vit 49460.95 BYN. rub.

References

1. Borovikov A. A. On the necessity of measures for engineering protection of water-support and water-conducting structures // Bulletin of land reclamation science. 2021. No. 1. P. 4-8.

2. Garbuz A. Yu. Field surveys and analysis of the technical condition of irrigation and drainage systems canals // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2018. No. 2 (70). P. 68-73.

3. Kosichenko Yu. M., Baev O. A. Multilayer structures of anti-filtration coatings with bentonite mats and an assessment of their comparative efficiency // Hydrotechnical construction. 2019. No. 3. P. 37-43.
4. Kosichenko Yu. M., Baev O. A., Ishchenko A. V. Technology of laying bentonite mats on a canal in difficult conditions of work // Melioration and hydraulic engineering. 2021. Vol. 11. No. 3. P. 270-283.
5. Meshcheryakova E. G. Study of the absorptive properties of natural ameliorants on technogenically disturbed lands // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2020. No. 3 (59). P. 239-248.
6. Ovchinnikov A. S. Comparative economic assessment of various natural sorbents for wastewater treatment // Bulletin of the Nizhnevolzhsk agro-university complex: Science and higher professional education. 2020. No. 2 (58). P. 65-72.
7. Ryazanov V. S. On the issue of improving the technical solutions of the sub-porous walls // Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Materials. Constructions. Technologies. 2017. No. 3. P. 67-72.
8. Ryazanov V. S. On algorithmization and application of technical solutions of berth and retaining walls // Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Materials. Constructions. Technologies. 2019. No. 2. P. 55-61.
9. Analysis of force model and calculation method of chair-shaped sheet-pile structure constructed on steep slope / Y.-C. Yao [et al.] // Journal of Railway Engineering Society. 2016. V. 33 (8). P. 71-76.
10. Aparna, Samadhiya N. K. Experimental study on cantilever sheet pile wall // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. V. 84. P. 445-453.
11. 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.
12. Probabilistic analysis of the active earth pressure on earth retaining walls for c- ϕ soils according to the Mazindrani and Ganjali method / J. Osorio [et al.] // International Journal of Geo-Engineering. 2021. V. 12 (1). P. 19.
13. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V. 13 (13). P. 4181-4184.
14. Water control for a rock-soil interface - Infrastructure at a contaminated site / A. Fransson [et al.] // 2021 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 833(1). 012191.

Author's Information

Bocharnikov Viktor Sergeevich, Professor of the Department of Applied Geodesy, Natural Development and Water Use, Volgograd Agrarian University (40002, Russia, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26) Doctor of Technical Sciences, Professor, tel. 8 (8442)41-17-84, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Borovikov Aleksey Aleksandrovich, Senior Lecturer of the Department of Hydraulic Structures and Water Supply, Belarusian State Agricultural Academy (213407, Republic of Belarus, Gorki, Michurin street, 5), tel. (+375 44) 764-60-19, e-mail: boral73@mail.ru.

Информация об авторах

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Боровиков Алексей Александрович, старший преподаватель кафедры «Гидротехнические сооружения и водоснабжение» УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (213407, Республика Беларусь, г. Горки, улица Мичурина, 5), тел. (+375 44)764-60-19, e-mail: boral73@mail.ru.

INTENSIFICATION OF BIOLOGICAL METHODS FOR CLEANING LIVESTOCK RUNOFF WHEN USED IN RECLAMATION AGRICULTURE

M.P. Meshcheryakov¹, D.A. Bolotin², V.A. Vedeneeva³

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²All-Russian Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

³Federal Scientific Center for Agroecology, Melioration and protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd

Received 08.06.2021

Submitted 11.11.2021

Summary

At livestock enterprises, a large amount of clean water is consumed for production purposes, which after use contains a significant amount of pollutants, which makes it dangerous for secondary use. Such effluents undergo multi-stage treatment, which is not always able to reduce the level of pollutants to the maximum permissible values. One of the most effective methods of wastewater treatment is sorption with natural sorbents, which are the flakes of deposits in the Volgograd region. The article presents the results of research after the use of OPCS for cleaning pig runoff from ammonium ions.

Abstract

Introduction. The problem of cleaning livestock runoff for further use in agriculture for irrigation and fertilization of cultivated crops is very acute both in the Volgograd region and in the Russian Federation as a whole. There is a need for additional wastewater treatment after biological treatment. Research is constantly being conducted to determine effective methods of detoxification. Of particular interest is the work on the removal of substances belonging to a high hazard class from wastewater, in particular heavy metal ions, including ammonium. It is advisable to use natural sorbents for such purposes, in particular local ones - flasks. **Object.** Livestock drains of Cossack Holding Company - Joint-Stock Company «Krasnodonskoe», located in the Volgograd region, in the urban-type settlement of Ilovlya. **Materials and methods.** In the process of writing a scientific article, the authors used materials from publications describing the results of research carried out with the aim of purifying wastewater by the sorption method from ammonium ions. The experimental part was based on modern research methods. To select the brand of zeolite, the main physical parameters of the filter material were determined. To study the adsorption of ammonium ions under static conditions, we used model solutions with different concentrations. **Results and conclusions.** As a result of the studies carried out, the optimal parameters for the used natural sorbent were established, at which the maximum level of sorption of ammonium ions from livestock effluents is achieved. Thus, wastewater treatment under static conditions with a predominance of ammonium ions in significant concentrations of $\text{CNH}_4 =$ up to 100 mg/l is effectively carried out on natural sorbents of the M-4 brand with a fractional composition of the load from 2.5 mm or more. In this case, more than 50% of pollution is absorbed. The filtration coefficient was also calculated, statistical processing of the data obtained during the experiments was carried out and three-dimensional graphic models were built. The efficiency of the use of natural sorbents from the Volgograd region for the purification of livestock wastewater from ammonium ions has been substantiated.

Key words: animal waste, flask, sorption, filtration, fractional composition, ammonium ion, reclamation.

