

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 4 (60), 2020

Отрасли науки:

- сельскохозяйственные науки

- технические науки

Группы специальностей:

06.01.00 Агрономия

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2020

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 4 (60), 2020

Branches of science:

- agricultural sciences

- technical sciences

Groups of specialties:

06.01.00 Agronomy

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

Volgograd
Volgograd state agrarian university
2020

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

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

№ 4 (60), 2020

Отрасли науки:

- сельскохозяйственные науки
- технические науки

Группы специальностей:

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

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

THE MAGAZINE FOUNDER
Volgograd state
agrarian university

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

№ 4 (60), 2020

Branches of science:

- agricultural sciences
- technical sciences

Groups of specialties:

06.01.00 Agronomy
06.02.00 Veterinary and Zootechnics
05.20.00 Processes and machines of
agroengineering systems

ИЗВЕСТИЯ

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

№ 4 (60), 2020

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

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

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

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

Заместители главного редактора:

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

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

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

№ 4 (60), 2020

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

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

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

Deputy chief editor:

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

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

Международный редакционный совет научного журнала

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

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

Заместитель главного редактора –

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

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

Заместитель главного редактора –

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

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

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

<http://mek.unideb.hu/hu/node/71>

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

<http://www.timacad.ru/catalog/pps/detail.php?ID=1636>

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

<http://pniiaz.ru/rukovodstvo>

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

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

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

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

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

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

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

International Editorial Board of the Scientific Journal

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

<http://agriculture.uz/ru.php?/scientists/detail/28>

Ференц Саваи, профессор, доктор, ректор Капошварского Университета (Венгрия)

<http://english.ke.hu/university/managing-board>

Шаговнович Драган А., директор Института экономики, Белград (Сербия)

<http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/dragan-sagovnovic-eng.pdf>

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

<http://www.ecinst.org.rs/sites/default/files/page-files/miladin-sevarlic-eng.pf>

Шилерова Эдита, Ph.D., член Академического сената Чешского земледельческого университета в Праге (Чехия)

<http://wp.czu.cz/cs/index.php/?r=1071&mp=person.info&idClovek=39>

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

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

<http://www.vsavm.by/2012/09/04/yatusevich->

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Редакционная коллегия научного журнала

Editorial Board of the Scientific Journal

06.01.00 Агрономия

06.01.00 Agronomy

06.01.01 Общее земледелие, растениеводство

06.01.01 General agriculture, crop production

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки)

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (agricultural sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (технические науки)

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

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

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

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

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

06.01.04 Агрохимия

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (technical Sciences)

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

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

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

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

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

06.01.04 Agrochemistry

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

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

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

06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

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

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

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

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

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

06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры

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

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

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

06.01.07 Защита растений

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

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

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

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

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

06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants

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

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

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

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

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

06.01.06 Grassland and medicinal essential oilseeds

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

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

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

06.01.07 Plant Protection

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

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

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

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

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

06.01.08 Плодоводство, виноградарство

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

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

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

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

06.01.09 Овощеводство

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

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

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

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

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

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

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

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

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

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

06.01.08 Fruit growing, viticulture

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

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

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

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

06.01.09 Vegetable-growing

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

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

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

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией

06.02.03 Veterinary pharmacology with toxicology

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.04 Ветеринарная хирургия

06.02.04 Veterinary surgery

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.06 Ветеринарное акушерство и биотехника репродукции животных

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

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

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

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

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

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

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.06 Veterinary obstetrics and animal biotechnology

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

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

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

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

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

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

06.02.07 Breeding, selection and genetics of farm animals

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

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

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

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

06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

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

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

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

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

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

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

06.02.09 Звероводство и охотоведение

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

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

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

06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства

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

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

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

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

06.02.08 Feed production, feeding of farm animals and feed technology

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

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

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

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

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

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

06.02.09 Fur farming and hunting

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

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

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

06.02.10 Private animal husbandry, production technology of livestock products

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

05.20.00 Processes and machines of agro-engineering systems

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization

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

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

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

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

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

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

Tseplyaev A.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture

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

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

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

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

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

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

05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

05.20.03 Technologies and means of agricultural maintenance

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

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

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

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

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

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

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-01

**MINERAL NUTRITION AND PRODUCTIVITY OF CUCUMBER HYBRIDS
IN CULTIVATION IN THE OPEN GROUND UNDER DRIP IRRIGATION****A.S. Ovchinnikov, M.A. Akulinina, D.A. Nazarova***Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia*

Received 28.10.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

The work is devoted to increasing the efficiency of cultivation of cucumber in the open field by managing water and mineral nutrition of crops with drip irrigation to obtain 80 t / ha of standard fruits. The efficiency of the inclusion of drip irrigation and fertigation of crops in the technological process of cultivation of promising cucumber hybrids Masha F1, Merenga F1, German F1 has been proven to obtain the planned harvest of cucumber.

Abstract

Introduction. The development of domestic technologies aimed at increasing productivity and reducing the cost of cucumber production is very important for modern agricultural production. Effective technological solutions are possible only with the use of new irrigation technologies, including drip irrigation. This will make it possible to make the fullest use of not only the natural resource potential of the region, but also new varieties and hybrids of cucumber with economical resource conservation. The working hypothesis of the research is the assumption of the possibility of increasing the productivity of cucumber crops when irrigated by the drip method due to fertigation of crops and control of the water regime of the soil. The research program is based on the assessment of the water and mineral nutrition of promising cucumber hybrids when cultivated in the open field. The purpose of the research is to increase the efficiency of cultivation of cucumber in the open field by managing water and mineral nutrition of crops with drip irrigation to obtain 80 t / ha of standard fruits. **Object.** The object of research was cucumber hybrids Masha F1, Merenga F1, German F1. **Materials and methods.** The experimental fields are located in the Peasant farm «Vybornov V.D.» in the Leninsky district of the Volgograd region). A 3-factor field experiment was laid down. The experimental scheme for factor A (soil water regime) included the following cucumber irrigation options: A1 - water supply to the moistened calculated soil layer 70% HB; A2 - water supply of the moistened calculated soil layer 80% HB; A3 - water supply of the moistened calculated soil layer 90% HB. Carrying out drip irrigation allows you to control the water regime of the soil from sowing to the flowering phase of plants in the soil layer of 0.3 m, then the depth of moisture increases to 0.5 m. The experimental scheme for regulating the mineral nutrition of plants (factor B) included 3 fertilizer application dose options: B1 - application of $N_{85}P_{50}K_{30}$, which ensures the formation of cucumber fruits 40 t / ha; B2 - $N_{125}P_{70}K_{50}$, to obtain 60 t / ha; B3 - $N_{165}P_{90}K_{70}$, to produce cucumber fruits 80 t / ha. Factor C provided for the assessment of promising cucumber hybrids of early ripening: C1 –Masha F1; C2 –Merengue F1; C3 - Herman F1. Hybrids have high potential, are highly resistant to diseases and high ambient temperatures. The studies were carried out according to generally accepted methods (Dospelkhov B.A., 1986; Litvinov S.S., 2011, Filin V.I., 1994, Borisov V.A., 2016)). The drip irrigation system is built on the farm on a modular basis and includes the following components: main and distribution pipelines, devices for supplying fertilizers to the irrigation network, irrigation pipelines with droppers with a flow rate of 1.6 l / h, a water meter, sensors, an irrigation control center. The system is equipped with a hydrocyclone, since water is supplied from an open reservoir by a diesel pumping station. The soils are medium loamy, poor in humus content, the amount of which does not exceed 2.3%, easily hydrolyzable nitrogen is not more than 39 mg / kg of dry soil, and mobile phosphorus is within 35.6 mg / kg of dry soil. The soil is sufficiently provided with exchangeable potassium, 331.3 mg / kg of dry soil. The reaction of the soil environment is close to neutral. **Results and Conclusions.** The inclusion of drip irrigation and fertigation in the technological process of cultivation of the studied cucumber hybrids Masha F1, Merenga F1, German F1 ensures the planned harvests. The best performance was observed when growing a hybrid of cucumber Masha F1. The regulation of the nutritional regime of the soil by the introduction of $N_{165}P_{90}K_{70}$ and the water supply of crops at the level of 80% HB guarantees the receipt of 80 t / ha of marketable products of high quality, regardless of the developing dry growing seasons.

Key words: sown areas, drip irrigation, water, mineral nutrition, cucumber, growth, development, yield.

Citation. Ovchinnikov A.S., Akulinina M.A., Nazarova D.A. Mineral nutrition and productivity of cucumber hybrids in cultivation in the open ground under drip irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60).14-27 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-01.

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

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

УДК 631.8:635.63

МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ГИБРИДОВ ОГУРЦА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ В УСЛОВИЯХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

А. С. Овчинников, академик РАН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М. А. Акулинина, кандидат сельскохозяйственных наук

Д. А. Назарова, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 28.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Развитие отечественных технологий, направленных на повышение продуктивности и снижение себестоимости производства огурца весьма актуально для современного аграрного производства. Эффективные технологические решения возможны только с использованием новых технологий орошения, включая капельное орошение. Это позволит наиболее полно использовать не только природно-ресурсный потенциал региона, но и новые сорта, и гибриды огурца при экономном ресурсосбережении. Рабочей гипотезой исследований является предположение о возможности повышения продуктивности посевов огурца при поливе капельным способом за счет фертигации посевов и управления водным режимом почвы. Программа исследований построена на оценке водного и минерального питания перспективных гибридов огурца при возделывании в открытом грунте. Цель исследований - повышение эффективности возделывания огурца в открытом грунте за счет управления водным и минеральным питанием посевов при капельном орошении для получения 80 т/га стандартных плодов. **Объект.** Объектом исследований были гибриды огурца Маша F1, Меренга F1, Герман F1. **Материалы и методы.** Опытное поле расположено в КФХ «Выборнов В. Д.» в Ленинском районе Волгоградской области. Заложено 3-х факторный полевой опыт. Схема опыта по фактору А (водный режим почвы) включала варианты орошения огурца: А₁ – водообеспечение увлажняемого расчетного слоя почвы 70% НВ; А₂ – водообеспечение увлажняемого расчетного слоя почвы 80% НВ; А₃ – водообеспечение увлажняемого расчетного слоя почвы 90% НВ. Проведение капельного орошения позволяет направленно управлять водным режимом почвы от посева до фазы цветения растений в слое почвы 0,3 м, далее глубина увлажнения увеличивается до 0,5 м. Схема опыта по регулированию минерального питания растений (фактор В) включала 3 варианта доз внесения удобрений: В₁ – внесение N₈₅P₅₀K₃₀, что обеспечивает формирование плодов огурца 40 т/га; В₂ – N₁₂₅P₇₀K₅₀, для получения 60 т/га; В₃ – N₁₆₅P₉₀K₇₀, для получения плодов огурца 80 т/га. Фактор С предусматривал оценку перспективных гибридов огурца раннего срока созревания: С₁ – Маша F1; С₂ – Меренга F1; С₃ – Герман F1. Гибриды обладают высоким потенциалом, сильно устойчивы к болезням и высоким температурам окружающей среды. Исследования проведены по общепринятым методикам (Доспехов Б. А., 1986; Литвинов С. С., 2011, Филин В. И., 1994, Борисов В. А., 2016). Система капельного орошения построена в хозяйстве по модульному принципу и включает следующие комплектующие: магистральный и распределительный трубопроводы, устройства для подачи удобрений в поливную сеть, поливные трубопроводы с капельницами расходом 1,6 л/ч, водомерное устройство, датчики, центр управления поливами. Система оборудована гидроциклоном, так как вода подается из открытого водоема дизельной насосной станцией. Почвы среднесуглинистые, бедные по содержанию гумуса, количество которого не превышает 2,3%, легкогидролизуемого азота не более 39 мг/кг сухой почвы, а подвижного фосфора в пределах 35,6 мг/кг сухой почвы. Почва до-

статочна обеспечена, обменным калием, 331,3 мг/кг сухой почвы. Реакция почвенной среды близка к нейтральной. **Результаты и выводы.** Включение капельного орошения и фертигации в технологический процесс возделывания изучаемых гибридов огурца Маша F1, Меренга F1, Герман F1 обеспечивает получение планируемых урожаев. Наилучшие показатели отмечены при выращивании гибрида огурца Маша F1. Регулирование пищевого режима почвы внесением $N_{165}P_{90}K_{70}$ и водообеспечении посевов на уровне 80% НВ гарантирует получение 80 т/га товарной продукции высокого качества независимо от складывающихся засушливых периодов вегетации.

Ключевые слова: капельное орошение огурца, минеральное питание огурца, возделывание огурца, рост огурца, развитие огурца, урожайность огурца.

Цитирование. Овчинников А. С., Акулинина М. А., Назарова Д. А. Минеральное питание и продуктивность огурца при возделывании в открытом грунте в условиях капельного орошения *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60).14-27. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-01.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В России огурец является одной из самых популярных и востребованных овощных культур, пользующейся неограниченным спросом в любое время. Замечательные вкусовые и диетические качества позволяют использовать огурцы, как в свежем, так и консервированном виде [5, 7, 14, 15].

В Россию огурец был завезен в X-XI веке, предположительно византийскими купцами. Большую популярность он получил уже на территории России и Украины в XVI-XVII веке [16].

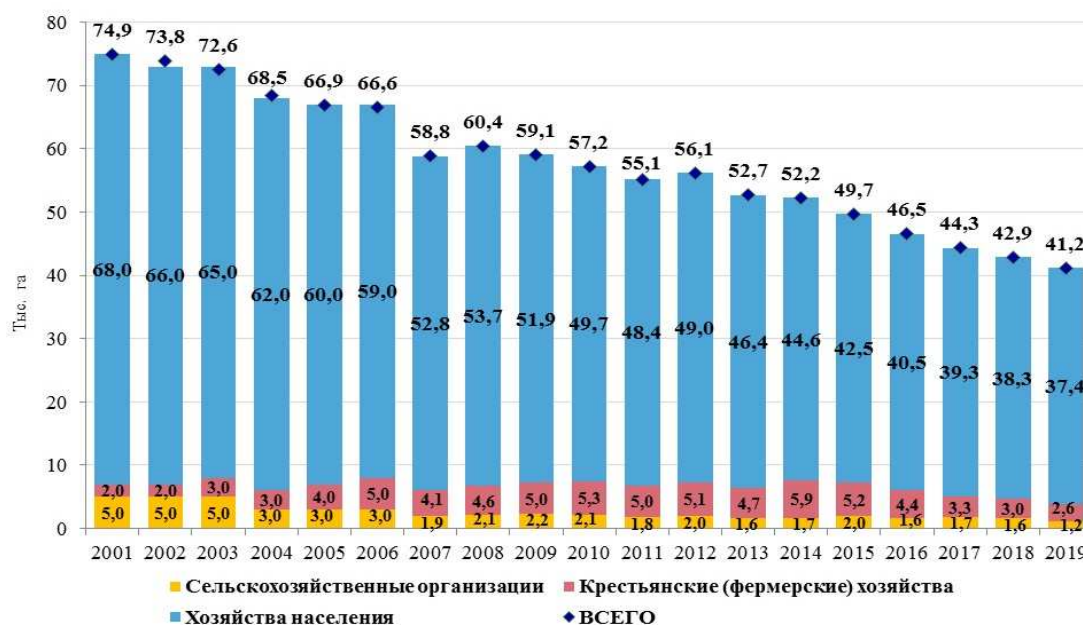


Рисунок 1 – Площади посева огурцов в открытом грунте в хозяйствах на территории РФ, тыс.га

Diagram 1 –Sowing areas of cucumbers in open ground on farms in the territory of the Russian Federation, thousand ha

В XXI веке в стране наблюдается устойчивая тенденция к снижению объемов посевных площадей огурца [6, 11, 12, 13, 18, 21]. По данным экспертно-аналитического Центра агробизнеса в России [17], в 2019 году в личных подсобных хозяйствах насе-

ления посевами огурца открытого грунта было занято 37,4 тыс. га огурцов, что на 30,6 тыс. га меньше, чем в 2001 г. (рис.1). Посевные площади огурцов открытого грунта в крестьянско-фермерских хозяйствах сначала увеличивались (с 2003 г. до 2014 г.), затем к 2019 году снизились в 2 раза, по сравнению в 2014 г., что однако на 0,6 тыс.га больше, чем в 2001 году.

В 2019 году в общей структуре посевных площадей огурца открытого грунта в промышленном секторе России первое место занимал Южный федеральный округ (рис. 2). Общая площадь посевов по все федеральным округам в 2019 г. составила 3,77 тыс. га [17].