Citation: Meshcheryakov M.P., Bolotin D.A., Vedeneeva V.A. Intensification of biological methods for cleaning livestock runoff when used in reclamation agriculture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 4(64). 472-481 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-46.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the received data and wrote the paper.

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

УДК 631.6.02:636

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ
ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ ПРИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
В МЕЛИОРАТИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ****М. П. Мещеряков**¹, кандидат технических наук, доцент**Д. А. Болотин**², научный сотрудник**В. А. Веденеева**³, кандидат сельскохозяйственных наук¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград²Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград³Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 08.06.2021

Дата принятия к печати 11.11.2021

Актуальность. Проблема очистки животноводческих стоков с целью дальнейшего использования в сельском хозяйстве для орошения и удобрения возделываемых культур стоит очень остро как в Волгоградской области, так и в Российской Федерации в целом. Возникает необходимость доочистки стоков после биологической очистки. Постоянно ведутся исследования с целью определения эффективных методов их детоксикации. Особый интерес представляют работы по удалению из сточных вод веществ, относящихся к высокому классу опасности, в частности ионов тяжелых металлов, в т.ч. аммония. Целесообразно для таких целей использовать природные сорбенты, в частности цеолит местного происхождения. **Объект.** Животноводческие стоки КХК АО Краснодарское, расположенного в Волгоградской области, в поселке городского типа Иловля. **Материалы и методы.** В процессе написания научной статьи авторами использовались материалы публикаций, описывающие результаты исследований, проводимых с целью очистки сточных вод сорбционным методом от ионов аммония. Опытнo-экспериментальная часть основывалась на современных методиках проведения исследований. Для выбора марки цеолита определяли основные физические параметры фильтрующего материала. Для исследования процесса адсорбции ионов аммония в статических условиях использовались модельные растворы с различными концентрациями. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований были установлены оптимальные параметры для используемого природного сорбента, при которых достигается максимальный уровень сорбции ионов аммония из животноводческих стоков. Так, очистку сточных вод в статических условиях с преобладанием ионов аммония в значительных концентрациях $\text{CNH}_4 =$ до 100 мг/л эффективно проводить на природных сорбентах марки М-4 с фракционным составом загрузки от 2,5 мм и более. При этом поглощается свыше 50 % загрязнений. Также рассчитан коэффициент фильтрации, проведена статистическая обработка данных, полученных в ходе экспериментов, и построены трехмерные графические модели. Обоснована эффективность применения природных сорбентов месторождения Волгоградской области для очистки животноводческих стоков от ионов аммония.

Ключевые слова: животноводческие стоки, природные сорбенты, очистка животноводческих стоков, технологии очистки животноводческих стоков.

Цитирование: Мещеряков М. П., Болотин Д. А., Веденеева В. А. Интенсификация биологических методов очистки животноводческих стоков при их использовании в мелиоративном земледелии. *Известия НВ АУК*. 2021. 4(64). 472-481. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-04-46.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При очистке сточных вод животноводческих (свиноводческих) предприятий рекомендована их биологическая доочистка в биопрудах или на полях орошения. Для выполнения требуемых мероприятий необходимо ввести в систему очистки

стоков от крупных животноводческих комплексов искусственные сооружения – био-фильтры (аэрируемые или без аэрации). При этом способ будет зависеть от фильтрационной загрузки в биофильтре [10].

К сожалению, чистых цеолитов в природе очень мало, а основная масса месторождений имеет смешанные составы, в которых незначительно изменяется механический и химический состав породы. В связи с этим введено понятие «цеолитсодержащие породы».

Широкое распространение месторождений природных сорбентов в нашей стране и за рубежом прежде всего характеризуется значительной мощностью пластов, стабильностью состава и высокой рентабельностью разработки. Незначительная стоимость материала способствует их использованию в различных сферах деятельности человека, от производства жидкого стекла до изготовления кормовых добавок (рисунок 1).



Рисунок 1 – Применение природных сорбентов в промышленности

Figure 1 – Application of natural sorbents in industry

В сельском хозяйстве природные сорбенты могут использоваться для мелиорации почв как источник минеральных веществ в качестве органического удобрения пролонгированного действия, в качестве кормовой добавки в рацион скота и птицы. При этом природные сорбенты способны поглощать как отдельные элементы, так и комплекс соединений [8, 16].

Идея применения природных сорбентов для очистки свиноводческих сточных вод не новая, но довольно перспективная. При промышленном производстве свинины применяется бесподстильное содержание свиней и гидросмыв отходов, что приводит к большим объемам стоков.

Проблема очистки сточных вод, особенно в сельском хозяйстве, на которое приходится существенная доля загрязнений, очень остро стоит как в Волгоградской области, так и в Российской Федерации. Актуальна проблема доочистки стоков после биологической очистки. И наиболее целесообразно для таких целей использовать сорбенты, в частности местные [12, 15].

В настоящее время в области очистки и утилизации сточных вод и их осадков с использованием природных сорбентов выполнен большой объем лабораторно-технологических и опытно-промышленных испытаний, которые позволяют не только судить о приоритетном направлении исследований, но и определять методику их проведения [1, 4].

После аэробной очистки в стоках содержатся компоненты с показателями, превышающими предельно допустимые концентрации (ПДК). Для доведения их до требуемых параметров необходимо устройство биопрудов, которые занимают большие площади сельскохозяйственных угодий, что влечет за собой дополнительные затраты по их содержанию, при этом рентабельность применения биопрудов низкая. Уменьшение производственных площадей и улучшение качества обработки таких стоков считается наиболее злободневным, при этом применение отработанных природных сорбентов в качестве органических удобрений, содержащих необходимые компоненты для растений, позволит повысить урожайность без дополнительного внесения каких-либо органоминеральных удобрений. Данные факторы открывают широкие перспективы для использования цеолитсодержащих пород в качестве биологических фильтров, при доочистке свиноводческих стоков [9, 11].

Цель наших исследований – изучение статических и динамических характеристик сорбционных процессов на цеолитах Волгоградской области при очистке свиноводческих сточных вод для их дальнейшего применения в системах полива технических культур.

Для достижения цели авторами проводились лабораторно-экспериментальные исследования по выбору марки ЦСП (минеральных адсорбентов) и были изучены их основные параметры. Была разработана методика лабораторных исследований и установлены основные параметры адсорбента (цеолита). Были определены следующие показатели: химические характеристики, статическая влагоемкость, объемная емкость, плотность, насыпная масса (насыпная плотность с уплотнением), виброизнос, истираемость, измельчаемость. Все вышеперечисленные показатели необходимы для оценки качества фильтрующего материала природного сорбента – цеолита – в процессе доочистки животноводческих стоков, разбавленных до установленной концентрации [5, 6, 7].

Материалы и методы. Эксперименты по выбору вида природных сорбентов были начаты с определения основных физических параметров фильтрующего материала. В первую очередь, необходимо было рассчитать коэффициент фильтрации K_f для местных месторождений. В процессе проведения опытов по определению

данного коэффициента (по ГОСТ 25584-90) было установлено, что наиболее приемлемы для дальнейших исследований цеолита марки М-4 (М-4, М-3 – маркировка цеолитов Волгоградской области, по данным А. И. Букова) [2].

После определения марки цеолита и их основных параметров были проведены статические опыты по сорбции [3]. Для исследования процесса адсорбции ионов аммония в статических условиях использовались модельные растворы с различными концентрациями. Опыты проводились при температурах от 10 до 20 °С [13]. В конические колбы на 500 мл помещали различные навески образца адсорбента и одинаковый объем исследуемого раствора, содержащего ионы аммония. После достижения адсорбционного равновесия из раствора, через определенное время, отбираются пробы для определения количества адсорбированных ионов, рН и температуру [14]. Начальную и равновесную концентрацию ионов определяли методом колориметрии на КФК-2. Количество адсорбированных ионов вычисляли по разности исходной и равновесной концентраций.

Результаты и обсуждение. Из данных опытов видно, что наилучшие параметры уменьшения содержания аммония (рисунок 2) показывают в статических условиях фракционный состав природного сорбента от 2,5 мм и выше.

При проведении экспериментов определялись показания рН среды в данных растворах, при этом были получены результаты, отраженные на рисунке 3, что также подтвердило предположение о применимости именно природного сорбента в качестве загрузки для биофильтров.

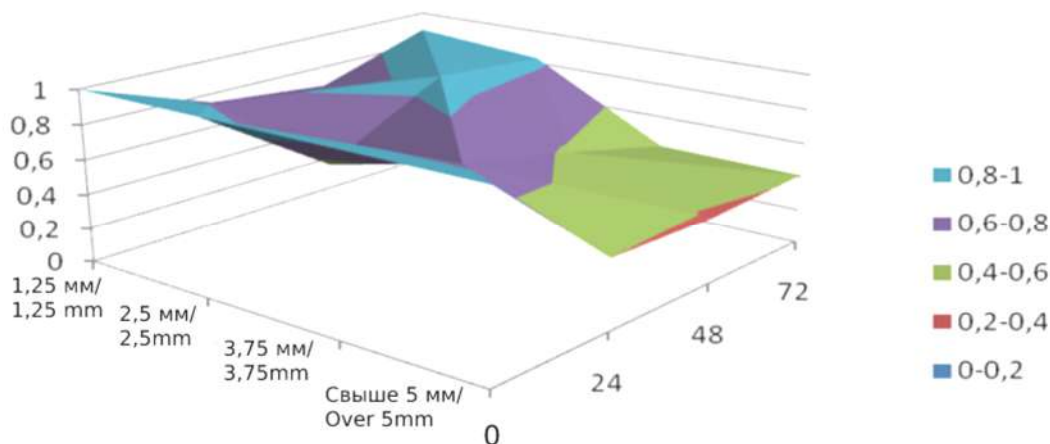


Рисунок 2 – Изменение содержания аммония в модельных растворах во время проведения опыта с разным фракционным составом природного сорбента:

1 – контроль, 2 – фракция 2,5 мм, 3 – фракция 1,25, 4 – фракция от 2,5 до 5 мм, 5 – фракция свыше 5 мм

Figure 2 – Changes in the ammonium content in model solutions during the experiment with different fractional composition of the natural sorbent:

1 – control, 2 – fraction 2,5 mm, 3 – fraction 1,25, 4 – fraction from 2,5 to 5 mm, 5 – fraction over 5 mm.

Основным требованием при очистке сточных вод на животноводческих комплексах является доведение стоков до требуемых значений. Нами проделаны экспериментальные исследования по очистке жидкой фракции после прохождения биологической очистки и отстаивания. Полученные данные очищенных животноводческих сточных вод приведены в таблице 1.

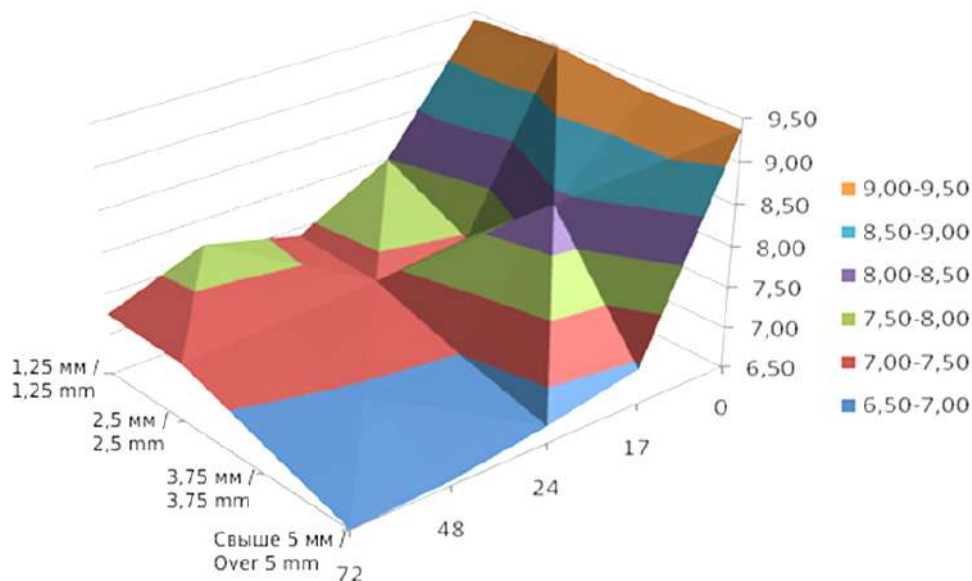


Рисунок 3 – Изменение pH раствора во время проведения опыта с разным фракционным составом природного сорбента М-4:

1 – контроль, 2 – фракция от 2,5 до 5 мм, 3 – фракция 1,25, 4 – фракция 2,5 мм, 5 – фракция свыше 5 мм

Figure 3 – Change in the pH of the solution during the experiment with different fractional composition of the natural sorbent M-4:

1 – control, 2 – fraction from 2,5 to 5 mm, 3 – fraction 1,25 mm, 4 – fraction 2,5 mm, 5 – fraction over 5 mm

Таблица 1 – Физико-химические показатели состава очищенных животноводческих сточных вод

Table 1 – Physico-chemical parameters of the composition of purified livestock wastewater

Показатель / Indicator	После биологической очистки, мг/дм ³ / After biological purification, mg/dm ³	Допустимые концентрации загрязняющих веществ, мг/дм ³ / Permissible concentrations of pollutants, mg/dm ³
Минерализация воды / Water mineralization	1717	440,02
Сульфаты / Sulfates	1113	100
Хлориды / Chlorides	308	300
Взвешенные вещества / Suspended substances	132	215
Соли аммония / Ammonium salts	24,3	19
Железо общее / Common iron	2	0,25
БПК-5 / BOC-5	68	236
Нитриты / Nitrites	34,5	1
Нитраты / Nitrates	47	9,1
Фосфаты / Phosphates	3,9	6,8
Марганец / Manganese	Менее 0,005 / less than 0,005	0,02

Для полной оценки и решения поставленных задач нами в лабораторных условиях проводились опыты по определению статической объемной емкости (COE) природного цеолита при соотношении 1 : 50 и 1 : 100 твердой и жидкой фракции. На рисунке 4 приведены результаты, но основным условием являлось достижение ионообменного равновесия аммония между сорбентом и представленным раствором.

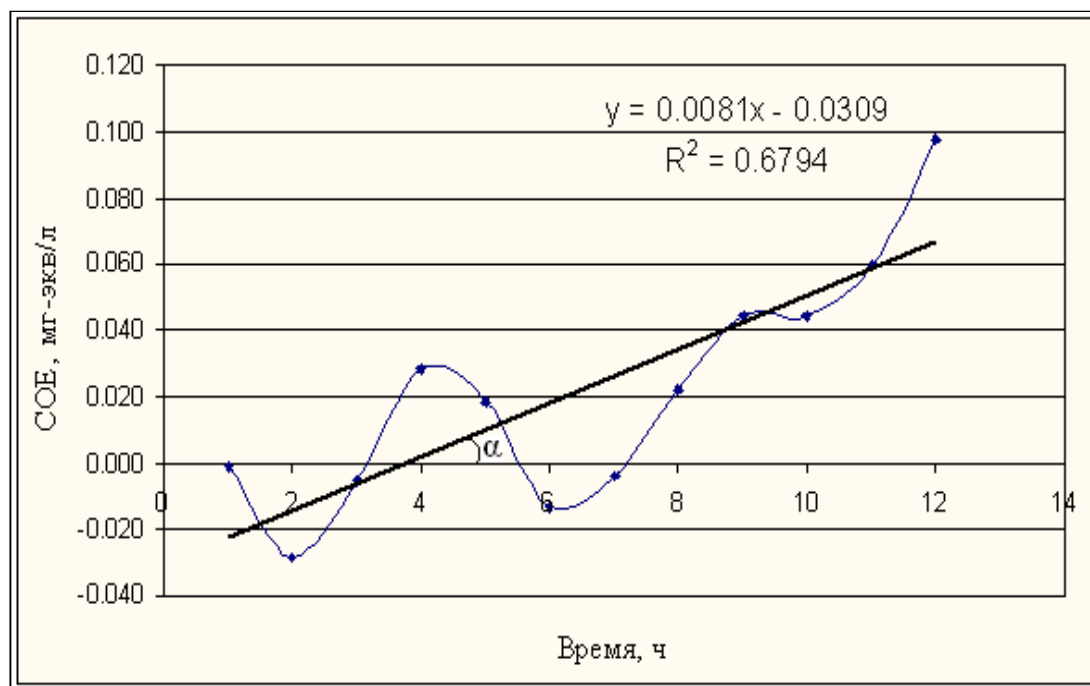


Рисунок 4 – Определение COE природного цеолита и ионов аммония

Figure 4 – Determination of SVC of natural zeolite and ammonium ions

В результате проведения опытов не удалось добиться стабилизации необходимой концентрации. Поэтому для того чтобы в исследуемых растворах начались происходить аэробные процессы, при которых происходит доведение БПК и ХПК до требуемых показателей, требовалось осуществить подачу воздуха с постоянным, нагнетающим потоком 5-7 л/мин.

Выводы:

1. Получены значения коэффициентов фильтрации для разных природных сорбентов Волгоградской области, и они составляют для М-4 – 44,6 м/сут, а для М-3 – менее 0,001 м/сут. Рекомендуется для проведения лабораторных исследований применять природные сорбенты марки М-4.

2. Очистку сточных вод в статических условиях с преобладанием ионов аммония в значительных концентрациях C_{NH_4} = до 100 мг/л эффективно проводить на природных сорбентах марки М-4 с фракционным составом загрузки от 2,5 мм и более. При этом поглощается свыше 50 % загрязнений.

3. Сорбция загрязнений с применением природных сорбентов М-4 является эффективным методом очистки сточных вод от химических загрязнений и позволяет достичь наилучших результатов.