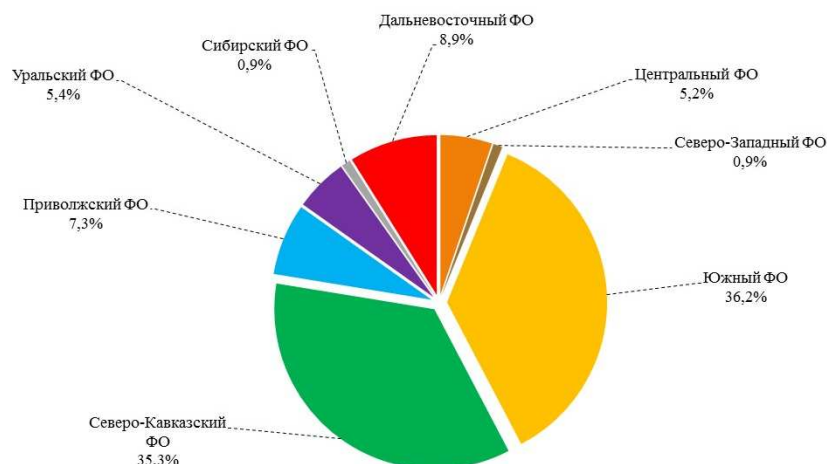


Рисунок 2 – Структура посевных площадей огурцов открытого грунта, выращиваемых в промышленном секторе по федеральным округам в 2019 г., %

Diagram 2 – Structure of acreage of open ground cucumbers grown in the industrial sector by federal districts in 2019, %

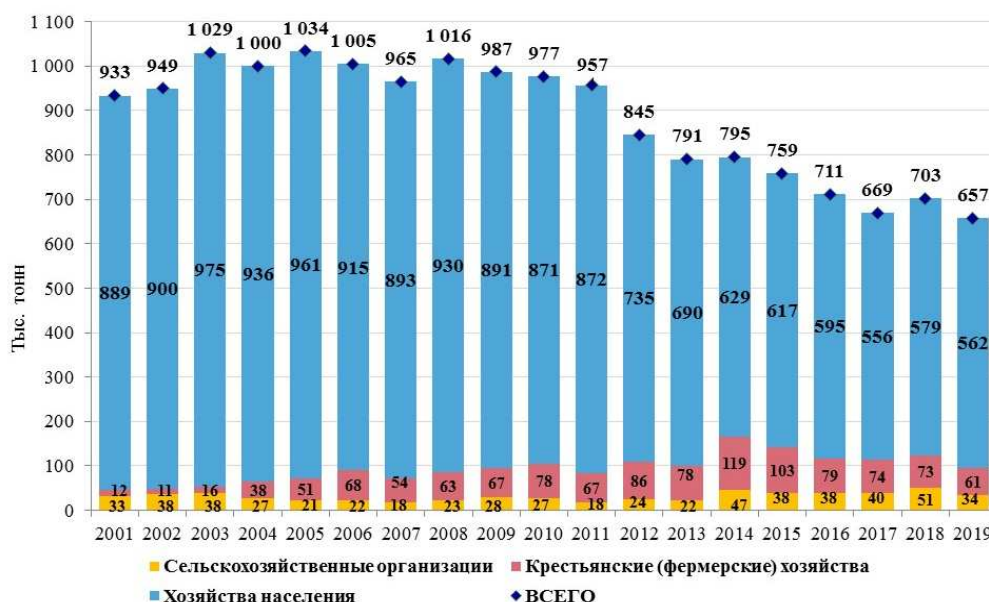


Рисунок 3 – Динамика валовых сборов огурцов открытого грунта в хозяйствах всех категорий на территории РФ, тыс. т

Diagram 3 – Dynamics of gross collections of open ground cucumbers in farms of all categories on the territory of the Russian Federation, thousand tons

По итогам Всероссийской сельскохозяйственной переписи (табл.1) по объемам занимаемых площадей в хозяйствах всех категорий в Волгоградской области огурец открытого грунта занимал 5 место (1772 га). Отчасти это было вызвано коротким сроком хранения, по сравнению с такими овощными культурами как лук, морковь и капуста [10].

Таблица 1 – Основные овощные культуры Волгоградской области открытого грунта, га

Table 1 – The main vegetable crops of the Volgograd region of open ground, ha

№	Овощная культура / Vegetable culture	Хозяйства всех категорий / Farms of all categories	в том числе / including		
			сельскохозяйственные организации / agricultural organizations	крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели / peasant (farming) households and individual entrepreneurs	хозяйства населения / households
1	Лук репчатый / (<i>Allium cepa</i>)	8407	3416	4248	742
2	Морковь / (<i>Daucus carota</i> subsp. <i>sativus</i>)	5274	1443	3363	468
3	Томаты / (<i>Solanum lycopersicum</i>)	4261	605	1038	2176
4	Капуста / (<i>Brassica oleracea</i>)	2414	479	934	1002
5	Огурцы / (<i>Cucumis sativus</i>)	1772	153	306	1314
6	Перец сладкий / (<i>Capsicum annuum</i>)	1749	114	759	686
7	Свекла столовая / (<i>Beta vulgaris</i>)	1073	273	434	366

Площадь под посевами огурца сегодня в области не превышает 0,40 тыс. га. В структуре валовых сборов на посевы огурца открытого грунта приходится около 17,7 тыс. т. Для увеличения производства огурца необходимо совершенствовать агротехнику его возделывания в сочетании с внедрением новых технологий полива, в первую очередь капельного орошения. Применение капельного орошения при интенсивных технологиях выращивания огурца способствует увеличению урожайности и улучшению качества получаемой продукции. Подача минеральных удобрений с поливной водой (фертигация) позволит оптимизировать питательный режим растений в разные фазы развития и роста, обеспечит рациональное использование удобрений [2-4, 19, 20, 22].

Материалы и методы. Исследования проведены на полях КФХ «Выборнов В. Д.» (Ленинский район Волгоградской области). Почвы опытного участка среднесуглинистые, бедные по содержанию гумуса, количество которого не превышает 2,3%, легкогидролизуемого азота не более 39 мг/кг сухой почвы, а подвижного фосфора в пределах 35,6 мг/кг сухой почвы. Почва достаточно обеспечена, обменным калием, 331,3 мг/кг сухой почвы. Реакция почвенной среды близка к нейтральной.

Заложен 3-х факторный полевой опыт. Схема опыта по фактору А (водный режим почвы) включала варианты орошения огурца: А₁ – водообеспечение увлажняемого расчетного слоя почвы 70% НВ; А₂ - водообеспечение увлажняемого расчетного слоя почвы 80% НВ; А₃- водообеспечение увлажняемого расчетного слоя почвы 90%

НВ. Проведение капельного орошения позволяет направленно управлять водным режимом почвы от посева до фазы цветения растений в слое почвы 0,3 м, далее глубина увлажнения увеличивается до 0,5 м.

Схема опыта по регулированию минерального питания растений (фактор В) включала 3 варианта доз внесения удобрений: В₁– внесение N₈₅P₅₀K₃₀, что обеспечивает формирование плодов огурца 40 т/га; В₂ – N₁₂₅P₇₀K₅₀, для получения 60 т/га; В₃ – N₁₆₅P₉₀K₇₀, для получения плодов огурца 80 т/га.

Фактор С предусматривал оценку перспективных гибридов огурца раннего срока созревания: С₁ – Маша F1; С₂ – Меренга F1; С₃ – Герман F1. Гибриды обладают высоким потенциалом, сильно устойчивы к болезням и высоким температурам окружающей среды.

Исследования проведены по общепринятым методикам (Доспехов Б. А, 1986; Литвинов С. С., 2011, Филин В. И., 1994, Борисов В. А., 2016). При расчете доз минеральных удобрений использовали метод элементарного баланса. Почвы среднесуглинистые, бедные по содержанию гумуса, количество которого не превышает 2,3%, легкогидролизуемого азота не более 39 мг/кг сухой почвы, а подвижного фосфора в пределах 35,6 мг/кг сухой почвы. Почва достаточно обеспечена, обменным калием, 331,3 мг/кг сухой почвы. Реакция почвенной среды близка к нейтральной. Данные почвенного анализа, сведения о предшественнике и количество выноса питательных веществ 1 т стандартной продукции (: азота – 3 кг, фосфора 1,2кг и калия 3,2 кг) позволили нам обосновать дозы минерального питания изучаемой культуры.

Система капельного орошения построена в хозяйстве по модульному принципу и включает следующие комплектующие: магистральный и распределительный трубопроводы, устройства для подачи удобрений в поливную сеть, поливные трубопроводы с капельницами расходом 1,6 л/ч, водомерное устройство, датчики, центр управления поливами. Система оборудована гидроциклоном, так как вода подается из открытого водоема дизельной насосной станцией [1, 5].

Результаты и обсуждение. Исследования проводились в различные по погодным условиям годы. По влагообеспеченности вегетационные периоды огурца характеризовались следующим образом: 2011 и 2014 гг. - очень сухие, 2012 и 2015 гг. - сухие, 2013 г. – засушливый. Сумма температур воздуха за период май-август изменялась от 2912 °С в 2011 году до 2693,8 °С в 2015 году (рис.4). Сумма осадков за аналогичный период изменялась от 59,4 мм в 2011 году до 129 мм в 2015 году (рис. 5).

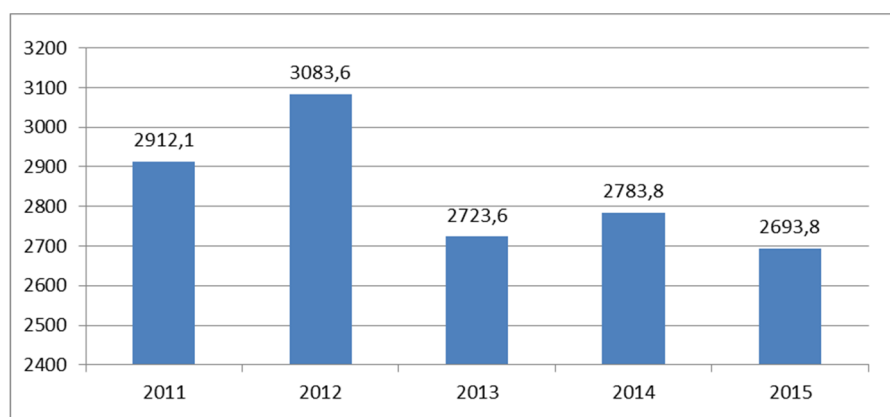


Рисунок 4 – Показатели суммы температур воздуха за период вегетации огурца, °С, 2011-2015 гг.

Diagram 4 – Indicators of the sum of air temperatures for the growing season of cucumber, °С, 2011-2015

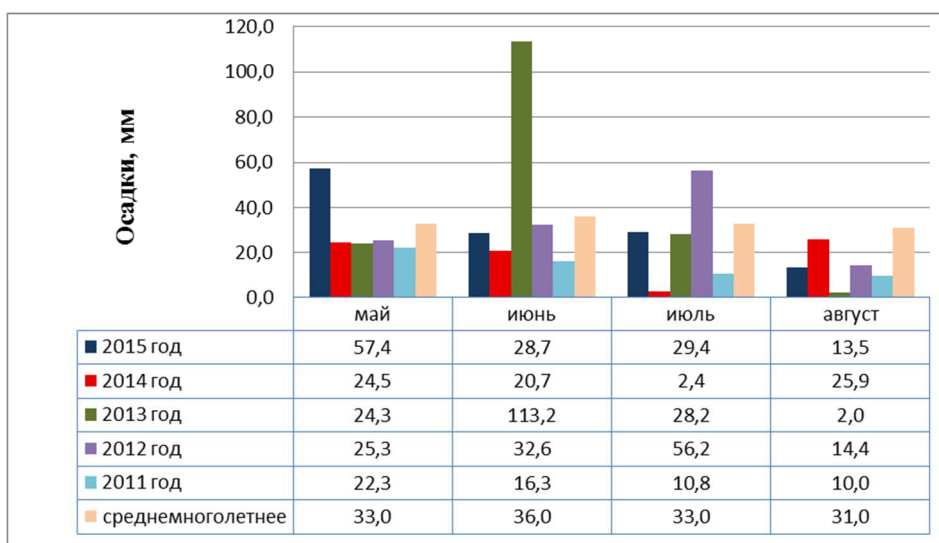


Рисунок 5–Количество выпавших осадков в период вегетации огурца, мм

Diagram 5 –Amount of precipitation during the growing season of cucumber, mm

Анализ погодных условий по температуре воздуха показывает, что исследования на посевах огурца проводились в условиях повышенных температур в сравнении с многолетними показателями. В период интенсивного плодоношения температура воздуха превышала средне многолетние показатели на 1,0-1,5⁰ С (рис. 6).

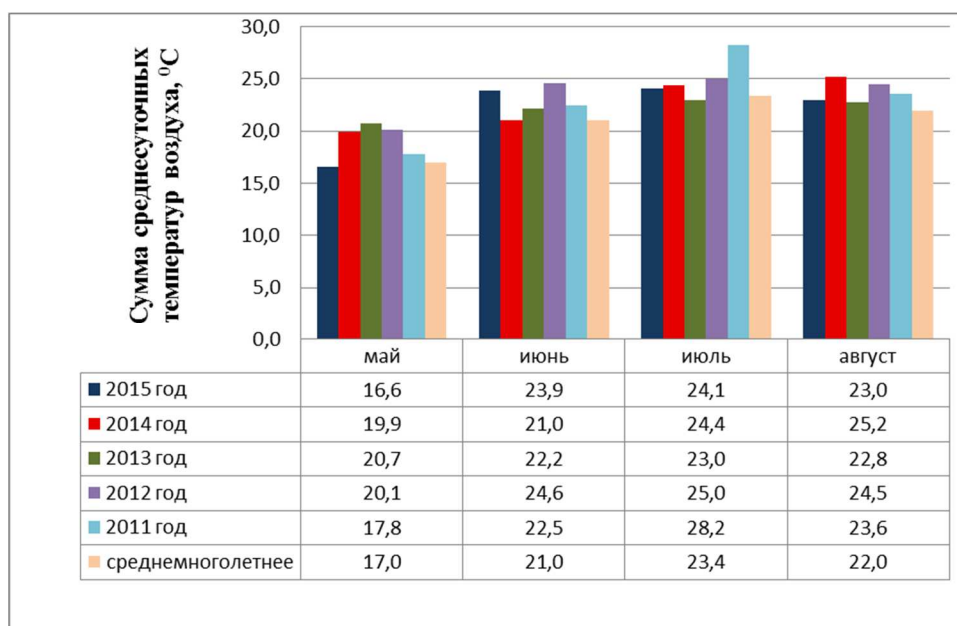


Рисунок 6 – Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период огурца в годы проведения исследований, °С

Diagram 6 – Average daily air temperature for the growing season of a cucumber during the years of research, °С

После уборки предшествующей культуры (лук) проводили лущение стерни, вспашку с оборотом пласта, культивацию с боронованием, весной фрезерование почвы. Для посева семян по вариантам опыта применяли только сеялку точного высева марки Gaspardo. Схема посева 1,4 x 0,25 м.

Удобрения вносили в два этапа (таблица 2): основное внесение ив подкормки с поливной водой (фертигация).

Таблица 2 –Сроки минерального питания огурца и удельный вес элементов, %

Table 2 – Terms of mineral nutrition of cucumber and specific gravity of elements,%

Сроки минерального питания посевов / Terms of mineral nutrition of crops	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Осенью под вспашку / In autumn for plowing	30	50	50
По периодам вегетации / By growing seasons:			
Посев-цветение /Sowing-flowering	15	25	15
Цветение-завязывание плодов / Flowering-fruitsetting	30	25	25
Рост плодов – первый сбор / Fruit growth - first harvest	30	25	35
Первый сбор –Плодоношение / First collection - Fruiting	25	25	25

При внесении удобрений учитывали генетически обусловленную потребность огурца в фосфоре и калии в процессе формирования урожая. Огурец усиленно потребляет элементы питания в фазы цветения и образования плодов. В первый период роста растения огурца больше используют азота и фосфора, чем калия, а во второй половине им требуется умеренное азотное питание [7, 11, 15].

Осенью под обработку почвы вносили аммиачную селитру, нитроаммофос, моноаммонийфосфат. Способ внесения ленточный зону будущих рядов огурца (рисунок 7).

При разработке модели фертигации огурца [12, 14] учитывали высокую корреляцию между нарастанием вегетативной массы и количеством потребляемых элементов питания растениями в течение вегетационного периода. Предпосевной и вегетационные поливы капельным способом проводили с учетом формирования водного режима почвы.

При совпадении графика орошения и фертигации подкормку осуществляли в конце оросительного полива. Для фертигации посевов использовали только: аммиачную и калиевую селитру, моноаммонийфосфат (рисунок 8).

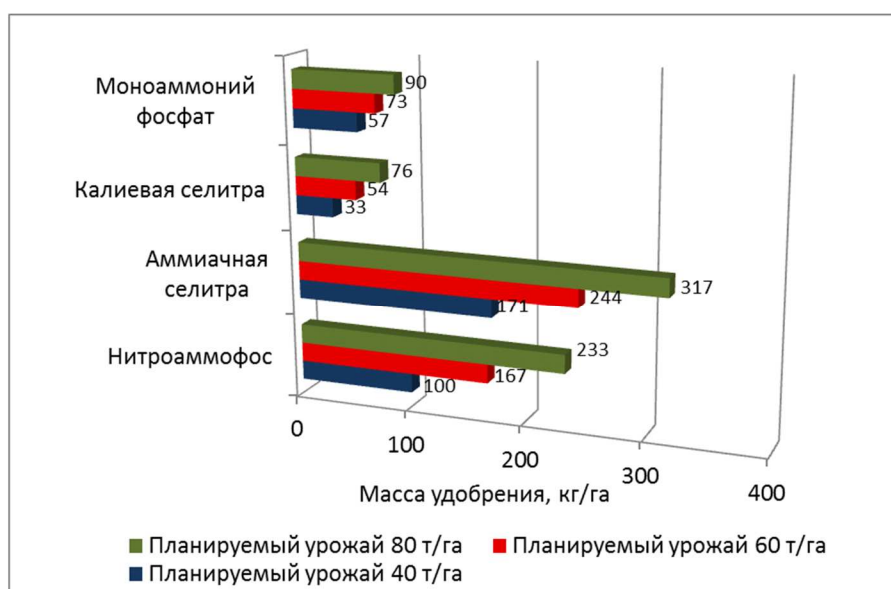


Рисунок 7 – Количество и виды минеральных удобрений под посев огурца

Diagram 7 – The number and types of mineral fertilizers for sowing cucumbers

Примерное распределение дозы удобрений N₁₆₅P₉₀K₇₀ кг д.в./га по срокам внесения участку варианта В₃ представлено на рисунке 8.

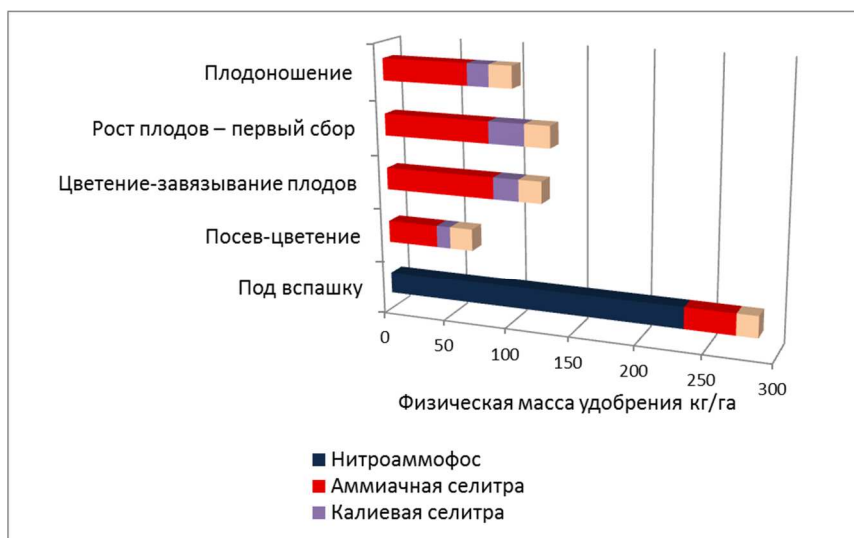


Рисунок 8 – Распределение расчетной дозы удобрений по срокам внесения, $N_{165}P_{90}K_{70}$ кг д.в./га
Diagram 8 – Distribution of the calculated dose of fertilizers by the timing of application, $N_{165}P_{90}K_{70}$ kg a.i. / ha

Система капельного орошения построена в хозяйстве по модульному принципу и включает следующие комплектующие: магистральный и распределительный трубопроводы, устройства для подачи удобрений в поливную сеть, поливные трубопроводы с капельницами расходом 1,6 л/ч, водомерное устройство, датчики, центр управления поливами. Система оборудована гидроциклоном, так как вода подается из открытого водоема дизельной насосной станцией.

Уборка урожая осуществлялась сборщиками в лежащем положении, с помощью платформы для сбора огурцов, прицепной к трактору. Ширина захвата одного крыла платформы – 9 м (рис. 9)



Рисунок 9 – Сбор урожая

Diagram 9 – Harvesting

Во все годы исследований проводили предпосевной полив поливной нормой $100 \text{ м}^3/\text{га}$ для появления дружных всходов. Водообеспечение увлажняемого расчетного слоя почвы по вариантам режима орошения определялось поливными нормами с учетом водно-физических свойств, полосы увлажнения. Для управления водным режимом почвы и поддержания влажности на уровне 70% НВ поливная норма составляла $190 \text{ м}^3/\text{га}$, 80% НВ – $115 \text{ м}^3/\text{га}$, 90 % НВ – $50 \text{ м}^3/\text{га}$. Количество поливов изменялось от 22 до 70. Расход

оросительной воды при водном режиме 80% НВ в зависимости от погодных условий вегетационного периода, степени засушливости изменялся в пределах 3100-3300 м³/га при 70% НВ, при 80% НВ 2780-3400 м³/га, а при 90% НВ в пределах 3260-4450 м³/га.

Как показали наши исследования, устойчивость продукционного процесса огурца в опытах обеспечивалась за счет управления водным режимом почвы проведением капельных поливов и внесения минеральных удобрений с поливной водой.

Таблица 3 – Урожайность посевов огурца (2011-2015 гг.)

Table 3 – Productivity of cucumber crops (2011-2015)

Уровень Предполивной влажности почвы, % НВ / The level of pre-irrigation soil moisture,% НВ	Доза внесения минераль- ных удобрений, кгд.в. / га / The dose of mineral fertiliz- ers, kg a.i. / ha	Урожайность, т/га / Productivity, t / ha				
		2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015г.
гибрид Меренга F1						
70	N ₈₅ P ₅₀ K ₃₀	30,6	38,6	32,0	33,2	32,7
	N ₁₂₅ P ₇₀ K ₅₀	56,3	56,4	54,6	57,5	56,3
	N ₁₆₅ P ₉₀ K ₇₀	70,1	72,2	72,3	74,4	71,4
80	N ₈₅ P ₅₀ K ₃₀	35,2	39,1	34,5	41,6	39,6
	N ₁₂₅ P ₇₀ K ₅₀	61,6	58,8	56,9	64,3	62,3
	N ₁₆₅ P ₉₀ K ₇₀	76,5	80,1	78,8	77,8	84,1
90	N ₈₅ P ₅₀ K ₃₀	35,0	39,5	37,5	43,3	37,5
	N ₁₂₅ P ₇₀ K ₅₀	62,7	60,9	56,0	63,1	59,1
	N ₁₆₅ P ₉₀ K ₇₀	74,3	78,4	77,2	78,0	80,6
НСР ₀₅ для фактора А		1,77	1,59	1,44	1,57	1,9
НСР ₀₅ для фактора В		1,77	1,59	1,44	1,57	1,9
НСР ₀₅ для частных средних		3,06	2,75	2,50	2,71	3,3
гибрид Маша F1						
70	N ₈₅ P ₅₀ K ₃₀	32,3	39,6	34,2	35,0	34,1
	N ₁₂₅ P ₇₀ K ₅₀	57,7	58,5	56,4	57,0	57,8
	N ₁₆₅ P ₉₀ K ₇₀	69,5	70,6	71,1	73,8	70,6
80	N ₈₅ P ₅₀ K ₃₀	36,3	40,8	36,2	43,6	41,4
	N ₁₂₅ P ₇₀ K ₅₀	63,5	59,3	57,0	66,2	65,7
	N ₁₆₅ P ₉₀ K ₇₀	77,5	82,3	80,5	81,4	85,6
90	N ₈₅ P ₅₀ K ₃₀	35,8	40,9	38,4	44,2	39,0
	N ₁₂₅ P ₇₀ K ₅₀	62,6	61,1	57,8	64,7	60,3
	N ₁₆₅ P ₉₀ K ₇₀	76,4	79,7	79,0	79,5	82,6
НСР ₀₅ для фактораА		1,76	1,48	1,52	1,53	1,62
НСР ₀₅ для фактораВ		1,76	1,48	1,52	1,53	1,62
НСР ₀₅ для частных средних		3,05	2,56	2,64	2,65	2,80
гибрид Герман F1						
70	N ₈₅ P ₅₀ K ₃₀	31,6	37,3	31,6	32,1	33,2
	N ₁₂₅ P ₇₀ K ₅₀	56,0	55,1	53,4	56,8	55,0
	N ₁₆₅ P ₉₀ K ₇₀	67,8	69,3	70,3	71,0	69,4
80	N ₈₅ P ₅₀ K ₃₀	35,2	38,7	34,7	42,6	39,0
	N ₁₂₅ P ₇₀ K ₅₀	60,3	57,8	55,7	64,0	63,1
	N ₁₆₅ P ₉₀ K ₇₀	75,6	80,8	78,3	78,4	83,1
90	N ₈₅ P ₅₀ K ₃₀	34,2	38,2	36,5	42,0	36,6
	N ₁₂₅ P ₇₀ K ₅₀	60,1	58,4	55,3	62,0	57,8
	N ₁₆₅ P ₉₀ K ₇₀	73,5	77,9	75,6	76,0	79,4
НСР ₀₅ для фактора А		1,83	1,43	1,54	1,65	1,61
НСР ₀₅ для фактора В		1,83	1,43	1,54	1,65	1,61
НСР ₀₅ для частных средних		3,17	2,47	2,66	2,86	2,78

Водообеспечение увлажняемого слоя почвы по вариантам водного режима и проведение фертигации посевов позволило направленно управлять продукционным процессом огурца, что обеспечило формирование площади посева в пределах 26,4 - 33,5 тыс. м²/га, продуктивность фотосинтеза 3,4 г/дм² сутки.

На опытном участке варианта 2, где водный режим почвы не опускался ниже 80% НВ в слое почвы 0,3 м до фазы начала цветения растений, а далее в слое почвы 0,5 м. площадь листовой поверхности формировалась на 7,6 тыс. м²/га больше в сравнении с первым вариантом. Индекс листовой поверхности у гибрида Маша F1 изменялся от 3,8 до 4,2, у гибрида Меренга F1 от 3,3 до 3,8, у гибрида Герман F1 от 3,4 до 3,7. Средняя продуктивность фотосинтеза была наибольшей у гибрида Маша F1 4,5 г/дм² сутки, у гибрида Меренга F1 4,1 г/дм² сутки, у гибрида Герман F1 3,6 г/дм² сутки. Следует отметить, что формирование 80 т/га плодов у гибрида Маша F1 гарантировано при минеральном питании N₁₆₅P₉₀K₇₀ и поддержании влажности почвы 80% НВ.

Данные по гибриду Меренга F1 подтверждают, что урожайность плодов огурца на уровне 80 т/га удалось получить только в 2012 и 2015 гг. из пяти лет наблюдений. Аналогичная закономерность установлена по гибриду Герман F1. Полученные данные по учету урожая огурца по вариантам опыта статистически достоверны и обосновывают правильность методического подхода к организации полевых исследований (табл. 3).

Включение капельного орошения в технологический процесс выращивания огурца и соблюдение сроков проведения фертигации посевов экономически обосновано. При урожайности огурца 80 т/га чистый дисконтированный доход и индекс доходности инвестиций наибольшие, и предварительно составляют 1123019 руб. и 4,78 соответственно.

Выводы. Включение капельного орошения в технологический процесс возделывания перспективных гибридов огурца Маша F1, Меренга F1, Герман F1 в сочетании с фертигацией посевов обеспечивает получение планируемых урожаев. Наилучшие показатели отмечены при выращивании гибрида огурца Маша F1. Регулирование пищевого режима почвы внесением N₁₆₅P₉₀K₇₀ и водообеспечении посевов на уровне 80% НВ гарантирует получение 80 т/га товарной продукции высокого качества независимо от складывающихся засушливых периодов вегетации.

Библиографический список

1. Анализ влияния новых средств и способов полива на процессы управления водораспределением (обзор) / В. И. Коржов, О. В. Сорокина, Т. В. Коржова, О. О. Матвиенко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 4(32). С. 105-125.
2. Ахмедов А. Д. Управление водным режимом почвы при капельном орошении // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования. Волгоградский ГАУ, 2017. Т. 2. С. 127-133.
3. Ахмедов А. Д., Джамалетдинова Е. Э. Особенности водосберегающей технологии полива овощных культур на юге России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 4(36). С. 1-16.
4. Балакай Г. Т., Балакай Н. И. Методика расчета и корректировки сроков полива сельскохозяйственных культур. 2017. № 1(25). С. 32-49.
5. Бородычев В. В. Современные технологии капельного орошения овощных культур. Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2009. 241 с.
6. Дегтярева К. А., Тарасьянц С. А. Режимы орошения огурца при капельном орошении в условиях поймы Нижнего Дона // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 1 (12). С. 13-22.
7. Кузнецова Т. А. Удобрение огурца в Западной Сибири // Картофель и овощи. 2018. № 12. С. 11-12.

8. Новая система капельного орошения / Р. А. Бальбеков, В. В. Бородычев, А. М. Салдаев, А. В. Дементьев, Ю. В. Кузнецов // Мелиорация и водное хозяйство. 2003. № 4. С. 6.
9. Ольгаренко В. И., Бабичев А. Н., Монастырский В. А. Водный баланс и режим орошения овощных культур в условиях поймы Дона // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 2(34). С. 1-16.
10. Посевные площади сельскохозяйственных культур, площади многолетних насаждений и ягодных культур // Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по Волгоградской области: В 6 т. / Терр. орган Фед. службы гос. статистики по Волгоград. обл. Волгоград: Волгоградстат, 2018. Т. 4. Кн. 1. 183 с.
11. Потребность овощных культур в минеральном питании при капельном орошении / В. В. Бородычев, А. И. Болдырь, В. М. Гуренко, О. М. Дмитриенко // Картофель и овощи. 2005. № 8. С. 27.
12. Ресурсосберегающая технология капельного орошения огурца / А. С. Овчинников, В. В. Бородычев, М. А. Акулинина, Е. В. Шенцева // Картофель и овощи. 2009. № 3. С. 23.
13. Сенчуков Г. А., Новикова И. А. Водопотребность сельскохозяйственных культур при капельном орошении // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 4(12).
14. Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Продуктивность гибридов огурцов при возделывании по ресурсосберегающей технологии в условиях капельного орошения // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. 2018. № 3(51). С. 1-12.
15. Филин В. И., Плескачев Ю. Н. Практическое руководство по фертигации овощных культур. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. 94 с.
16. Флоринова Экономия: В девяти книгах состоящая. Санкт-Петербург: тип. Имп. Акад. наук, 1760. <http://simlib.ru/handle/123456789/1045>
17. Экспертно-аналитический центр агробизнеса <https://ab-centre.ru/statonline/1?rubrics%5B%5D=posevnyeploschadi&markets%5B%5D=kartofel&countries%5B%5D=rossiya>
18. Abdalhi M. A. M., Cheng J. L., Feng S. Y., Yi G. Performance of drip irrigation and nitrogen fertilizer in irrigation water saving and nitrogen use efficiency for waxy maize (*Zea mays* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) under solar greenhouse // Grassland Science. 2016. V. 62. № 3. P. 174-187.
19. Amer K. H., Midan S. A., Hatfield J. L. Effect of Deficit Irrigation and Fertilization on Cucumber // Agronomy Journal. 2009. V. 101. № 6. P. 1556-1564.
20. Beyaert R. R., Roy R. C., Coelho B. K. B. Irrigation and fertilizer management effects on processing cucumber productivity and water use efficiency // Canadian Journal of Plant Science. 2007. V. 87. № 2. P. 355-363.
21. Rahil M. H., Qanadillo A. Effects of different irrigation regimes on yield and water use efficiency of cucumber crop // Agricultural Water Management. 2015. V. 148. P. 10-23.
22. Sahin U., Kuslu Y., Kiziloglu F. M. Response of cucumbers to different irrigation regimes applied through drip-irrigation system // Journal of Animal and Plant Sciences. 2015. V. 25. № 1. P. 198-200.
23. Yosria Kamal Khattab Corparanive between different parameters under automate drip irrigation for cucumber // Agricultural Engineering International. 2018. V. 20. N 4. P 26-32.

Conclusions. The inclusion of drip irrigation in the technological process of cultivation of promising cucumber hydrides Masha F1, Meringue F1, German F1 in combination with fertigation of crops ensures the planned yields. The best indicators were noted when growing a hybrid of cucumber masha f1. Regulation of the food regime of the soil by the introduction of n165p90k70 and the water supply of crops at the level of 80% HB guarantees the receipt of 80 t/ha of high-quality commercial products, regardless of the developing dry periods of vegetation.

References

1. Analiz vliyaniya novykh sredstv i sposobov poliva na processy upravleniya vodoraspredele-niem (obzor) / V. I. Korzhov, O. V. Sorokina, T. V. Korzhova, O. O. Matvienko // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2018. № 4(32). P. 105-125.

2. Ahmedov A. D. Upravlenie vodnym rezhimom pochvy pri kapel'nom oroshenii // }kologo-meliorativnye aspekty racional'nogo prirodo-pol'zovaniya. Volgogradskij GAU, 2017. T. 2. P. 127-133.
3. Ahmedov A. D., Dzhamaletdinova E. }. Osobennosti vodosberegayuschej tehnologii poliva ovoschnyh kul'tur na yuge Rossii // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2019. № 4(36). P. 1-16.
4. Balakaj G. T., Balakaj N. I. Metodika rascheta i korrekcirovki strokov poliva sel'sko-hozyajstvennyh kul'tur. 2017. № 1(25). P. 32-49.
5. Borodychev V. V. Sovremennye tehnologii kapel'nogo orosheniya ovoschnyh kul'tur. Ko-lomna: FGNU VNII "Raduga", 2009. 241 p.
6. Degtyareva K. A., Taras'yanc S. A. Rezhimy orosheniya ogurca pri kapel'nom oroshenii v usloviyah pojmy Nizhnego Dona // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2013. № 1 (12). P. 13-22.
7. Kuznecova T. A. Udobrenie ogurca v Zapadnoj Sibiri // Kartofel' i ovoschi. 2018. № 12. P. 11-12.
8. Novaya sistema kapel'nogo orosheniya / R. A. Bal'bekov, V. V. Borodychev, A. M. Sal-daev, A. V. Dement'ev, Yu. V. Kuznecov // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2003. № 4. P. 6.
9. Ol'garenko V. I., Babichev A. N., Monastyrskij V. A. Vodnyj balans i rezhim orosheniya ovoschnyh kul'tur v usloviyah pojmy Dona // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2019. № 2(34). P. 1-16.
10. Posevnye ploschadi sel'skohozyajstvennyh kul'tur, ploschadi mnogoletnih nasazhdenij i yagodnyh kul'tur // Itogi Vserossijskoj sel'skohozyajstvennoj perepisi 2016 goda po Volgogradskoj oblasti: V 6 t. / Terr. organ Fed. sluzhby gos. statistiki po Volgograd. obl. Volgograd: Volgogradstat, 2018. T. 4. Kn. 1. 183 p.
11. Potrebnost' ovoschnyh kul'tur v mineral'nom pitanii pri kapel'nom oroshenii / V. V. Bo-rodychiev, A. I. Boldyr', V. M. Gurenko, O. M. Dmitrienko // Karto-fel' i ovoschi. 2005. № 8. P. 27.
12. Resursosberegayuschaya tehnologiya kapel'nogo orosheniya ogurca / A. S. Ov-chinnikov, V. V. Borodychev, M. A. Akulinina, E. V. Shenceva // Kartofel' i ovoschi. 2009. № 3. P. 23.
13. Senchukov G. A., Novikova I. A. Vodopotrebnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur pri kapel'nom oroshenii // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melio-racii. 2013. № 4(12).
14. Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. Produktivnost' gi-bridov ogurcov pri vzdelyvanii po resursosberegayuschej tehnologii v usloviyah kapel'nogo orosheniya // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2018. № 3(51). P. 1-12.
15. Filin V. I., Pleskachev Yu. N. Prakticheskoe rukovodstvo po fertigacii ovoschnyh kul'tur. Volgograd: FGBOU VO Volgogradskij GAU, 2017. 94 p.
16. Florinova }konomiya: V devyati knigah sostoyaschaya. Sankt-Peterburg: tip. Imp. Akad. nauk, 1760. <http://simlib.ru/handle/123456789/1045>
17. Jekspertno-analiticheskij centr agrobiznesa <https://ab-centre.ru/statonline/1?rubrics%5B%5D=posevnyeploschadi&markets%5B%5D=kartofel&countries%5B%5D=rossiya>
18. Abdalhi M. A. M., Cheng J. L., Feng S. Y., Yi G. Performance of drip irrigation and nitrogen fertilizer in irrigation water saving and nitrogen use efficiency for waxy maize (*Zea mays* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) under solar greenhouse // Grassland Science. 2016. V. 62. № 3. P. 174-187.
19. Amer K. H., Midan S. A., Hatfield J. L. Effect of Deficit Irrigation and Fertilization on Cucumber // Agronomy Journal. 2009. V. 101. № 6. P. 1556-1564.
20. Beyaert R. R., Roy R. C., Coelho B. K. B. Irrigation and fertilizer management effects on processing cucumber productivity and water use efficiency // Canadian Journal of Plant Science. 2007. V. 87. № 2. P. 355-363.
21. Rahil M. H., Qanadillo A. Effects of different irrigation regimes on yield and water use ef-ficiency of cucumber crop // Agricultural Water Management. 2015. V. 148. P. 10-23.
22. Sahin U., Kuslu Y., Kiziloglu F. M. Response of cucumbers to different irriga-tion re-gimes applied through drip-irrigation system // Journal of Animal and Plant Sciences. 2015. V. 25. № 1. P. 198-200.
23. Yosria Kamal Khattab Corparanive between different parameters under automate drip irri-gation for cucumber // Agricultural Engineering International. 2018. V. 20. N 4. P 26-32.