4. Для достижения наилучших результатов по стабилизации БПК и ХПК в животноводческих сточных водах требуется принудительная подача воздуха.

5. После проведения вышеперечисленных требований по очистке животноводческих сточных вод полученная вода может быть использована на полях орошения.

Библиографический список

1. Бабинцева Т. В., Максимова Е. В., Мосин Н. Ю. Способы обеззараживания навоза // Технологические тренды устойчивого функционирования и развития АПК: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной году науки и технологии в России. Ижевск, 2021. С. 84-86.
2. Бочарников В. С., Мещеряков М. П., Денисова М. А. Исследование сорбционных свойств сорбентов с использованием ферритовых реагентов при очистке сточных вод // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 242-249.
3. Глубоков Ю. М., Головачева В. А., Ефимова Ю. А. Аналитическая химия. 12-е изд. М., 2017. 464 с.
4. Заболотских В. В., Танких С. Н., Васильев А. В. Технологические подходы к детоксикации и биовосстановлению нефтезагрязнённых земель // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 5-3 (85). С. 341-351.
5. Москалев Е. В., Кудряшов А. Ф., Рабин А. В. Применение графенового сорбента в фильтрах для очистки поверхностных вод и горячей воды // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. № 12. С. 18-23.
6. Попов К. Л. Природный цеолит «Цеомикс» (Сокирнит) катионообменная загрузка для очистки от аммонийного азота // Научно-практический журнал «Экология производства». 2017. № 9. 92 с.
7. Родионова Л. И. Цеолиты и мезопористые материалы: достижения и перспективы: тезисы докладов VIII Всероссийской цеолитной конференции. М.: Некоммерческое партнерство «Национальное цеолитное объединение», 2018. 219 с.
8. Степанов С. В. Очистка вод от ионов меди сточными водами производства целлюлозы из отходов злаковых культур // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 19. С. 142-145.
9. Цомбуева Б. В., Горяшкиева З. В., Щербакова Л. Ф. Метод очистки почвы от нефтяного загрязнения с помощью природных сорбентов // Вестник ВолГУ. Сер. 9. Естественные науки. 2017. Т. 7. № 2. С. 19-25.
10. Чертков М. П. Применение биологических методов очистки воды при водоподготовке и очистке сточных вод // Российский инженер. 2017. № 1. С. 44-49.
11. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil / T. P. Alekseeva [et al.] // Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, Branch of the Siberian Federal Agri-Science Centre, Russian Academy of Sciences, 2017. V. 33. I. 4. P. 85-91.
12. Changes in the physical and chemical properties of soil under the influence of manure, green manure and the stover biodestructor / A. V. Safonov [et al.] // Volga Region Farmland. 2020. № 2 (6). P. 8-12.
13. Nitrogen removal from iron oxide red wastewater via partial nitrification-Anammox based on two-stage zeolite biological aerated filter / X. Feng [et al.] // Bioresource Technology, 2019. P. 17-24.
14. Research of the treatment of depleted nickel-plating electrolytes by the ferritization method / G. Kochetov [et al.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V. 3 (6-93). P. 52-60.
15. Szogi A. A., Vanotti M. B., Kyoung S. Ro. Methods for treatment of animal manures to reduce nutrient pollution prior to soil application // Springer International Publishing AG (outside the USA) 26 March 2015.
16. Vasilyev S., Domashenko Y. Agroecological substantiation for the use of treated wastewater for irrigation of agricultural land // Journal of Ecological Engineering. 2018. Vol. 19. I. 1. P. 48-54.

Conclusions. The results of the research confirm the effectiveness of using the Volgograd region flasks for cleaning the effluents of pig farms from ammonium ions, while the best indicators for filtration speed and the degree of contamination absorption were shown by

flasks of the M-4 brand with a fractional loading composition of 2.5 mm or more. Pollution sorption using a sorbent (flask M-4) is an effective method of wastewater treatment from chemical contamination and allows you to achieve the best results.

References

1. Babinceva T. V., Maksimova E. V., Mosin N. Y. Methods of manure disinfection // Technological trends of sustainable functioning and development of the agro-industrial complex: materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Science and Technology in Russia. Izhevsk, 2021. P. 84–86.
2. Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P., Denisova M. A. Investigation of sorption properties of sorbents using ferrite reagents in wastewater treatment // Izvestiya nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education. 2019. № 1 (53). Pp. 242-249.
3. Glubokov Y. M., Golovacheva V. A., Efimova Y. A. Analytical Chemistry. 12th ed. Moscow, 2017. 464 p.
4. Zabolotskikh V. V., Tankikh S. N., Vasiliev A. V. Technological approaches to detoxification and bioremediation of oil-contaminated soil // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 20. No. 5-3 (85). P. 341-351.
5. Moskalev E. V., Kudryashov A. F., Rabin A. V. Application of graphene sorbent in filters for surface water and hot water purification // Ecology and industry of Russia. 2017. V. 21. № 12. P. 18-23.
6. Popov K. L. Natural zeolite "Zeomix" (Sokirnite) cation exchange loading for purification from ammonium nitrogen // Scientific and practical journal "Ecology of production". 2017. No. 9. 92 p.
7. Rodionova L. I. Zeolites and mesoporous materials: achievements and prospects: abstracts of the VIII all Russian zeolite conference. M.: non-profit partnership "National zeolite Association", 2018. 219 p.
8. Stepanov S. V. Purification of water from copper ions by waste water of cellulose production from waste of cereal crops // Bulletin of the Technological University. 2017. Vol. 20. No. 19. P. 142-145.
9. Tsombueva B. V., Goryashkiewa Z. V., Shcherbakova L. F. Method of cleaning the soil from oil pollution using natural sorbents // Vestnik Volgu. Ser. 9. Natural Sciences. 2017. Vol. 7. No. 2. P. 19-25.
10. Chertkov M. P. Application of biological methods of water treatment in water treatment and wastewater treatment // Russian engineer. 2017. № 1. Pp. 44-49.
11. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil / T. P. Alekseeva [et al.] // Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, Branch of the Siberian Federal Agri-Science Centre, Russian Academy of Sciences, 2017. V. 33. I. 4. P. 85-91.
12. Changes in the physical and chemical properties of soil under the influence of manure, green manure and the stover biodestructor / A. V. Safonov [et al.] // Volga Region Farmland. 2020. № 2 (6). P. 8-12.
13. Nitrogen removal from iron oxide red wastewater via partial nitrification-Anammox based on two-stage zeolite biological aerated filter / X. Feng [et al.] // Bioresource Technology, 2019. P. 17-24.
14. Research of the treatment of depleted nickel-plating electrolytes by the ferritization method / G. Kochetov [et al.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V. 3 (6-93). P. 52-60.
15. Szogi A. A., Vanotti M. B., Kyoung S. Ro. Methods for treatment of animal manures to reduce nutrient pollution prior to soil application // Springer International Publishing AG (outside the USA) 26 March 2015.
16. Vasilyev S., Domashenko Y. Agroecological substantiation for the use of treated wastewater for irrigation of agricultural land // Journal of Ecological Engineering. 2018. Vol. 19. I. 1. P. 48-54.