Authors Information

Ovchinnikov Alexey Semenovich - Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Supervisor, Head of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Use, Volgograd Agrarian University (40002, Russia, Volgo-grad, Universitetskiy prospect, 26). Doctor of Agricultural Sciences, Professor, phone 8 (8442) 41-17-84, e-mail volgau@volgau.com

Akulina Marina Aleksandrovna - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Use, Volgograd Agrarian University (40002, Russia, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26, phone 89377048804.

Nazarova Daria Aleksandrovna, post-graduate student of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Use, Volgograd Agrarian University (40002, Russia, Volgograd, Universitetskiy prospect, 26) phone 89270683923

Информация об авторах

Овчинников Алексей Семенович – академик РАН, научный руководитель ВолГАУ, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО «Волгоградский аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8 (8442)41-17-84, e-mail: volgau@volgau.com

Акулинина Марина Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО «Волгоградский аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26), т. 89377048804.

Назарова Дарья Александровна, аспирант кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование», ФГБОУ ВО «Волгоградский аграрный университет» (40002, Россия, Волгоград, проспект Университетский, 26) т. 89270683923

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-02

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF CULTIVATION OF TABLE CARROTS WITH DRIP IRRIGATION

N.N. Dubenok, R.I. Shumakova, A.A. Martynova

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University» - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazeva, Moscow
Federal State Budget Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute
of Hydraulic Engineering and Melioration named after A.N. Kostyakova, Volgograd*

Received 28.10.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

The article discusses the issues of improving the technology of cultivation of table carrots on the ridges with the belt sowing method with the formation of 12 sowing rows in conditions of soil moisture regulation and fertigation of crops by carrying out drip irrigation.

Abstract

Introduction. In the course of the research in the field of improving the technologies for the cultivation of different varieties of table carrots, we put forward a hypothesis about the possibility of increasing the productivity of carrot production with the belt sowing method by forming 12 sowing rows and regulating the level of soil saturation with moisture and fertigation of crops by carrying out drip irrigation. The research program is based on the assessment of different threshold conditions for the appointment of the timing of vegetative irrigation until the phase of formation of 2 leaves, followed by an increase in soil moisture in subsequent vegetation periods. The aim of the research is to substantiate the technology of cultivation of table carrots at different thresholds of soil moisture, ensuring economical consumption of irrigation water in combination with fertigation during the formation of 90-130 t / ha of standard root crops. **Object.** The object of research was a hybrid of table carrots Cordoba F1.

Materials and methods. The experiment was laid in the fields of the peasant farm of VA Zaitsev, geographically located in the Gorodishchensky district of the Volgograd region. The field experience was based on a 3-factor scheme. For cultivation, we have chosen a medium-late variety of table carrots Cordoba F1, cultivar Shantane. When developing a cultivation methodology, we identified the follow-

ing options for setting up an experiment: factor A - water supply conditions, factor B - mineral nutrition, factor C - sowing density. Options for the first factor: A1 - maintaining pre-irrigation soil moisture 70% HB until 2 leaves appear, followed by an increase to 80% HB in the 0.3 m layer; A2 - in a layer of 0.4 m; A3 - in a layer of 0.5 m. Variants for the second factor: B1 - application of $N_{165}P_{70}K_{190}$ to obtain 90 t / ha of products; B2 - application of $N_{210}P_{95}K_{260}$ to obtain 110 t / ha of products; B3 - application of $N_{255}P_{120}K_{330}$ to obtain 130 t / ha of products. Options for the third factor: C1 - uniform distribution of seed with the same area of plant nutrition in the belt; C2 - differentiated distribution of the seed in the belt with an increase in the seed rate by 10% in the peripheral groups of the seed rows and a decrease in the seed rate by 10% in the center of the seed belt. **Results and Conclusions.** Obtaining a harvest of commercial quality carrots is directly dependent on the technological functions of drip irrigation, this is the regulation of the level of soil saturation with moisture at different depths, taking into account the phases of plant development, the introduction of mineral fertilizers for the planned harvest, and the sowing density. It has been proved that with the belt sowing method, while maintaining HB at least 70% until the formation of 2 leaves and increasing it in subsequent growing periods to 80% at a depth of 0.4 m against the background of the introduction of $N_{210}P_{95}K_{260}$ provides an average of 112 for 2 years of research, 7 t / ha of carrot root crops. The differentiated distribution of the seed in the belt with an increase in the seed rate by 10% in the peripheral groups of the seed rows and a decrease in the seed rate by 10% in the center of the seed belt contributes to an increase in the productivity of carrot sowing. The highest yield of standard quality table carrots of 123.9 t / ha is statistically reliable and was obtained when soil moisture in a layer of 0.4 m was not lower than 70% HB until the formation of 2 leaves, then 80% HB until the end of the growing season against the background of $N_{255}P_{120}K_{330}$ application. Regression models were obtained for the formation of carrot root crops at different sowing densities depending on the level of mineral nutrition and water supply conditions with a determination coefficient of 0.93-0.95.

Key words: table carrot, Cordoba F1, seeding scheme, drip irrigation, soil, moisture, fertigation, regression model, yield.

Citation. Dubenok N.N., Shumakova R.I., Martynova A.A. Improvement of the technology of cultivation of table carrots with drip irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 27-39 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-02.

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

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

УДК 631.67:635.132

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ СТОЛОВОЙ МОРКОВИ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ НА ГРЯДАХ

Н. Н. Дубенок¹, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

Р. И. Шумакова¹, аспирант

А. А. Мартынова², кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник

¹ФБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва

²Волгоградский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 28.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. В ходе проводимых изысканий в области совершенствования технологий возделывания различных сортов моркови столовой нами была выдвинута гипотеза о возможности повышения продуктивности производства моркови при ленточном способе посева путем формирования 12-ти посевных строк и регулирования уровня насыщения почвы влагой и фертигации посевов проведением капельного полива. Программа исследований построена на оценке разных пороговых условий назначения сроков вегетационных поливов до фазы образования 2 листа с последующим по-

вышением влажности почвы в последующие периоды вегетации. Целью исследований является обоснование технологии возделывания столовой моркови при разных порогах увлажнения почвы, обеспечивающих экономное расходование поливной воды в сочетании с фертигацией при формировании 90-130 т/га стандартных корнеплодов. **Объект.** Объектом исследований был гибрид столовой моркови Кордоба F1. **Материалы и методы.** Закладка опыта проходила на полях крестьянско-фермерского хозяйства Зайцева В. А., территориально расположенного в Городищенском районе Волгоградской области. Полевой опыт закладывался по 3-х факторной схеме. Для возделывания нами выбран среднепоздний сорт столовой моркови Кордоба F1 сортотип Шантане. При разработке методики возделывания нами были определены следующие варианты закладки опыта: фактор А – условия водообеспечения, фактор В – минеральное питание, фактор С – плотность посева. Варианты по первому фактору: А1 – поддержание предполивной влажности почвы 70% НВ до появления 2 листа с последующим увеличением до 80% НВ в слое 0,3 м; А2 – в слое 0,4 м; А3 – в слое 0,5 м. Варианты по второму фактору: В1 – внесение $N_{165}P_{70}K_{190}$ для получения 90 т/га продукции; В2 – внесение $N_{210}P_{95}K_{260}$ для получения 110 т/га продукции; В3 – внесение $N_{255}P_{120}K_{330}$ для получения 130 т/га продукции. Варианты по третьему фактору: С1 – равномерное распределение посевного материала с одинаковой площадью питания растений в ленте; С2 – дифференцированное распределение посевного материала в ленте с увеличением посевной нормы на 10 % в периферийных группах посевных строк и снижением посевной нормы на 10 % в центре посевной ленты. **Результаты и выводы.** Получение урожая корнеплодов моркови товарного качества находится в прямой зависимости от технологических функций капельного орошения, это регулирование уровня насыщения почвы влагой на различной глубине с учетом фаз развития растений, внесение минеральных удобрений на планируемый урожай, плотности посева. Доказано, что при ленточном способе посева при поддержании НВ не ниже 70% до момента образования 2 листа и повышением его в последующие периоды вегетации до 80% на глубине 0,4 м на фоне внесения $N_{210}P_{95}K_{260}$ обеспечивает получение в среднем за 2 года исследований до 112,7 т/га корнеплодов моркови. Дифференцированное распределение посевного материала в ленте с увеличением посевной нормы на 10 % в периферийных группах посевных строк и снижением посевной нормы на 10 % в центре посевной ленты способствует повышению продуктивности посева моркови. Наибольший урожай корнеплодов столовой моркови стандартного качества 123,9 т/га статистически достоверен и получен при обеспечении влажности почвы в слое 0,4 м не ниже 70% НВ до фазы образования 2 листа, далее 80% НВ до конца вегетации на фоне внесения $N_{255}P_{120}K_{330}$. Получены регрессионные модели формирования урожая корнеплодов моркови при разной плотности посева в зависимости от уровня минерального питания и условий водообеспечения с коэффициентом детерминации 0,93-0,95.

Ключевые слова: *столовая морковь, Кордоба F1, схем посева моркови, капельное орошение моркови, почвенные условия возделывания моркови, фертигация моркови, урожайность моркови.*

Цитирование. Дубенок Н. Н, Шумакова Р. И, Мартынова А. А. Совершенствование технологии выращивания столовой моркови при капельном орошении на грядах. *Известия НВ АУК.* 2020. 4(60). 27-39. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-02.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Столовая морковь относится к традиционным овощным культурам, возделываемым в большинстве сельскохозяйственных регионов России [1, 3, 12].

Объемы производимой в России столовой моркови сравнительно малы и составляют около 1 млн. тонн. В зависимости от благоприятности (или не благоприятности) природных условий это цифра может незначительно меняться по годам. Данный факт не вызывает сомнений и может быть подтвержден статистическими данными в

области импорта столовой моркови (около 22 % от всего производства моркови в России). Основными поставщиками на сегодняшний день остаются Израиль, Беларусь и Китай [4, 14].

Однако нельзя не отметить, что по данным Федеральной службы статистики, регионом, с наибольшим количеством посевных площадей столовой моркови на 2019 год стала Волгоградская область. Так, под ее выращивание в регионе отведены около 4,44 тыс.га, что составляет 23,6 % от посевных площадей под овощами открытого грунта в области (18,8 тыс. га) или 17,8 % по России (рисунок 1). По количеству собранного урожая столовой моркови наш регион также занял первое место, что в процентном отношении составило около 25,3 % от общего числа промышленного сбора данной культуры в РФ [16].

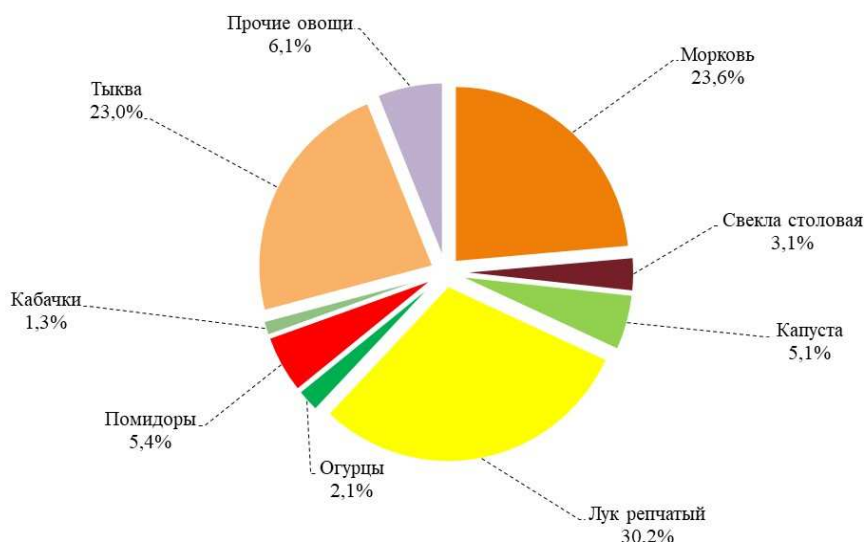


Рисунок 1 – Структура посевных площадей овощей открытого грунта промышленного выращивания в Волгоградской области в 2019 году, %

Figure 1 – Structure of acreage of vegetables in open ground of industrial cultivation in the Volgograd region in 2019, %

Стоит отметить, что подобного прироста продукции на сегодняшний день недостаточно. В усредненных величинах показатель урожайности столовой моркови находится в пределах 22-24 т/га [3, 5]. Данный показатель находится на критически низком уровне, что и служит основанием роста себестоимости моркови и, в свою очередь, не позволяет отечественной продукции эффективно противостоять зарубежному импорту.

Опыт отечественных [1, 2, 4, 8, 11, 13] и зарубежных исследователей [17, 18, 20, 21] подтверждает возможность применения капельного орошения при интенсивных технологиях выращивания овощных культур, прежде всего столовой моркови.

Морковь является относительно засухоустойчивой культурой, предъявляющей особые требования к водному режиму как в начальные периоды роста (при слаборазвитой корневой системе), так и в течение всего периода вегетации [3, 4], поэтому необходимо разработать программу управления водным режимом почвы и режимом питания растений для конкретных условий [2, 7, 9].

В условиях резко континентального климата Нижнего Поволжья, в частности в Волгоградской области, достичь высоких урожаев столовой моркови возможно только при условии организации ее орошения. Продолжительные засушливые летние периоды с высокими дневными температурами и низкой относительной влажностью воздуха в период вегетации моркови, минимальное количество выпадающих осадков или их пол-

ное отсутствие являются отрицательными факторами в деле получения гарантированных урожаев корнеплодов высокого качества. Поэтому включение капельного орошения в технологию возделывания моркови актуально и направлено на получение урожая с высокими качественными показателями [6, 10, 19].

Материалы и методы. В ходе анализа исследований, проводимых на территории Нижнего Поволжья, в частности в Волгоградской области, по улучшению технологии возделывания гибрида моркови на грядах нами был заложен полевой опыт по 3-х факторной схеме. Для опыта выбран среднепоздний сорт столовой моркови Кордоба F1 сортотип Шантане.

Полевой опыт включает следующие варианты: фактор А – условия водообеспечения, фактор В – минеральное питание, фактор С – плотность посева.

Варианты по первому фактору: А1 – поддержание предполивной влажности почвы 70% НВ до фазы образования 2 листа с последующим повышением до 80% НВ в слое 0,3 м; А2 – поддержание предполивной влажности почвы 70% НВ до фазы образования 2 листа с последующим повышением до 80% НВ в слое 0,4 м; А3 – поддержание предполивной влажности почвы 70% НВ до фазы образования 2 листа с последующим повышением до 80% НВ в слое 0,5 м.

Варианты по второму фактору: В1 – внесение $N_{165}P_{70}K_{190}$ для получения 90 т/га продукции; В2 – внесение $N_{210}P_{95}K_{260}$ для получения 110 т/га продукции; В3 – внесение $N_{255}P_{120}K_{330}$ для получения 130 т/га продукции.

Варианты по третьему фактору: С1 – равномерное распределение посевного материала с одинаковой площадью питания растений в ленте; С2 – дифференцированное распределение посевного материала в ленте с увеличением посевной нормы на 10 % в периферийных группах посевных строк и снижением посевной нормы на 10 % в центре посевной ленты.

На всех вариантах опыта соблюдалась четырехкратная повторность.

Для формирования гряд использовали грядообразователь в комплекте с фрезой, что обеспечивало одновременное измельчение почв, выравнивание и уплотнение ее перед посевом. Способ посева ленточный с формированием 12-ти посевных строк (Рис. 2). Посев семян моркови плотностью 1,1 млн. шт./га проводился на глубину 0,03 м сеялкой точного высева Agricola. Основные технологические показатели посева: расстояние между строчками 6,48 см, между растениями в строчке 6,79 см. Расчеты доз минеральных удобрений для основного внесения и в качестве подкормок проведены из потребности моркови в питательных веществах за минусом содержания питательных веществ в почве [Доспехов Б. А., 1983; Литвинов С. С., 2011].

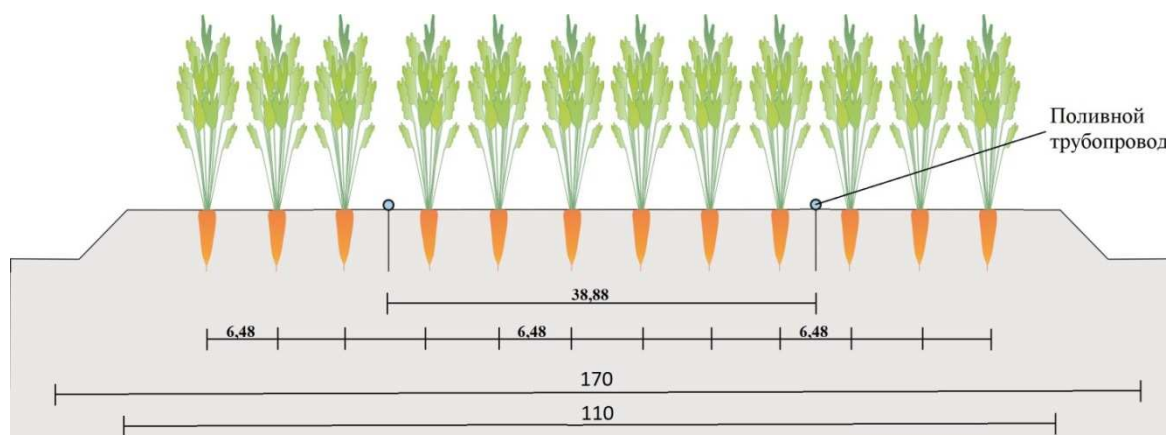


Рисунок 2 – Схема посева

Figure 2 – Sowing scheme

Влажность почвы регулировали проведением капельного орошения. Регулирование влажности почвы по вариантам опыта обеспечивалось капельными поливами. Для этих целей были применены произведенные в городе Липецк капельные ленты со следующими техническими характеристиками: расстояние между выпускными отверстиями – 0,3 м; расход капельницы – 1,2 л/ч.

Результаты и обсуждение. Почвы – среднесуглинистые. Они являются самыми распространёнными на территории Волгоградской области и, благодаря своим физическим данным, обладают хорошими водоудерживающими свойствами. В пахотном слое плотность сложения почвы не превышает 25 т/м^3 при общей порозности 21,9-23,9 %. Это свидетельствует о том, что такие почвы благоприятны для роста корнеплодных культур. Мощность гумусового горизонта типична для светло-каштановых почв региона и на глубине 0,25 м составляет 1,6-1,7 %. В пахотном слое pH почвы колеблется в пределах от 6,2-7,1.

Почвы опытного участка обеспечены калием. Содержание обменного калия в почве опытного участка по рассматриваемым слоям поддержания уровня предполивной влажности достигает: 0,3м – 322 мг/кг; 0,4 – 274 мг/кг; 0,5 – 212 мг/кг.

Емкость поглощения почвы средняя, для пахотных горизонтов составляет 22,2-23,4 мг-экв, причем до 2,2-3,2 % от этой емкости занимает поглощенный натрий.

Климат региона резко континентальный. Самый жаркий месяц года – июль, а самый холодный – январь. Абсолютный максимум по температуре воздуха в год исследований достигал $34-40^\circ\text{C}$. Лето, как правило, теплое с небольшим количеством осадков. Продолжительность безморозного периода составляет около 160 суток, что является достаточным для завершения вегетации столовой моркови.

Поступление атмосферных осадков и тепла на опытном участке в 2020 году характеризует этот год как сухой. В период с 28 мая по 22 сентября выпало не более 50 мм осадков. Поступление такого количества осадков в регионе обеспечивается с вероятностью 83 %. При этом, сумма среднесуточных температур воздуха за период вегетации моркови составила 2943°C , что в регионе обеспечивается с вероятностью не более 5 %.

Для сравнения, в 2019 году атмосферные осадки поступили в среднемноголетнем объеме – 110 мм, что в регионе обеспечивается с вероятностью 59 %. При этом поступление тепла было наименьшим, сумма среднесуточных температур воздуха составила 2679°C , с вероятностью такого проявления 27% (рисунок 3), (таблица 1).

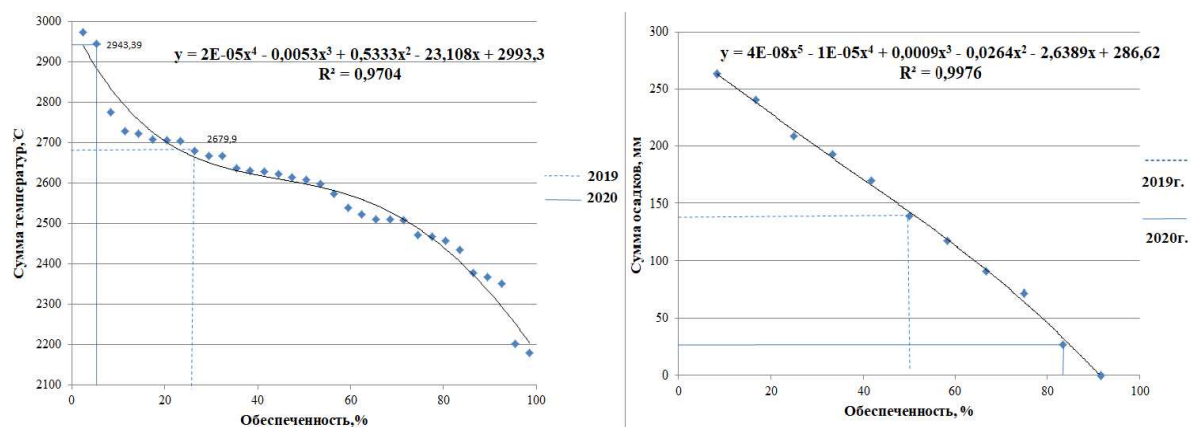


Рисунок 3 – Обеспеченность накопления тепла и осадков
в годы проведения исследований

Figure 3 – Provision of heat and precipitation accumulation in the years of research

Таблица 1 – Погодные условия в годы проведения исследований

Table 1 – Weather conditions in the years of research

Месяцы / Months	Декады / Decades	Осадки, мм / Precipitation, mm		Среднесуточная температура воздуха, °C / Average daily air temperature, °C		Относительная влажность воздуха, средняя, % / Relative air humidity, average, %	
		2019	2020	2019	2020	2019	2020
Май / May	1	14,4	58,3	16,6	18,1	58,2	64,6
	2	7,3	16,0	19,6	14,7	55,7	69,2
	3	7,1	47,6	20,6	17,4	47,4	70,1
Июнь / June	1	0,0	20,5	25,6	23,6	30,3	58,7
	2	15,0	0,0	25,4	28,9	32,5	30,9
	3	0,3	5,1	26,3	25,5	29,2	41,7
Июль / July	1	12,8	6,3	23,7	30,4	37,2	31,9
	2	47,8	0,1	21,2	27,7	58,4	40,7
	3	10,9	0,8	23,7	27,4	53,5	30,7
Август / August	1	1,7	0,5	20,5	25,2	44,8	48,0
	2	0,0	0,3	24,8	23,0	35,9	46,4
	3	0,0	3,0	23,0	23,7	36,9	41,8
Сентябрь / September	1	3,0	0,0	19,5	23,7	37,6	33,7
	2	7,1	2,0	18,1	18,1	41,1	44,4
	3	18,6	0,0	10,5	17,1	57,0	37,8

Динамика поступления тепловых ресурсов отличается в годы исследований (таблица 1). В 2019 г. и 2020 г. нарастание среднесуточных температур воздуха происходило неравномерно. В среднем, за май 2019 года температура воздуха была выше среднемноголетнего уровня на 1,1°C, а вот в 2020 году ее значение стало ниже на 1,1°C. Стоящими внимания превышения среднемесечных показателей температур воздуха за вегетационный период 2020 года были отмечены в июле (+2,8°C) и сентябре (+1,8°C).

Максимальные значения температуры в 2020 году наблюдались в июне (28,9°C) и июле (30,4°C), а самые низкие в мае (14,7°C).

Управляя водным режимом почвы в слое 0,4 м проведением капельного полива в сочетании с внесением удобрений N₂₁₀P₉₅K₂₆₀, нам удалось получить наибольший урожай корнеплодов в 2019 году – 124,5 т/га, в 2020 году – 123,3 т/га.

Разница по вариантам опыта статистически достоверна, что отражено в таблице 2.

При разработке модели формирования урожая моркови методом множественной нелинейной регрессии нами были включены в анализ различные нелинейные преобразования аргументов регрессионной модели. Использован пакет Statistica v.10. Статистическая значимость включаемых в модель линейных и нелинейных компонентов оценена по методу Парето с исключением несущественных компонентов. При этом компоненты, значимость которых, согласно оценкам Парето, несущественна, из модели исключаются.

Учитывая, что данные имеют достаточно выраженный характер распределения по параболе, нами, в зависимости от плотности посева, были выведены 2 уравнения. В качестве исходного уравнения разрабатываемой модели принят полином n-ой степени, где n была принята равной четырем. В ходе расчетов в форму модели были включены только статистически существенные компоненты, и она свелась к уравнению полного полинома второй степени:

$$Y_{C1}=a+b \cdot h+c \cdot NPK+d \cdot h^2+e \cdot NPK^2+f \cdot h \cdot NPK,$$

где Y – урожайность моркови, т/га; NPK – показатель, характеризующий уровень минерального питания моркови, численно равный дозе вносимого минерального азота, - лимитирующего элемента плодородия почвы, кг. д.в./га; h – расчетная глубина проникновения влаги в слои почвы при проведении капельных поливов, сут.

Таблица 2 – Влияние изучаемых факторов на урожайность моркови, т/га, 2019-2020 гг.

Table 2 – The influence of the studied factors on the yield of carrots, t / ha, 2019-2020.

Факторы / Factors			Год исследований / Research year		Среднее / The average
A	B	C	2019	2020	
A1	B1	C1	83,1	80,3	81,70
		C2	87,7	86,4	87,05
	B2	C1	110,6	109,2	109,90
		C2	114,3	112,7	113,50
	B3	C1	111,4	110,2	110,80
		C2	117,8	117,6	117,7
A2	B1	C1	88,5	85,6	87,05
		C2	94,0	89,3	91,65
	B2	C1	114,3	111,2	112,75
		C2	120,2	118,6	119,40
	B3	C1	119,7	117,0	118,35
		C2	124,5	123,3	123,90
A3	B1	C1	103,6	101,7	102,65
		C2	110,4	108,6	109,50
	B2	C1	110,7	109,5	110,00
		C2	118,3	116,3	117,30
	B3	C1	118,1	117,4	117,75
		C2	122,0	120,5	121,75
HCP ₀₅	фактор А		0,86	1,19	
	фактор В		0,86	1,19	
	фактор С		0,70	0,97	
	ABC		2,10	2,91	

На рисунке 4 приведен график поверхности отклика урожайности столовой моркови, построенный в соответствии с приведенным выше уравнением.

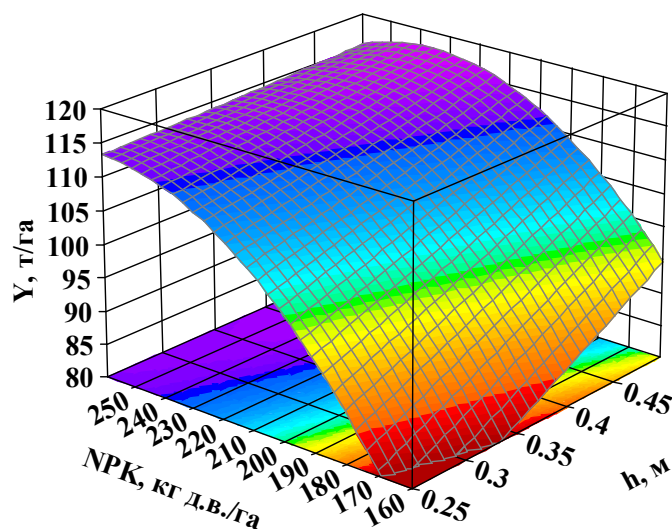


Рисунок 4 – График поверхности отклика урожайности столовой моркови Кордоба F1 в зависимости от уровня минерального питания и условий водообеспечения при капельном поливе (способ посева C1)

Figure 4 – Graph of the response surface of the yield of table carrots Cordoba F1, depending on the level of mineral nutrition and water supply conditions during drip irrigation (method of sowing C1)

Параметры этого уравнения $a = -206,4$, $b = 204,5$, $c = 2,24$, $d = 11,7$, $e = -0,004$, $f = -0,79$, – установлены методом регрессионного анализа. Коэффициент детерминации зависимости $R = 0,93$ характеризует хорошую согласованность теоретической поверхности отклика с опытными данными.

На рисунке 5 представлена график поверхности отклика урожайности столовой моркови в соответствии с уравнением полного полинома второй степени для способа посева C2:

$$Y_{C2} = a + b \cdot h + c \cdot \text{NPK} + d \cdot h^2 + e \cdot \text{NPK}^2 + f \cdot h \cdot \text{NPK},$$

где Y – урожайность моркови, т/га; NPK – показатель, характеризующий уровень минерального питания моркови, численно равный дозе вносимого минерального азота, - лимитирующего элемента плодородия почвы, кг. д.в./га; h – расчетная глубина проникновения влаги в слои почвы при проведении капельных поливов, сут.

Параметры уравнения $a = -233,7$, $b = 277,0$, $c = 2,43$, $d = -5$, $e = -0,004$, $f = -1,07$, - установлены методом регрессионного анализа. Коэффициент детерминации зависимости $R = 0,95$

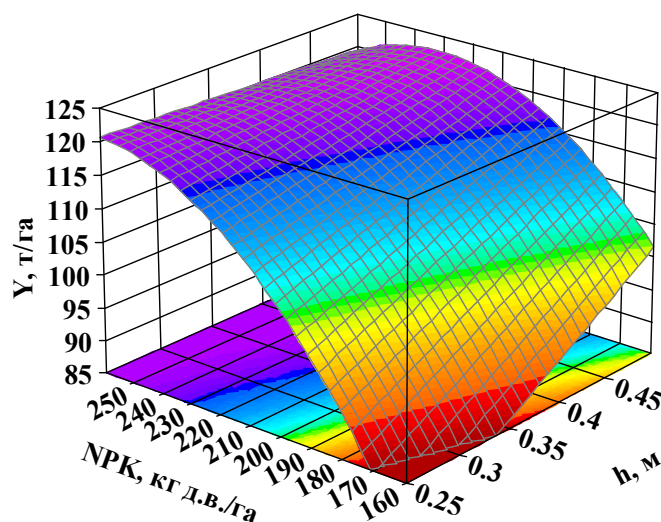


Рисунок 5 – График поверхности отклика урожайности столовой моркови Кордоба F1 в зависимости от уровня минерального питания и условий водообеспечения при капельном поливе (способ посева C2) /

Figure 5 – Graph of the response surface of the yield of table carrots Cordoba F1, depending on the level of mineral nutrition and water supply conditions with drip irrigation (sowing method C2)

Параметры уравнений поверхности отклика по всей совокупности зависимостей урожайности моркови от условий минерального питания и условий водообеспечения приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры уравнений поверхности отклика по группе зависимостей урожайности моркови от условий минерального питания и условий водообеспечения по способам посева

Table 3 – Parameters of the response surface equations according to the group of carrot yield dependences on the conditions of mineral nutrition and water supply conditions according to the sowing methods

Способ посева / Sowing method	Параметры уравнения / Equation parameters						Коэффициент детерминации / Determination coefficient R^2
	a	b (Th)	c (Rd)	d (Th ²)	e (Rd ²)	f (Rd·Th)	
C1	-206,4	204,5	2,24	11,7	-0,004	-0,79	0,93
C2	-233,7	277,0	2,43	-5	-0,004	-1,07	0,95

Выводы. Учитывая типовые особенности почвенного покрова на территории Волгоградской области (преимущественно светло-каштановый тип почв) получение урожая корнеплодов моркови товарного качества находится в прямой зависимости от технологических функций капельного орошения. В первую очередь это дифференцированное регулирование влажности почвы на различной глубине в зависимости от конкретной фазы периода роста растений, подкормка внесение минеральных удобрений на планируемый урожай, плотности посева. Доказано, что при таком способе посева как ленточный, при условии регулирования порога предполивной влажности почвы по представленной схеме (до фазы образования 2 листа - не ниже 70% НВ; последующие периоды вегетации повышение до 80% НВ) в слое 0,4 м на фоне внесения $N_{210}P_{95}K_{260}$ обеспечивает получение в среднем за 2 года исследований до 112,7 т/га корнеплодов моркови.

Дифференцированное распределение посевного материала в ленте с увеличением посевной нормы на 10 % в периферийных группах посевных строк и снижением посевной нормы на 10 % в центре посевной ленты способствует повышению продуктивности посева моркови. Наибольший урожай корнеплодов столовой моркови стандартного качества 123,9 т/га статистически достоверен и получен при обеспечении влажности почвы в слое 0,4 м не ниже 70% НВ до фазы образования 2 листа, далее 80% НВ до конца вегетации на фоне внесения $N_{255}P_{120}K_{330}$.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Джамалетдинова Е. Э. Особенности водосберегающей технологии полива овощных культур на юге России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 4(36). С. 1-16.
2. Балакай Г. Т., Балака Н. И. Методика расчета и корректировки сроков полива сельскохозяйственных культур. 2017. № 1(25). С. 32.
3. Бородычев В. В., Мартынова А. А., Лытов М. Н. Возделывание моркови в условиях орошения: от эксперимента к технологии: монография. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2019. 204 с.
4. Бородычев В. В., Мартова А. А., Сердюкова Т. А. Эффективное сочетание урожайобразующих факторов при капельном орошении столовой моркови // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2015. № 6. С. 42-47.
5. Бородычев В. В., Мартынова А. А. Управление реализацией потенциальной продуктивности моркови // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 1. С. 17-23.
6. Водопотребление и орошение моркови низкоинтенсивными стационарными дождевальными системами / А. С. Овчинников, С. А. Дусарь, В. В. Бородычев, А. А. Мартынова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1(45). С. 9-19.
7. Дубенок Н. Н., Бородычев В. В., Мартынова А. А. Минеральное питание – важный резерв повышения продуктивности посевов моркови при орошении // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 7. С. 24-27.
8. Кизяев Б. М., Бородычев В. В., Мартынова А. А. Современная агротехника возделывания столовой моркови в условиях Волгоградской области // Овощи России. 2020. № 3. С. 51-56.
9. Кулыгин В. А. Влияние уровней минерального питания и увлажнения почв на продуктивность овощных культур и картофеля // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 2(30). С. 131-142.
10. Курбанов С. А., Магомедова Д.С., Курбанова Л. Г. Особенности роста и развития моркови при различных сроках посева в условиях равнинного Дагестана // Овощи России. 2017. № 1 (34). С. 55-58.
11. Новая система капельного орошения / Р. А. Бальбеков, В. В. Бородычев, А. М. Салдаев, А. В. Дементьев, Ю. В. Кузнецов // Мелиорация и водное хозяйство. 2004. № 6. С. 36.

12. Обработка почвы, орошение и удобрение моркови в Нижнем Поволжье / А. С. Овчинников, С. А. Лисиченко, В. В. Бородычев, А. А. Мартынова // Плодородие. 2015. № 3. С. 30-32.
13. Потребность овощных культур в минеральном питании при капельном орошении / В. В. Бородычев, А. И. Болдырь, В. М. Гуренко, О. М. Дмитриенко // Картофель и овощи. 2005. № 8. С. 36.
14. Производство моркови столовой в России / М. В. Шатилов, А. Ф. Разин, О. А. Разин, М. И. Иванова [и др.] // Аграрная Россия. 2020. № 1. С. 21-30.
15. Пчелкин В. В., Владимирова С. О. Режим орошения моркови на дерново-подзолистых почвах водораздельных территорий Московской области // Природообустройство. 2015. № 5. С. 78-82.
16. Федеральная служба государственной статистики. Центральная база статистических данных. Режим доступа: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi#1>
17. Carrot yield and water-use efficiency under different mulching, organic fertilization and irrigation levels / D. F. de Carvalho [et al.] // Revista Brasileira De Engenharia Agricola E Ambiental. 2018. V. 22. № 7. P. 445-450.
18. Longwe B. B., Wali V. B. Accounting for Irrigation Water Savings and Returns in Carrot (*Daucus carota* L.) Grown under Different Drip Irrigation Levels // Indian Journal of Economics and Development. 2016. V. 12. № 4. P. 819-822.
19. Pleskachev Yu. N., Chamurliov O. G., Gubina L. V. Improved technology of carrot cultivation under drip irrigation // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2018. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/improved-technology-of-carrot-cultivation-under-drip-irrigation>.
20. Response of the application of carrot different irrigation / V. J. da Silva [et al.] // Bioscience Journal. 2011. V. 27. № 6. P. 954-963.
21. Yield, water use efficiency, and yield response factor in carrot crop under different irrigation depths / D. F. de Carvalho [et al.] // Ciencia Rural. 2016. V. 46. № 7. P. 1145-1150.