Author's Information

Meshcheryakov Maxim Pavlovich, Associate Professor of the Department «Applied Geodesy, Nature Management and Water Use» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University» (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave, 26), Candidate of Technical Sciences, E-mail: maks-sln@yandex.ru.

Bolotin Dmitry Aleksandrovich, Research Assistant of the All-Russian Institute of Irrigated Agriculture (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), E-mail: da.bolotin@yandex.ru.

Meshcheryakova Elena Gennadyevna, Assistant of the Department «Applied Geodesy, Nature Management and Water Use» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University» (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave, 26), E-mail: ale-sn@yandex.ru.

Vedeneeva Varvara Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Research Assistant of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, (Russia, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave, 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6623-6062>, e-mail: vedeneeva-v@vfanc.ru.

Информация об авторах

Мещеряков Максим Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры "Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование" Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: maks-sln@yandex.ru.

Болотин Дмитрий Александрович, научный сотрудник отдела оросительных мелиораций ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, Россия, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), E-mail: da.bolotin@yandex.ru.

Веденева Варвара Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории прогнозирования биопродуктивности агролесоландшафтов Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН (400062, Россия, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6623-6062>, E-mail: vedeneeva-v@vfanc.ru.

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY

Барабанов А. Т.

Научное обоснование методики прогнозирования поверхностного стока талых вод в бассейнах Волги и Дона

Barabanov A. T.

Scientific substantiation of the methodology for forecasting the surface runoff of melt water in the Volga and Don basins 14

Калмыкова Е. В., Калмыкова О. В.

Воздействие агротехнических приемов возделывания на повышение продуктивности перца сладкого и на изменение качественных показателей плодов в процессе хранения

Kalmykova E.V., Kalmykova O.V.

Effect of agrotechnical cultivation methods on increasing the productivity of sweet pepper and on the change of qualitative indicators of fruits in the storage process 25

Петров Н. Ю., Аксенов М. П., Родионова С. А.

Влияние предпосевной обработки Гумавитом на урожайность сельскохозяйственных культур в условиях Волгоградской области

Petrov N. Yu., Aksenov M. P., Rodionova S. A.

The influence of pre-sowing treatment with Gumavit on crop yields in the conditions of the Volgograd region 37

Тютюма Н. В., Климов С. В.

Зеленое черенкование как эффективный метод размножения клоновых подвоев косточковых культур

Tyutyuma N.V., Klimov S.V.

Green cuttings as an effective method of propagation of clonal rootstocks of stone fruit crops ... 44

Фомин С. Д., Кудряшов А. В.

Совершенствование элементов технологии возделывания многолетних травосмесей в условиях севера Астраханской области.

Fomin S.D., Kudryashov A.V.

Improvement of elements of technology for cultivation of permanent herbs in the conditions of the north Astrakhan region 50

Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А., Целуйко О. А.

Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и особенности водопотребления нового сорта гороха «Сотник» в богарных условиях

Voshedsky N. N., Kulygin V. A., Tseluyko O. A.

The influence of elements of cultivation technology on the yield and features of water consumption of a new variety of peas Sotnik in rain-fed conditions 58

Кулик А. К., Власенко М. В., Балкушкин Р. Н.

Факторы, определяющие лесорастительные условия етеревского песчаного массива

Kulik A.K., Vlasenko M.V., Bulkushkin R. N.

Factors that determine the forest conditions of «Eterevisky sandy massif» 68

Лобур А. Ю., Тодоров Н. Г., Кузнецов К. А.

Новый метод синтеза (5r)-5-(2,2-диметоксиэтил)-6-метилгепта-6-ен-2-она – ключевого соединения при получении феромонов красной померанцевой и тутовой щитовок

Lobur A.Yu., Todorov N.G., Kuznetsov K.A.

New method for synthesis of (5r)-5-(2,2-dimethoxyethyl)-6-methylhept-6-en-2-one – key compound in production of pheromones of *Aonidiella aurantii* (red scale) and *Pseudalacaspis pentagona* (mulberry scale) 77

Митрофанов Д. В., Ткачёва Т. А.

Воздействие агрометеорологических условий, минеральных удобрений, предшественников и влажности почвы на урожайность зерна ярового ячменя в степной зоне Южного Урала

Mitrofanov D.V., Tkacheva T.A.

The impact of agrometeorological conditions, mineral fertilizers, predecessors and soil moisture on the yield of spring barley grain in the steppe zone of the Southern Urals 84

Родин К. А., Невежина А. Б., Воронцова Е. С.

Влияние ростовых препаратов на нормы реакции риса при дождевании

Rodin K.A., Nevezhina A.B., Vorontsova E.S.

The effect of growth preparations on the norms of rice reaction during sprinkling 97

Скороходов В.Ю.

Эффективность возделывания озимых ржи и пшеницы при длительном использовании минеральных удобрений в условиях неустойчивого увлажнения степной зоны Южного Урала

Skorokhodov V.Yu.