Conclusions. Taking into account the typical features of the soil cover on the territory of the Volgograd region (mainly light chestnut type of soil), the yield of commercial-quality carrot root crops is directly dependent on the technological functions of drip irrigation. First of all, this is a differentiated regulation of soil moisture at different depths depending on the specific phase of the plant growth period, fertilizing the application of mineral fertilizers for the planned crop, sowing density. It is proved that with this method of planting as band, subject to the regulation of pre-irrigation threshold soil moisture based on the specified pattern (up to phase of education 2 sheets - at least 70 % of NV; subsequent periods of vegetation increase up to 80 % NV) in the layer 0.4 m in the background making N₂₁₀P₉₅K₂₆₀ provides average 2 years of research before 112,7 t/ha of root crops of carrots. Differential distribution of seed in the feed with increasing rd sowing norm by 10% in the peripheral groups of crop lines and the reduction of the sowing norm by 10 % in the center of the seed tape increases productivity by sowing carrots. The highest yield of table carrot root crops of standard quality 123.9 t / ha is statistically reliable and obtained when the soil moisture in the 0.4 m layer is not lower than 70 % HB before the 2-leaf formation phase, then 80 % HB until the end of the growing season against the background of N₂₅₅P₁₂₀K₃₃₀ application.

References

1. Ahmedov A. D., Dzhamaletdinova E. Je. Osobennosti vodosberegayushej tehnologii poliva ovoschnyh kul'tur na yuge Rossii // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2019. № 4(36). P. 1-16.
2. Balakaj G. T., Balaka N. I. Metodika rascheta i korrektirovki srokov poliva sel'skohozyajstvennyh kul'tur. 2017. № 1(25). P. 32.
3. Boroodychev V. V., Martynova A. A., Lytov M. N. Vozdelyvanie morkovi v usloviyah orosheniya: ot jeksperimenta k tehnologii: monografiya. Volgograd: FGBOU VO Volgogradskij GAU, 2019. 204 p.

4. Borodychev V. V., Martova A. A., Serdyukova T. A. }ffektivnoe sochetanie urozhaeobrazuyuschih faktorov pri kapel'nom oroshenii stolovoj morkovi // Ovoschevodstvo i teplichnoe hozyajstvo. 2015. № 6. P. 42-47.
5. Borodychev V. V., Martynova A. A. Upravlenie realizaciej potencial'noj produktivnosti morkovi // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2011. № 1. P. 17-23.
6. Vodopotreblenie i oroshenie morkovi nizkointensivnymi stacionarnymi dozhdeval'nymi sistemami / A. S. Ovchinnikov, S. A. Duser', V. V. Borodychev, A. A. Martynova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 1(45). P. 9-19.
7. Dubenok N. N., Borodychev V. V., Martynova A. A. Mineral'noe pitanie - vazhnyj rezerv povysheniya produktivnosti posevov morkovi pri oroshenii // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2010. № 7. P. 24-27.
8. Kizyaev B. M., Borodychev V. V., Martynova A. A. Sovremennaya agrotehnika vozde-lyvaniya stolovoj morkovi v usloviyah Volgogradskoj oblasti // Ovoschi Rossii. 2020. № 3. P. 51-56.
9. Kulygin V. A. Vliyanie urovnej mineral'nogo pitaniya i uvlazhneniya pochv na produk-tivnost' ovoschnyh kul'tur i kartofelya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2018. № 2(30). P. 131-142.
10. Kurbanov S. A., Magomedova D. S., Kurbanova L. G. Osobennosti rosta i razvitiya morkovi pri razlichnyh srokah poseva v usloviyah ravninnogo Dagestana // Ovoschi Rossii. 2017. № 1 (34). P. 55-58.
11. Novaya sistema kapel'nogo orosheniya / R. A. Bal'bekov, V. V. Borodychev, A. M. Sal-daev, A. V. Dement'ev, Yu. V. Kuznecov // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2004. № 6. P. 36.
12. Obrabotka pochvy, oroshenie i udobrenie morkovi v Nizhnem Povolzh'e / A. S. Ovchinni-kov, S. A. Lisichenko, V. V. Borodychev, A. A. Martynova // Plodorodie. 2015. № 3. P. 30-32.
13. Potrebnost' ovoschnyh kul'tur v mineral'nom pitanii pri kapel'nom oroshenii / V. V. Bo-rodychiev, A. I. Boldyr', V. M. Gurenko, O. M. Dmitrienko // Kartofel' i ovoschi. 2005. № 8. P. 36.
14. Proizvodstvo morkovi stolovoj v Rossii / M. V. Shatilov, A. F. Razin, O. A. Razin, M. I. Ivanova [i dr.] // Agrarnaya Rossiya. 2020. № 1. P. 21-30.
15. Pchelkin V. V., Vladmirov S. O. Rezhim orosheniya morkovi na dernovo-podzolistyh pochvah vodorazdel'nyh territorij Moskovskoj oblasti // Prirodoobustrojstvo. 2015. № 5. P. 78-82.
16. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki. Central'naya baza statisticheskikh dannyh. Rezhim dostupa: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst18/DBInet.cgi#1>
17. Carrot yield and water-use efficiency under different mulching, organic fertilization and ir-rigation levels / D. F. de Carvalho [et al.] // Revista Brasileira De Engenharia Agricola E Ambiental. 2018. V. 22. № 7. P. 445-450.
18. Longwe B. B., Wali V. B. Accounting for Irrigation Water Savings and Returns in Carrot (*Daucus carota* L.) Grown under Different Drip Irrigation Levels // Indian Journal of Economics and Development. 2016. V. 12. № 4. P. 819-822.
19. Pleskachev Yu. N., Chamurliev O. G., Gubina L. V. Improved technology of carrot culti-vation under drip irrigation // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2018. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/improved-technology-of-carrot-cultivation-under-drip-irrigation>.
20. Response of the application of carrot different irrigaion / V. J. da Silva [et al.] // Biosci-ence Journal. 2011. V. 27. № 6. P. 954-963.
21. Yield, water use efficiency, and yield response factor in carrot crop under different irriga-tion depths / D. F. de Carvalho [et al.] // Ciencia Rural. 2016. V. 46. № 7. P. 1145-1150.

Информация об авторах

Nikolai Nikolayevich Dubenok, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural Reclamation, Forestry and Land Management, Russian State Agrarian Univer-sity - Moscow Agricultural Academy. K. A. Timiryazeva (Russian Federation, 127550 Moscow, Timirya-zevskaya str., 49), Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: [https // orcid org / 0000-0002-9059-9023](https://orcid.org/0000-0002-9059-9023), phone 89857544488 email: [ndubenok @ rgau-msha .ru](mailto:ndubenok@rgau-msha.ru).

Shumakova Raisa Ivanovna, full-time postgraduate student of the Department of Agricultural Reclamation, Forestry and Land Management, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazeva (Russian Federation, 127550 Moscow, Timiryazevskaya str., 49), phone 89053981105, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408> email: raja14-1@mail.ru.

Martynova Anna Alekseevna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Volgograd Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after V.I. A.N. Kostyakova, Volgograd, st. Timiryazeva, 9, office 36. phone 89093745458, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7050-6398> e-mail: anny-ma@yandex.ru

Информация об авторах

Дубенок Николай Николаевич, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства» Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева (РФ, 127550. г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: номер <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>, т. 89857544488 э/п ndubenok@rgau-msha.ru.

Шумакова Раиса Ивановна, аспирант очного обучения кафедры «Сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства» Российского государственного аграрного университета – Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева (РФ, 127550. г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), т. 89053981105, ORCID номер <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408> э/п raja14-1@mail.ru.

Мартынова Анна Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Волгоградского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д.9 оф.36. т.89093745458, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7050-6398> e-mail anny-ma@yandex.ru

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

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF RECLAMATION PROTECTIVE PLANTS ON SEMI-DESERT PASTURES

K.N. Kulik¹, G.K. Bulakhtina², N.A. Tyutyuma^{1,2}

¹*Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Russia*

²*Federal Public Budget Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region, Russia*

Received 16.10.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

The article presents comparative studies of two types of protective pasture plantations from tamarix and teresken. According to the results, it was revealed that tamarix, as a higher shrub, better protects pasture from dry winds and retains moisture in the soil than teresken, but having a lot of salt in its leaves, is a poorly eaten plant and negatively affects the creation of humus in the soil.

Abstract

Introduction. The most profitable and nature-saving method of combating the degradation of used lands is protective afforestation. It is necessary to increase the viability and durability of protective plantings by introducing ecotypes of forms and individuals adapted to the regional natural and ecological situation. The introduction of shrubs that are resistant to drought and soil salinity will extend the life of these plantations, since the shrub form of life is more adapted to survive in extreme conditions.

The objects of study are protective plantations from Teresken gray and Tamariks multibranched with adjacent semi-desert pastures. **Materials and methods.** The study region is the arid zone of the right bank of the Volga of the Astrakhan region, two plots of old-plowed lands (1990) with crops in 2008 of pasture protective plantations from teresken (plot No. 1) and tamariks (plot No. 2). The research was carried out according to the accepted methods of the All-Russian Scientific Research Institute of Agroforestry. **Results and conclusions.** The results obtained in the course of the study made it possible to assert that the range of

influence of protective plantations of tamariks on the speed of the wind flow is 5 times greater than that of teresken from the windward side, and 15 times from the leeward side, since the height of these stands is 2.5 times greater. Also, these plantations have a different range of influence on the amount of productive moisture in the soil, including tamarix from April to July - up to 10 m, in August - up to 5 m, and teresken - only in April at a distance of 4 m from them, and in July - up to 2m. Depending on the type of plantings, the accumulation of humus in the protective zones also occurred: in teresken, the highest indicator (1.37%) was noted in the plantings themselves, and in tamarix (2.2%) - at a distance of 10 m from them, which indicates the possible effect of salts that make up the leaves-twigs on soil fertility. On pasture productivity, the range of influence of tamarix was 3 times higher than teresken.

Key words: *protective plantings, arid pastures, wind regime, soil fertility, shrubs.*

Citation. Kulik K.N., Bulakhtina G.K., Tyutyuma N.A. Comparative characteristic of reclamation protective plants on semi-desert pastures. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 39-47 (in Russian). DOI: DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-03.

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

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

УДК 631.6.02

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕЛИОРАТИВНЫХ ЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ПОЛУПУСТЫННЫХ ПАСТИЩАХ

К. Н. Кулик¹, академик РАН, главный научный сотрудник

Г. К. Булахтина², кандидат сельскохозяйственных наук

Н. А. Тютюма^{1,2}, аспирант

¹ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград

²ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»,
с. Солёное Займище, Астраханская область, Россия

Дата поступления в редакцию 16.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Наиболее эффективный и природосберегающий метод борьбы с деградацией используемых земель – защитное лесоразведение. Повышение жизнеспособности и долговечности защитных насаждений на аридных пастбищах осуществляется путем введения экотипов форм и особей, адаптированных к региональной природно-экологической обстановке и устойчивых к засухе и засолению почвы. Кустарниковая форма жизни растений более приспособлена для выживания в экстремальных условиях, таким образом появляется возможность продления жизни насаждений. **Объекты исследования** – защитные насаждения из Терескена серого и Тамарикса многоветвистого с прилегающими полупустынными пастбищами на правом берегу Волги Астраханской области. **Материалы и методы.** Исследования проводились на двух участках старопаханных земель (1990 г.) с посевами в 2008 году пастбищных защитных насаждений из терескена (участок № 1) и тамарикса (участок № 2). Исследования проводились по принятым методикам ВНИАЛМИ. **Результаты и выводы.** Полученные в процессе исследования результаты дали возможность утверждать, что дальность влияния защитных насаждений тамарикса на скорость ветрового потока больше, чем терескена с наветренной стороны в 5 раз, а с подветренной – в 15 раз, так как высота этих насаждений в 2,5 раза больше. Также эти насаждения оказывают различную дальность влияния на величину продуктивной влаги в почве, в том числе тамарикса, с апреля по июль – до 10 м, в августе – до 5 м, а терескена – только в апреле на расстоянии до 4 м от них и в июле – до 2 м. В зависимости от вида насаждений произошло и накопление гумуса в защитных полосах: у терескена наибольший показатель (1,37 %) отмечен в самих посадках, а у тамарикса (2,2 %) – на расстоянии 10 м от них, что говорит о возможном влиянии солей, входящих в состав листьев-веточек на почвенное плодородие. На урожайность пастбищ дальность влияния тамарикса была выше терескена в 3 раза.

Ключевые слова: *мелиоративные защитные насаждения, аридные пастбища, полупустынные пастбища, почвенное плодородие, защитное лесоразведение.*

Цитирование. Кулик К. Н., Булахтина Г. К., Тютюма Н. А. Сравнительная характеристика мелиоративных защитных насаждений на полупустынных пастбищах. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 39-47. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-03.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Природные экосистемы, используемые интенсивно, но без оглядки на определенные законы их восстановления, приходят в состояние не только глубокой деградации, но и экологического кризиса [3].

Так, деградация растительного покрова только в Калмыкии и Астраханской области составляет более 60 тысяч км² [5].

Неистощительное и рациональное землепользование с сохранением и увеличением почвенного плодородия – главная задача современных производителей сельскохозяйственной продукции [7, 13].

Учеными всего мира признан наиболее выгодный и природосберегающий метод борьбы с деградацией используемых земель – защитное лесоразведение [4, 8, 10, 11].

Основная масса защитных лесных насаждений (ЗЛН) создавалась в советский послевоенный период (50-80-е годы). Однако современное их состояние неоднородно [12].

Значительные площади ЗЛН требуют улучшения, насаждения страдают от пожаров, инфекционных болезней, вредителей и отсутствия агротехнических мероприятий. Необходимо повысить жизнеспособность и долговечность ЗЛН путем внедрения экотипов форм и особей, адаптированных к региональной природно-экологической обстановке. Введение засухо- и солеустойчивых кустарников позволит продлить жизнь ЗЛН, так как кустарниковая форма жизни более приспособлена для выживания в экстремальных условиях [6].

Цель нашей работы – сравнительное исследование защитных насаждений из Терескена серого и Тамарикса многоветвистого в полупустынных пастбищах юга России.

Материалы и методы. Исследования проводились в аридном районе Астраханской области на двух участках старопаханных земель (1990 г.) с посевами в 2008 году пастбищных защитных насаждений из терескена серого (участок № 1) и тамарикса многоветвистого (участок № 2). Рельеф участков выровненный с микрозападинами (5-10 %). Защитные полосы имеют направление север-юг, т.е. перпендикулярно по отношению к господствующим в этом регионе ветрам. Контрольный участок – залежные земли без кустарниковых кулис. Пастбищный фитоценоз представлен эфемерово-однолетниковыми ассоциациями (мятлик луковичный, мортук восточный, рогач песчаный, клоповник мусорный, пастушья сумка, дискурения софьи, бурачок пустынный, седобассия очитковидная), ковыль Лессинга.

Для исследования мелиоративного влияния защитных полос использовали общепринятые в агролесомелиорации методики Иванова А. Л. и Кулика К. Н. (2006) [1], Танюкевича В.В. (2014) [9], Дубенка Н.Н. (2016) [2].

Результаты и обсуждение. Регион исследования отличается большой интенсивностью солнечной радиации, которая определяет основные черты климата (воздушная и почвенная засуха). Исследования климатических условий роста и развития кустарниковых кулис показали, что среднемесячная температура воздуха увеличилась в

сравнении со среднемноголетними показателями на 2^0 , а осадков уменьшилось на 86 мм. Особенно отчетливо такая тенденция прослеживалась в весенний период начала и летний период активной вегетации растительности полупустынной степи.

Используя ГОСТ 26462-85 (Агролесомелиорация), конструкции исследуемых кустарниковых кулис мы определили как ажурные. Средняя высота кустарников тамарикса составляет 2,5 м, терескена – 1 м.

Эффективность лесных полос измеряется дальностью влияния и степенью снижения скорости ветра. Измерение дальности влияния ЗЛН производилось в Н – высоте насаждения. В наших исследованиях применялся анемометр чашечный МС-13 (ГОСТ 6376-74), подбирались дни с перпендикулярным к ЗЛН направлением ветра. Расчет велся в относительном показателе V_i/V_k , где V_i – скорость ветра в i -той точке (м/с); V_k – скорость ветра на контроле (м/с). При этом крыльчатки анемометра размещались на высоте кратной 0,1Н (Ивонин В. М., 2003).

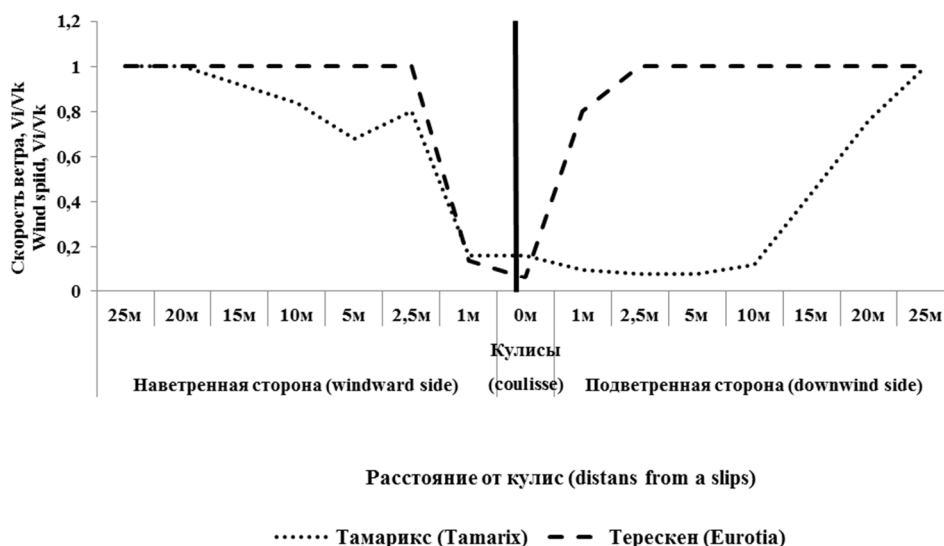


Рисунок – Влияние различных по составу защитных насаждений на ветровой режим пастбища

Figure – Effect of protective plantations different in composition on wind mode of pasture

По результатам исследования было выявлено, что тамариковые ЗЛН оказывают влияние на скорость ветрового потока на межполосном пастбище в пределах 10Н (25 м) с обеих сторон от кулис, однако существенным это влияние можно признать только до 10 м с наветренной и до 15 м с подветренной стороны (разность с контролем больше НСР₀₅). Кулисы терескена имеют очень неглубокие наветренный и заветренный шлейфы. Так существенное мелиоративное влияние эти кулисы оказывают на пастбище с наветренной стороны до 2 м, а с подветренной – до 1 м (рисунок).

Микроклимат в системе ЗЛН меняется в связи с уменьшением скорости ветрового режима и турбулентного обмена, поэтому температура воздуха здесь бывает выше на 1-2 °С, чем в открытой степи [9]. В результате этого идет и неравномерное распределение запаса почвенной влаги (таблица 1).

Результаты показали, что защитные полосы тамарикса имели достоверное влияние на величину продуктивной влаги в почве с апреля по июль – до 4Н (10 м), а в августе – до 2Н (5 м), а терескена – только в апреле на расстоянии до 4Н (4 м) от них (разность больше НСР), и в июле – до 2Н (2 м).

Таблица 1 – Влияние различных защитных насаждений на наличие продуктивной влаги (мм) в слое почвы 0-50 см на прилегающем пастбище, средние данные за 2017-2020 гг.

Table 1 – Effect of various protective plantations on the presence of productive moisture (mm) in the soil layer 0-50 cm in the adjacent pasture, average data for 2017-2020.

Месяц / month	Удаленность от насаждений тамарикса, м / Distance from tamarix links, m						Контроль / control	НСР ₀₅
	0	2,5	5	10	15	20		
Апрель / April	62,6	61,3	45,6	38,5	20,2	20,0	20,3	2,3
Разница с контролем / Difference with control	42,3	41,0	25,3	18,2	0,1	0,3	-	
Май / May	15,4	12,0	4,7	4,0	2,0	1,5	1,8	1,1
Разница с контролем / Difference with control	13,6	10,2	2,9	2,2	0,2	0,3	-	
Июнь / June	14,5	13,8	10,4	6,7	0	0	0	0,9
Разница с контролем / Difference with control	1405	13,8	10,4	6,7	-	-	-	
Июль / July	51,2	50,0	35,5	19,8	13,6	13,0	13,5	1,2
Разница с контролем / Difference with control	37,7	36,5	22,0	6,3	0,1	0,5	-	
Август / August	10,2	7,4	2,5	0	0	0	0	0,4
Разница с контролем / Difference with control	10,2	7,4	2,5	-	-	-	-	
Удаленность от насаждений терескена, м/ Distance from teresken links, m								
	0	1	2	4	6			
Апрель / April	32,9	30,8	23,4	18,1	15,0		15,2	2,4
Разница с контролем / Difference with control	17,7	15,6	8,2	2,9	0,2		-	
Май / May	0	0	0	0	0		0	
Июнь / June	0	0	0	0	0		0	
Июль / July	22,1	19,5	15,2	10,1	8,0		8,3	2,5
Разница с контролем / Difference with control	13,8	11,2	6,9	1,8	0,3		-	
Август / August	0	0	0	0	0		0	

Под лесными полосами происходит накопление гумуса, улучшение физико-химических свойств почв, улучшение почвообразовательного процесса в целом. Накопление гумуса возможно за счет лучшего развития растений и поступления в почву большего количества органического вещества. В результате улучшения экологического режима происходит активизация биологических процессов в почве (Танюкевич В. В. (2014). Нами было изучено влияние кустарниковых защитных полос на основные почвенные показатели (таблица 2).

Результаты анализа выявили, что защитные полосы терескена оказывают достоверное благотворное влияние на накопление гумуса, а также на наличие в почве легкогидролизуемого азота и подвижного фосфора, т.к. наибольшие показатели разности с контролем отмечены в пределах 0-2 м от кулис. На участке с тамариксом была отмечена обратная зависимость величины показателей гумуса и легкогидролизуемого азота от удаленности. Так, с увеличением расстояния от кулис отмечается увеличение этих показателей (таблица 2). Возможно, на такие результаты повлияло наличие в составе листовых тамарикса большого количества соли. По данным ученых-почвоведов Т. В. Афанасьевой, В. И. Василенко, Т. В. Терешинной, гумус обладает свойством связывать химические вещества, такие как соли тяжелых металлов, радионуклиды, ароматические углеводы и другие. Это главное защитное или экологическое его свойство. Связанные

таким образом, они «консервируются» и не попадают в организмы живых существ и человека (Афанасьева, 1979). Количество подвижного фосфора в почве в варианте с тамариксом так же, как и в варианте с терескеном, уменьшается при удалении от кулис.

Таблица 2 – Влияние защитных насаждений на изменение основных показателей почвенного плодородия

Table 2 – Effect of protective plantations on change of main indicators of soil fertility

Показатель / indicator	Виды кустарниковых защитных полос / Species of bush protective stripes									
	Тамарикс / Tamarix					Терескен / Teresken				
	Расстояние от насаждений, м / Distance from plantings, m									
	0	2,5	5	10	Контр. / control	0	1	2	3	Контр. / control
Гумус / humus , %	1,59	1,37	1,72	2,20	1,15	1,37	1,27	1,15	1,06	0,86
Разность с контролем / Difference with control	0,44	0,22	0,57	1,05	-	0,51	0,41	0,29	0,2	-
НСП ₀₅	0,17					0,10				
Азот легкогидролизу- емый/ Easily hydrolyzable nitrogen, Мг/кг, Mg/kg	35,0	36,4	37,8	46,2	21,0	30,8	29,4	25,2	23,8	22,4
Разность с контролем / Difference with control	14	15,4	16,8	25,2	-	8,4	7	2,8	1,4	-
НСП ₀₅	1,82					0,65				
Подвижный фосфор / Mobile phosphorus Мг/кг, Mg/kg	89,6	64,4	63,3	61,6	29,1	61,3	58,2	46,0	30,6	21,5
Разность с контролем / Difference with control	60,5	35,3	34,2	32,5	-	39,8	36,7	24,5	9,1	-
НСП ₀₅	0,67					0,42				

Урожайность прилегающих к ЗЛН пастбищ определяли в период наиболее активной вегетации раннеспелых (май-июнь) и позднеспелых (август-сентябрь) трав с участием кулисных кустарников (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние различных защитных насаждений на урожайность (среднее за 2017-2020гг, т/га сухого вещества) пастбищного фитоценоза

Table 3 – Effect of various protective plantations on the yield (average for 2017-2020, t/ha dry matter) of pasture phytocenosis

Виды кустарника / Shrub species	Расстояние от насаждений, м / Distance from plantings, m				
	0	2,5	5	10-15	Контроль / control
Тамарикс / Tamarix	1,45	0,95	0,73	0,64	0,62
Разность с контролем / Difference with control	0,83	0,33	0,11	0,02	0
НСП ₀₅	0,02				
Терескен / Teresken	0	1	2-3	4-6	Контроль / control
	1,35	0,50	0,48	0,33	0,30
Разность с контролем / Difference with control	1,05	0,20	0,18	0,03	0
НСП ₀₅	0,03				

Исследование урожайности показало, что защитные насаждения тамарикса имеют зону существенного влияния на этот показатель до 10 м (4Н), т.к. разность превышает НСП. Тамарикс является в период вегетации непоедаемым растением. Но мы включили его биомассу в общую урожайность, так как поздней осенью и зимой сухие

листоветочки достаточно хорошо поедаются всеми видами скота. На участках с кулисами терескена зона достоверного влияния не превысила 3 м. Такой результат на пастбище с терескеном объясняется тем, что кустарник расселился именно в этих границах и добавил хорошо поедаемой кормовой массы в показатель урожайности.

Выводы. Полученные в процессе исследования результаты дали возможность утверждать, что дальность влияния ЗЛН тамарикса на скорость ветрового потока больше, чем терескена с наветренной стороны в 5 раз, а с подветренной – в 15 раз, так как высота этих насаждений в 2,5 раза больше. Также эти насаждения оказывают различную дальность влияния и на величину продуктивной влаги в почве, в том числе тамарикса с апреля по июль – до 10 м, в августе – до 5 м, а терескена – только в апреле на расстоянии до 4 м от них, и в июле – до 2 м. В зависимости от вида насаждений произошло и накопление гумуса в защитных полосах: у терескена наибольший показатель (1,37 %) отмечен в самих посадках, а у тамарикса (2,2 %) – на расстоянии 10 м от них, что говорит о возможном влиянии солей, входящих в состав листоветочек, на почвенное плодородие. На урожайность пастбищ дальность влияния тамарикса была выше терескена в 3 раза.

Библиографический список

1. Агролесомелиорация / под ред. академиков РАСХН А. Л. Иванова и К. Н. Кулика; ВНИАЛМИ. – Изд. 5-е перераб. и доп. – Волгоград. 2006. – 746 с.
2. Дубенок Н. Н., Танюкевич В. В., Журавлева А. В. Мелиоративное влияние и фитонасыщенность сосновых полезащитных насаждений // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 4. С. 14-16.
3. К вопросу о состоянии защитного лесоразведения в Волгоградской области / К. Н. Кулик, А. С. Манаенков, А. Н. Салугин, А. Н. Кузенко // Известия НВ АУК. 2020. № 1(57). С. 23-33.
4. Кулик К. Н. Защитное лесоразведение и агролесомелиорация в России: начало нового этапа // Агроэкология, мелиорация и защитное лесоразведение: материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 18-20 октября 2018 г. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. С. 6-10.
5. Кулик К. Н. Геоинформационный анализ очагов опустынивания на территории Астраханской области // Аридные экосистемы. 2013.-Т. 19. № 3(56). С. 87-94.
6. Манаенков А. С. Развитие основ степного и защитного лесоразведения: теоретические, прикладные аспекты и задачи в современных условиях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 2 (30). С. 5-23.
7. Моделирование процессов противозерозионного земледелия и агролесомелиорации / А. В. Панфилов, П. Н. Проездов, А. В. Розанов, А. В. Карпушкин // Аграрный научный журнал. 2017. № 9. С. 19-23.
8. Опыт и стратегия защитного лесоразведения в Правобережье среднего Дона Волгоградской области / А. Т. Барабанов, А. С. Манаенков, А. И. Узолин, А. В. Кулик // Нива Поволжья. 2017. № 4 (45). С. 17-23.
9. Танюкевич В. В., Ивонин В. М. Фитонасыщенность полезащитных лесных полос как фактор их мелиоративного влияния // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. Новочеркасск: РосНИИМП, 2014. № 2 (14). С. 25-41.
10. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics / S. T. Zhang, J. Z. Zhang, Y. Liu, Y. C. Liu // Hydrology research. 2018. Vol. 49. Iss. 6. P. 1991-2001.
11. Kulik K. N., Rulev A. S., Sazhin A. N. Global processes of deflation in steppe ecosystems // Russian Meteorology and Hydrology. 2018. N. 43(9). P. 607-612.
12. Kulik K. N., Pugacheva A. M. The structure of plant communities of fallow land in the system of protective forest plantations in dry steppes // Arid Ecosystems. 2016. N. 6(1). P. 63-69.
13. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // Agriculture. 2013. № 3(3). P. 443-463.

Conclusions. The results obtained during the study made it possible to argue that the range of influence of tamarix protective plantations on the speed of wind flow is more than 5 times, and from the leeward side by 15 times, since the height of these plantations is 2.5 times larger. Also, these plantings have different ranges of influence on the value of productive moisture in the soil, including tamarix from April to July - up to 10 m, in August - up to 5 m, and *teresken* - only in April at a distance of up to 4 m from them, and in July - up to 2 m. Depending on the type of plantations, the accumulation of humus in protective stripes also occurred: *teresken* has a larger indicator (1.37%) - in the plantings themselves, and tamarix (2.2%) - at a distance of 10 m from them, which indicates the possible influence of the salts included in the leaflets on soil fertility. On the yield of pastures, the range of influence of tamarix was 3 times higher than *teresken*.

Reference

1. Agrolesomeliaciya / pod red. akademikov RASXN A. L. Ivanova i K. N. Kulika; VNIALMI. – Izd. 5-e pererab. i dop. - Volgograd. 2006. - 746 p.
2. Dubenok N. N., Tanyukevich V. V., Zhuravleva A. V. Reclamation influence and phytosaturation of pine field-protective plantings // Land reclamation and water management. 2016. No. 4. P. 14-16.
3. To the question of the state of protective forestry in the Volgograd region / K. N. Kulik, A. S. Manaenkov, A. N. Salugin, F. N. Kuzenko // Izvestia NV AUK. 2020. N. 1(57). P. 23-33.
4. Kulik K. N. Protective forestry and agroforestry in Russia: the beginning of a new stage // Agroecology, reclamation and protective forestry: materials of the International Scientific and Practical Conference, Volgograd, October 18-20, 2018 Volgograd: FSC Agroecology RAS, 2018. P. 6-10.
5. Kulik K. N. Geoinformational analysis of desertification centers in the Astrakhan region // Arid ecosystems. 2013. V. 19. No. 3 (56). P. 87-94.
6. Manaenkov A. S. Development of the foundations of steppe and protective forestry: theoretical, applied aspects and problems in modern conditions // Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Environmental management. 2016. № 2 (30). P. 5-23.
7. Modeling of the processes of erosion agriculture and agroforestry / A. V. Panfilov, P. N. Passage, A. V. Rozanov, A. V. Karpushkin // Agrarian Scientific Journal. 2017. No. 9. P. 19-23.
8. Experience and Strategy of Protective Forestry in the Pravoberezhye of the Middle Don of the Volgograd Region / A. T. Barabanov, A. S. Manafort, A. I. Uzun, A. V. Kulik // Niwa Volga Region. 2017. № 4 (45). P. 17-23.
9. Tanyukevich V. V., Ivonin V. M. Fitonasaturation of field-protective forest strips as a factor in their reclamation influence // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Reclamation Problems. Novocherkassk: RosNIIMP, 2014. No. 2 (14). P. 25-41.
10. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics / S. T. Zhang, J. Z. Zhang, Y. Liu, Y. C. Liu // Hydrology research. 2018. Vol. 49. Iss. 6. P. 1991-2001.
11. Kulik K. N., Rulev A. S., Sazhin A. N. Global processes of deflation in steppe ecosystems // Russian Meteorology and Hydrology. 2018. N. 43(9). P. 607-612.
12. Kulik K. N., Pugacheva A. M. The structure of plant communities of fallow land in the system of protective forest plantations in dry steppes // Arid Ecosystems. 2016. N. 6(1). P. 63-69.
13. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // Agriculture. 2013. № 3(3). P. 443-463.

Authors Information

Kulik Konstantin Nikolaevich, Chief Researcher at the Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes and Adaptive Nature Management of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (97, University of Volgograd, Volgograd, Russia), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7124-8116>. E-mail: kulikkn@yandex.ru

Bulakhtina Galina Konstantinovna, Head 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 Solenoye Zaimishche, Severny block, house 8), candidate of agricultural sciences, bulakht@mail.ru, tel. 89275532822, ORCID -0000-0001-8949-8666; SPIN code 4070-8492.

Tyutyuma Nikita Andreevich, graduate student in the field of training 35.06.02 "Forestry," profile "Agroforestry, protective forestry and landscaping of settlements, forest fires and the fight against them" of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (97, University of Volgograd, Volgograd, Russia). Junior researcher FSBSI "Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoye Zaimishche, Severny block, house 8), tel. 89376930675.

Информация об авторах

Кулик Константин Николаевич, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7124-8116>. E-mail: kulikn@yandex.ru

Булахтина Галина Константиновна, заведующий отделом рационального природопользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), кандидат сельскохозяйственных наук, gbulaht@mail.ru, тел. 89275532822, ORCID 0000-0001-8949-8666; SPIN-код 4070-8492.

Тютюма Никита Андреевич, аспирант по направлению подготовки 35.06.02 «Лесное хозяйство», профиль «Агролесомелиорация, защитное лесоразведение и озеленение населенных пунктов, лесные пожары и борьба с ними» ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97). Младший научный сотрудник ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8). Тел. 89376930675.

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

THEORETICAL JUSTIFICATION OF AGRICULTURAL FORESTRY OF ADAPTIVE LANDSCAPE DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL LANDS (on the example of Limited Liability Company «Bolshoi Moretz» Elansky district of the Volgograd region)

A.T. Barabanov, A.V. Kulik

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

Received 17.08.2020

Submitted 25.11.2020

Summary

The article discusses the basic principles of adaptive landscape farming, which is based on an ecological framework of protective forest stands. The main stages of agroforestry development of the territory and creation of flow-regulating forest strips at the current level of knowledge about the patterns of formation of surface runoff of melt water are presented on the example of the pilot site.