The effectiveness of the cultivation of winter rye and wheat with the long-term use of mineral fertilizers in conditions of unstable moistening of the steppe zone of the Southern Urals 105

Сурхаев Г. А., Сурхаев И. Г., Сурхаева, Г. М.

Итоги интродукции и перспективы культуры хурмы виргинской в Восточном Предкавказье

Surkhaev G. A., Surkhaev I. G., Surkhaeva G. M.

The results of the introduction and prospects of the persimmon culture «Diospyros virginiana» in the Eastern Caucasus 118

Родин К. А., Воронцова Е. С.

Регулирование урожаяобразующих факторов риса сорта Волгоградский при периодическом орошении в условиях Нижнего Поволжья

Rodin K.A., Vorontsova E.S.

Regulation of crop-forming factors of Volgograd rice with periodic irrigation in the conditions of the Lower Volga region 126

Фещенко Е. М., Аминова Е. В., Воронцова Е. С.

Оценка последствий стимуляторов роста на морфометрические показатели черенков *Thuja occidentalis* и *Thuja occidentalis* «Smaragd»

Feshchenko E.M., Aminova E.V., Vorontsova E.S.

Assessment of the growth stimulants aftereffect on the morphometric parameters of *Thuja occidentalis* and *Thuja occidentalis* «Smaragd» 132

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ / AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS

Просеков А. Ю.

Оценка результатов использования термографических и фотографических методов учета животных

Prosekov A. Yu.

Evaluation of the results of the use of thermographic and photographic animal accounting methods 142

Варакин А. Т., Епифанов В. Г., Симонов Г. А., Зотеев В. С., Санин А. А.

Органический селен и дрожжевой пробиотик в рационах лактирующих свиноматок

Varakin A. T., Epifanov V. G., Simonov G. A., Zoteev V. S., Sanin A. A.

Organic selenium and yeast probiotic in the diets of lactating sows 152

Скорых Л. Н., Сафонова Н. С., Ковалев Д. А., Ефимова Н.И. Миссенс-мутации в кодирующей области генов GH и LEP, ассоциированные с признаками роста у овец породы советский меринос Skorykh L. N., Safonova N. S., Kovalev D. A., Efimova N. I. Missense mutations in the coding region of the GH and LEP genes associated with signs of growth in soviet merino sheep	161
Будтуев О. В., Будтуева О. Д. Гематологические показатели и резистентность организма подсвинков при добавлении в их рацион аминокислот и ферментов Budtuev, O. V. Budtueva O.D. Hematological parameters and resistance of the organism of piggies when adding amino acids and enzymes to their diet	170
Гринь В. А., Семененко М. П., Кузьминова Е. В. Оценка параметров гомеостаза крови телят как одного из критериев фармакодинамических эффектов селенолина Grin V. A., Semenenko M. P., Kuzminova E. V. Evaluation of homeostasis parameters of calves as one of the criteria of the pharmacodynamic effects of selenoline	178
Зверева Г. Н., Гребнева Д. А. Органическое кролиководство как перспективный вид деятельности на рынке аграрной продукции Zvereva G.N., Grebneva D.A. Organic rabbit husbandry as a perspective activity in the agricultural products market	188
Сиянова И. В., Залюбовская Е. Ю., Мансурова М. С. Гистологическая характеристика почек 15-недельного молодняка яичных кур при белом и монохроматическом освещении Siyanova I. V., Zalyubovskaya E. Y., Mansurova M. S. Histological characteristics of the kidneys of 15-week-old young egg chickens under white and monochromatic illumination	200
Чекрышева В. В., Андрос Н. О. Анализ породной и возрастной предрасположенности собак к эндометриту в городе Новочеркасск Chekrysheva V.V., Andros N.O. Analysis of breed and age predisposition of dogs to endo-metritis in the city of Novocherkassk	209
Чехранова С.В., Карапетян А.К., Ионов В.В., Куприянов С.Н. Использование силоса, заготовленного с консервантом «Best-Sil», в рационах крупного рогатого скота Cekhronova S.V., Karapetyan A.K., Ionov V.V., Kupriyanov S.N. The use of silage harvested with the conservant «Best-Sil» in the diets of cattle	215
Чучунов В. А., Плотников В. П., Радзиевский Е. Б., Горбунов А. В. Линейная принадлежность коров симментальской породы и их продуктивные качества в условиях ПЗК «Путь Ленина» Волгоградской области Chuchunov V. A., Plotnikov V. P., Radzievsky E. B., Gorbunov A.V. Linear affiliation of Simmental cows and their productive qualities in the conditions of the Breeding farm «Collective farm - Put' Lenina» of the Volgograd region	223
Сазонова Е. А., Солдатенко Н. А. Устойчивость к лекарственным препаратам выделенных патогенов Sazonova E. A., Soldatenko N. A. Drug resistance of released pathogens	238

Даниленко И. Ю., Николаев С. И., Корнилова Е. В., Шаповалов С. О., Имангалиев А. Д. Переваримость питательных веществ комбикорма у кур-несушек при использовании антистрессовой добавки Danilenko I.Y., Nikolaev S.I., Kornilova E.V., Shapovalov S.O., Imangaliev A.D. The di-gestibility of nutrients substances of compound feed in laying hens when using the anti-stress additive	246
Мартынов А.А., Шкаленко В.В., Водяников В. И., Николаев С.И., Корнилова Е.В. Эффективность использования нута волгоградской селекции в кормлении свиней Martynov A.A., Shkalenko V.V., Vodyannikov V.I., Nikolaev S.I., Kornilova E.V. Efficiency of using chickpea of the Volgograd selection in feeding pigs	253
Сошкин Ю. В., Карапетян А. К., Чехранова С. В., Даниленко И. Ю., Арстанов К. С. Влияние белкового концентрата «Агро-Матик» на переваримость и использование питательных веществ молодняком овец Soshkin Y.V., Karapetyan A.K., Chekhranova S.V., Danilenko I.Y., Arstanov K.S. The effect of the protein concentrate «Agro-Matik» on the digestibility and use of nutrients by young sheep	266
Японцев А.Э., Чехранова С.В., Батракова Ю.М., Самофалова О.В., Ставцев А.Э. Оптимизация питательной ценности экструдированных кормов для форели с использованием кристаллических аминокислот Yapontsev A.E., Chekhranova S.V., Batrakova Y.M., Samofalova O.V., Stavtsev A.E. Optimization of nutritional value of extruded feed for trout using crystalline amino acids	275
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ/ TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING	
Шевченко В. А., Лытов М. Н. Стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота мелиорированных земель Shevchenko V.A., Lytov M.N. Strategies for restoring reclaimed lands previously removed from circulation	283
Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Теоретическое обоснование равномерности нанесения рабочего раствора на объект воздействия при обработке пропашных культур способом полосового опрыскивания Borisenko, I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. Theoretical justification of the uniform application of a working solution on the impacted object during the treat-ment of around crops by the method of strip spraying	296
Бородычев В. В., Лытов М. Н. Варианты реализации конструктивных решений гидромелиоративной системы для регулирования гидротермического режима и комплексной протекции посевов от климатических рисков Borodychev V.V., Lytov M.N. Options of implementation of constructive solutions of the hydromeliorative system for regulation of the hydrothermal re-gime and integrated protection of crops from climatic risks ...	306
Бочарников В. С., Боровиков А. А. К вопросу о сапропелях и их влиянии на водно-физические свойства в смесях с песком при строительстве и эксплуатации инженерно-мелиоративных систем Bocharnikov V.S., Borovikov A.A. To the question about sapropels and their influence on wa-ter physical properties in mixtures with sand during con-struction and operation of engineering and reclamation systems	324

Васильев С. А., Лопоткин А. М., Васильев А. А. Разработка математической модели технологического процесса обработки склоновых земель противозерозионным орудием Vasiliev S. A., Lopatkin A.M., Vasiliev A. A. Development of a mathematical model of the technological processing of slope land treatment with anti-erosion weapon	334
Добрачев Ю. П., Федотова Е. В. Перспективы совершенствования сортовой агротехники выращивания риса на основе регулирования гидротермического режима вегетации Dobrachev Yu. P., Fedotova E.V. Prospects of improvement of variety agro-technics of cultivation of rice on the basis of regulation of the hydrothermal vegetation mode	344
Несмиянов И. А., Николаев М. Е. Планирование траекторий захвата погрузочного манипулятора по критериям энергоэффективности и оценка затрат работы приводов Nesmiyanov I. A., Nikolaev M. E. Planning of loading manipulator capture trajectories according to energy efficiency criteria and estimation of drive operation costs	356
Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В. Компьютерное моделирование и параметризация в среде MathCAD контуров увлажнения при капельном орошении Rogachev A.F., Melikhova E.V. Computer modeling and parameterization in Mathcad environment of humidification contours during drip irrigation.....	367
Семененко С. Я., Марченко С. С., Арьков Д. П. Конструирование канальных плит с применением композитной арматуры Semenenko S. Ya., Marchenko S. S., Arkov D. P. Construction of channel plates using composite reinforcement	378
Васильева Е. В., Федоров В. М. Повышение надежности бетонных элементов мелиоративных систем Vasilyeva E.V., Fedorov V. M. Improving the reliability of concrete elements of reclamation systems	390
Ефимова Н. Б., Уланова И. А. Оценка качества рекультивации нарушенных земель на основе применения системы эко-контроллинга Efimova N. B., Ulanova I. A. Assessment of the quality of reclamation of disturbed lands based on the application of the eco-controlling system	400
Мещеряков М. П., Болотин Д. А., Мещерякова Е. Г., Веденеева В. А. Влияние технологического процесса передовых способов полива на продуктивность овощных культур в Нижнем Поволжье Meshcheryakov M.P., Bolotin D.A., Meshcheryakova E.G., Vedeneeva V.A. Influence of the technological process of advanced irrigation methods on the productivity of vegetable crops in the Lower Volga Region	411
Токарев К. Е., Руденко А. Ю., Кузьмин В. А., Чернявский А. Н. Теория и цифровые технологии интеллектуальной поддержки принятия решений для увеличения биопродуктивности агроэкосистем на основе нейросетевых моделей Tokarev K.E., Rudenko A.Yu., Kuzmin V.A., Chernyavsky A.N. Theory and digital technologies of intellectual support for decision-making to increase the bio-productivity of agroecosystems based on neural network models	421

Десятниченко Д. А., Даус Ю. В., Юдаев И. В. Анализ методов определения нагрузки на производственном сельскохозяйственном объекте Desyatnichenko D.A., Daus Yu.V., Yudaev I.V. Analysis of load determination methods at agriculture production enterprise	440
Иванов А. Г., Воробьева Н. С. Кинематика движения манипуляционного механизма роботизированного пропольщика при выполнении технологического процесса прополки Ivanov A. G., Vorob'yeva N. S. Kinematics of motion of the manipulating mechanism of a robotic proproller during the technological process of weeding	452
Бочарников В. С., Боровиков А. А. Эффективность противofiltrационной песчано-сапропелевой завесы на примере шлюза-регулятора мелиоративных систем Bocharnikov V.S., Borovikov A.A. Efficiency of anti-filtration sand sapropel curtain on the example of the gateway-regulator of reclamation systems	463
Мещеряков М. П., Болотин Д. А., Веденева В. А. Интенсификация биологических методов очистки животноводческих стоков при их использовании в мелиоративном земледелии Meshcheryakov M.P., Bolotin D.A., Vedeneva V.A. Intensification of biological methods for cleaning livestock runoff when used in reclamation agriculture	472
Содержание	482

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**

№ 4 (64), 2021

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 4 (64), 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 27.12.2021.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 496.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе Волгоградского ГАУ «Нива»
400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Цена свободная

* * *

Proceedings

**of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education № 4 (64), 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 27.12.2021.

Edition 1000 (first factory 100). Order 496.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price