Abstract

Introduction. To solve the problem of protecting lands from degradation, it is necessary to implement the principles of adaptive landscape agriculture, which allow regulating surface runoff, improving the water regime of soils, microclimatic conditions, suppressing erosion processes, and increasing the ecological and biological diversity of agroforestry landscapes. Our long-term studies of the erosion-hydrological process and the generalization of numerous literature data allowed us to establish the features of the formation of surface runoff and erosion processes, as well as to identify their regularities. Assessment of the impact of natural and anthropogenic factors and the effectiveness of runoff-regulating and anti-erosion measures made it possible to develop a system for managing degradation processes caused by water erosion of soils. Due to the fact that natural factors play a primary role in the formation of runoff, it is necessary to know the degree of anthropogenic impact on them for its regulation. The stock-regulating forest belts most effectively influence the natural factors of runoff through the functions of snow distribution, which, first of all, must be influenced taking into account the existing knowledge of the laws of snow deposition. The resulting developments formed the basis for the creation of a system of adaptive landscape farming, the basis of which is the

soil protection organization of the territory and the agroforestry ecological frame. **Materials and methods.** Based on the generalization of long-term fundamental knowledge about the erosion-hydrological process and the formulated basic principles of adaptive landscape agriculture, a project was created for the arrangement of an experimental site located in the steppe zone on the southern chernozems of the northern part of the Volgograd region. The design was carried out using the topographic base M 1: 25000, satellite images, SRTM digital elevation model in Surfer and Global Mapper programs. **Results and conclusion.** The research was carried out on a site located in the north of the Volgograd region, within the boundaries of southern chernozems. The assessment of the territory using satellite images showed that, despite the small steepness of the slopes, the site is prone to erosion processes. The forming surface runoff leads to the formation of hollows and losses of soil fertility, which is compensated for by the costs of subsequent fertilization. The length of the slope from the watershed exceeds 3 km, which affects the intensity of soil degradation as a result of the removal of fine earth. Splitting the drain line into shorter sections will reduce losses. During agricultural use, in the spring, there is an alternation of different agrophones in the fields (plow - compacted arable land), therefore, in order to prevent the risk of the formation of surface melt water runoff, the most effective distance between erosion control lines under these conditions is 500 m. contributing to the absorption of up to 400 mm of melt water, as well as carrying out mechanized soil maintenance. The most effective design of forest belts, providing optimal snow accumulation in the field and inside the plantation, as well as reducing the flow of melt water is the combined one (patent 2248116). It is a four-row forest belt, in which the outer rows are represented by shrubs, and the two middle rows are tree species. The tracing of forest belts was carried out across the slope. When designing them, the main species were recommended - red oak (or pedunculate) and green ash. They are distinguished by high stability, relative durability, and optimal aerodynamic properties. Shrubs (Douglas spirea and Japanese quince) were introduced to improve the efficiency of snow deposition. In all cases, the planting is ordinary; the distance in a row between trees is 1.5 m with alternating staggered oak and ash. 1.5m wide beads are created along the top and bottom rows. In the spring of 2018, stock-regulating forest belts were planted in accordance with the developed project. All the necessary cares were carried out during the year. An important link in the general network of agrotechnical methods is tillage, on which the quality of silvicultural work, survival, growth and further development of cultures.

Key words: *runoff-regulating forest belts, erosion, deflation, slope, runoff, washout.*

Citation. Barabanov A.T., Kulik A.V. Theoretical justification of agricultural forestry of adaptive landscape development of agricultural lands (on the example of Limited Liability Company «Bolshoi Moretz» Elansky district of the Volgograd region). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 47-59 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-04.

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 634.93:551.4

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО ОБУСТРОЙСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ (на примере ООО «Большой Морец» Еланского района Волгоградской области)

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

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

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

Дата поступления в редакцию 17.08.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Актуальность. Для решения задачи защиты земель от деградации необходима реализация принципов адаптивно-ландшафтного земледелия, позволяющих зарегулировать поверхностный сток, улучшить водный режим почв, микроклиматические условия, подавить эрозионные процессы, повысить экологическое и биологическое разнообразие агролесоландшафтов. Наши

многолетние исследования эрозионно-гидрологического процесса (ЭГП) и обобщение многочисленных литературных данных позволили установить особенности формирования поверхностного стока и эрозионных процессов, а также выявить их закономерности. Оценка влияния природных и антропогенных факторов и эффективности стокорегулирующих и противоэрозионных мероприятий позволила разработать систему управления деградационными процессами, обусловленными водной эрозией почв. В связи с тем что природные факторы играют первостепенное значение в формировании стока, необходимо для его регулирования знать степень антропогенного воздействия на них. Стокорегулирующие лесные полосы наиболее эффективно воздействуют на природные факторы стока через функции снегораспределения, на которые в первую очередь необходимо воздействовать учитывая имеющиеся знания закономерностей снеготложения. Полученные разработки легли в основу создания системы адаптивно-ландшафтного земледелия, основой которой является почвозащитная организация территории и агролесомелиоративный экологический каркас. **Материалы и методы.** На основе обобщения многолетних фундаментальных знаний об эрозионно-гидрологическом процессе и сформулированных основных принципах адаптивно-ландшафтного земледелия создан проект обустройства опытного участка, расположенного в степной зоне на южных черноземах северной части Волгоградской области. Проектирование осуществлялось при использовании топографической основы М 1 : 25000, космоснимков, цифровой модели рельефа SRTM в программах Surfer и Global Mapper. **Результаты и заключение.** Исследования проведены на участке, расположенном на севере Волгоградской области, в границах южных черноземов. Оценка территории по космическим снимкам показала, что, несмотря на небольшую крутизну склонов, участок подвержен эрозионным процессам. Формирующийся поверхностный сток приводит к образованию ложбин и потерям почвенного плодородия, которые компенсируются затратами при последующем внесении удобрений. Длина склона от водораздела превышает 3 км, что влияет на интенсивность деградации почв в результате выноса мелкозема. Расчленение линии стока на более короткие отрезки позволит сократить потери. При сельскохозяйственном использовании весной происходит чередование на полях разных агрофонов (зябь – уплотненная пашня), поэтому в целях предупреждения риска формирования поверхностного стока талых вод наиболее эффективное расстояние между противоэрозионными рубежами в данных условиях составляет 500 м. Лесополосы проектировались 4-рядные с междурядьями 3 м, способствующие поглощению до 400 мм талых вод, а также проведению механизированных уходов за почвой. Наиболее эффективной конструкцией лесополос, обеспечивающей оптимальное снегонакопление в полевой части и внутри насаждения, а также обеспечивающей снижение стока талых вод, является комбинированная (патент 2248116). Она представляет собой четырехрядную лесную полосу, в которой крайние ряды представлены кустарниками, а два средних ряда – древесными породами. Трассирование лесополос осуществлялось поперек склона. При их проектировании рекомендовались главные породы – дуб красный (или черешчатый) и ясень зеленый. Они отличаются высокой устойчивостью, относительной долговечностью, оптимальными аэродинамическими свойствами. Для улучшения эффективности снеготложения вводили кустарники (спирея Дугласа и айва японская). Во всех случаях посадка рядовая, расстояние в ряду между деревьями 1,5 м с чередованием в шахматном порядке дуба и ясеня. Закрайки шириной 1,5 м создаются вдоль верхнего и нижнего рядов. Весной 2018 г. была осуществлена посадка стокорегулирующих лесополос согласно разработанному проекту. В течение года осуществлены все необходимые уходы. Важным звеном в общей сети агротехнических приемов является обработка почвы, от которой во многом зависит качество лесокультурных работ, приживаемость, рост и дальнейшее развитие культур.

Ключевые слова: стокорегулирующие лесные полосы, эрозия почв, дефляция почв, снегораспределение, защитные лесные полосы, водная эрозия почв.

Цитирование. Барабанов А. Т., Кулик А. В. Теоретическое обоснование агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства сельскохозяйственных земель (на примере ООО «Большой Морец» Еланского района Волгоградской области) *Известия НВ АУК*. 2020. 4(56). 47-59. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-04.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Защита почв от эрозии – очень сложная проблема современного земледелия [12, 13, 14]. По данным Г. П. Сурмача, в результате развития эрозионных процессов происходит потеря гумуса, ухудшаются водно-физические свойства почв и понижается их плодородие, что приводит к снижению урожая на слабосмытых почвах на 10-15 %, на среднесмытых – до 40 % и сильносмытых – до 60 %. При этом уменьшается экономический эффект и наносится существенный ущерб экологии. Борьба с эрозией является важной народнохозяйственной проблемой. Решение ее предполагает знание природы явления и теоретических основ управления эрозионно-гидрологическим процессом, влияния на него различных факторов и создание модели взаимодействия природных и антропогенных.

Сейчас проблема регулирования стока, борьбы с эрозией и деградацией почв очень актуальна. В Волгоградской области около 30 % сельскохозяйственных угодий подвержено водной эрозии. Площадь смытых почв на сельскохозяйственных угодьях составляет свыше 2,2 млн га, в том числе на пашне свыше 1,3 млн га. Процессам водной эрозии подвержено 25 % территории области. Каждый год вместе с поверхностным стоком выносятся 20-40 млн т мелкозема, в котором содержится 60 тыс. т. гумуса и около 173 тыс. т минеральных веществ. Площадь оврагов, балок, разрушенных склонов, открытых песков превышает 3 млн га. Недобор растениеводческой продукции в результате этого составляет 1,1 млн т к. ед. в год [9]. Причинами таких потерь явились не только сложившиеся природно-климатические условия, но и характер использования земель, а также нерациональное природопользование, которое не обеспечивает сохранность и воспроизводство плодородия. В последнее время увеличиваются урожаи сельскохозяйственных культур за счет интенсификации производства. Применение современных технологий, агрохимии, новой техники оказывает большое отрицательное воздействие на агроэкосистемы и их устойчивость снижается.

Фундаментальные знания, характеризующие закономерности формирования поверхностного стока талых вод, позволяют по-новому подойти к разработке противоэрозионных технологий [16]. На их основе возможна разработка проектов агролесомелиоративного обустройства сельхозземель и высокоэффективных адаптивно-ландшафтных систем земледелия, обеспечивающих повышение продуктивности и сохранение плодородия почв.

Положительной тенденцией в последнее время отмечается озабоченность ряда руководителей фермерских хозяйств и предприятий сохранением земель, их плодородия и биопродуктивности для будущих поколений в рамках сложившегося сельскохозяйственного производства. Они переходят на новые методы мониторинга состояния земель с применением беспилотных летательных аппаратов, использование новых технологий, последних разработок в агрохимии, на применение новой техники и др. При этом отмечают важность создания агролесомелиоративных комплексов не только для борьбы с эрозией и дефляцией, но и для улучшения качества жизни сельского населения.

По инициативе академика РАН К. Н. Кулика, председателя Совета директоров группы предприятий «Содружество-регион» В. А. Банькина и генерального директора ООО «Большой Морец» С. Ю. Лихачева нами был разработан опытно-показательный проект агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства территории на землях ООО «Большой Морец». Целью настоящей работы было осуществление агроле-

сомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства территории, способствующего снижению эрозионных процессов и потери почвенного плодородия. Проект содержит научное обоснование, принципы и подходы к размещению лесополос, расчет расстояний между ними, определение их параметров (структура, ширина, рядность, породный состав, конструкция), технологию их создания и др.

Материалы и методы. Объектом исследований был участок «Антиповский» землепользования ООО «Большой Морец», расположенный в границах Еланского района на склоне северо-западной экспозиции длиной 3025 м и крутизной 0,5-1,0°. Эта территория является частью двух балочных водосборов (рисунок 1). Оценка его по космическим снимкам показала, что, несмотря на небольшую крутизну склонов на поверхности, отмечается наличие ложбин, по которым происходит концентрация поверхностного стока и вынос мелкозема.

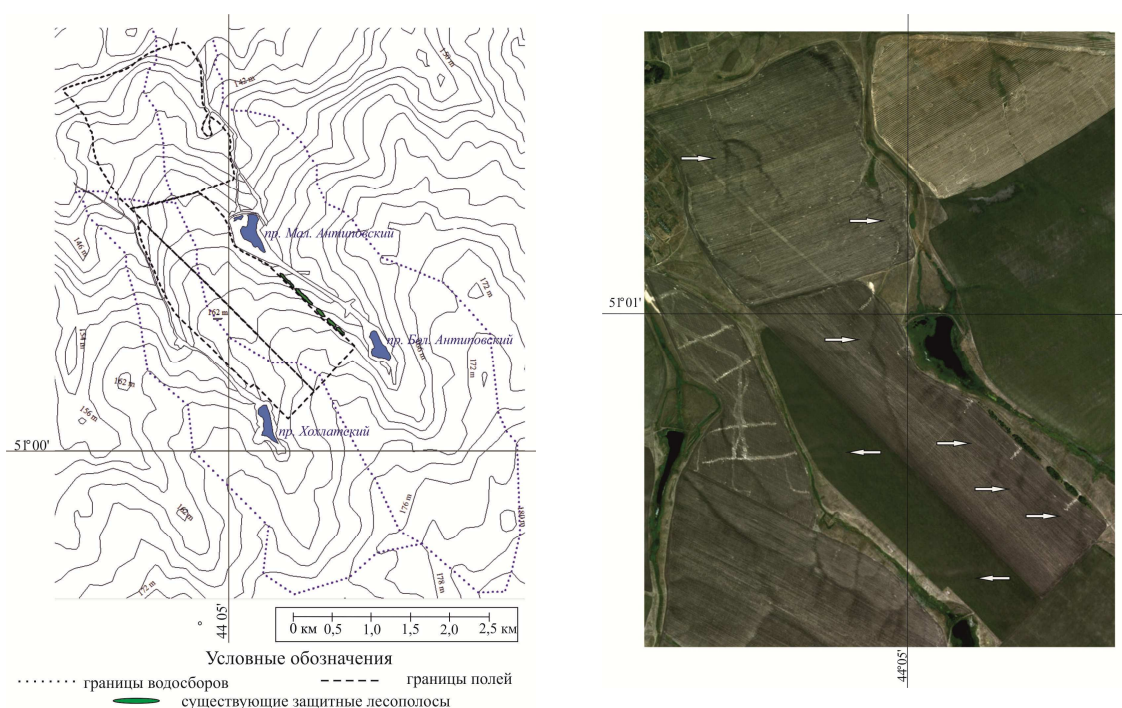


Рисунок 1 – Схема размещения участка «Антиповский» и развитие на нем эрозионных процессов

Figure 1 – The layout of the site «Antipovskiy» and the development of erosion processes

Участок «Антиповский» расположен в умеренно-засушливой степной зоне и относится к северо-западному степному агроклиматическому району с гидротермическим коэффициентом 0,8-0,7. Особенностью климата является его резкая континентальность: зима – холодная; лето – жаркое, сухое. Среднегодовая сумма осадков 393 мм, которые большей частью выпадают в теплый период (250-330 мм), часть из них носит ливневый характер. Снежный покров устанавливается в декабре и удерживается в течение 90-95 дней. Период со среднесуточной температурой, превышающей 0°C, 148-165 дней. Сумма активных температур составляет 2700-2800 °C, что вполне достаточно для завершения цикла развития сельскохозяйственных культур.

Отрицательными факторами климата являются: неустойчивое увлажнение, низкая относительная влажность воздуха летом, ливневый характер выпадения осадков, периодические засухи, суховеи, сильные ветры и пыльные бури [2, 3]. Дефляционные

ветры юго-восточного направления. Положительными факторами климата являются: длительный безморозный период, высокая сумма положительных температур. Все эти особенности климата определяют высокую долю в посевах зерновых культур.

Территория хозяйства входит в состав степного равнинно-волнистого черноземного района. Почвы на участке представлены черноземом южным слабогумусированным, маломощным, тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Почвы обладают высоким естественным плодородием, поэтому широко используются в производстве сельскохозяйственной продукции. На участке преобладает злаково-разнотравная ассоциация. Степная растительность встречается, главным образом, по склонам балок, а также на участках, непригодных или малопригодных по условиям рельефа к распашке. Древесная растительность представлена пойменными лесами и защитными лесополосами. В породном составе лесных полос большую долю занимают: дуб черешчатый, вяз обыкновенный, вяз мелколистный, ясень зеленый, смородина золотистая. Анализ природно-климатических условий района показал, что они в целом благоприятны для возделывания большинства сельскохозяйственных культур, но в связи с интенсификацией земледелия усилились процессы эрозии, что привело к снижению плодородия почв, усилению последствий засух, суховеев и снижению урожая.

При агролесомелиоративном обустройстве участка был применен дифференцированный подход к каждому полю с учетом особенностей его микрорельефа, микроклимата, почвенного покрова, закономерностей стока, объемов смыва, гидрологического режима почвы и биоклиматического потенциала – одно из важнейших направлений современного почвозащитного адаптивно-ландшафтного землепользования.

Лесомелиоративные приемы обеспечивают расчленение склонов на гидрологически короткие отрезки специально устроенными рубежами, обеспечивающими поглощение, распыление и распределение больших масс вод поверхностного стока на этих рубежах и вдоль них с неразрывающимися скоростями. Стокорегулирующие лесные полосы, кроме регулирования стока и сокращения эрозии, выполняют многофункциональную роль, обеспечивая регулирование ветрового режима, снегоотложения, микроклимата и др. Они способны при комбинировании с другими элементами системы земледелия обеспечить полное задержание или регулирование стока и снижение эрозии до безопасного уровня.

Для выполнения агролесомелиоративного обустройства были проведены изыскания с использованием плана землеустройства хозяйства и топокарты масштаба 1 : 25000. Основные этапы проектирования систем СЛП следующие:

- составление карты крутизны склонов, необходимой для расчета смыва почвы и определения местоположения лесных полос, которое осуществлялось на основе цифровой модели рельефа SRTM и программы Surfer [11];
- составление карты направлений стока необходимо для определения основных мест концентраций потоков воды, образовавшихся при формировании поверхностного стока талых и ливневых вод, осуществляется для обозначения оптимального размещения лесополос в границах водосбора;
- определение лесорастительных условий и подбор ассортимента древесных и кустарниковых пород – осуществлялся на основе изучения особенностей почвенного покрова и природно-климатических условий;
- расчет смыва почвы и расстояний между лесополосами определялся по методике Гаршинова Е. А. (2001), учитывающей характер использования земель, тип почвы и ее механический состав, степень смытости, длины склона, слоя поверхностного стока;
- размещение лесополос на водосборе – определялся на основе методики Гаршинова Е. А. (2001), учитывающей величины текущего смыва, которые не должны превышать допустимых значений;

- составление схемы размещения лесополос производился вручную на основе топографической основы М 1:25000 путем анализа подверженности территории эрозийным процессам, рекомендуемым расстояниям между лесополосами, направлению поверхностного стока, с использованием карт уклонов и смыва;

- подбор конструкций лесополос осуществлялся в зависимости от ожидаемых защитных функций. Ее формируют при создании путем подбора пород и в результате рубок ухода. Конструкции должны различаться в зависимости от назначения, места расположения на склоне и его крутизны и др. Для оптимального распределения снега нужна такая, которая хорошо распределяет снег на полях и накапливает в лесополосе, обеспечивая предотвращение промерзания почвы и потребности самого насаждения во влаге.

Результаты и обсуждение. Для решения задачи защиты земель от эрозии необходима реализация принципов адаптивно-ландшафтного земледелия. Его целью является создание условий, при которых сохранялись бы природные ландшафты и совершенствовались аграрные ландшафты, обеспечивалась их высокая продуктивность и восстанавливались деградированные сельскохозяйственные земли.

В основу такого земледелия положен системный подход к созданию агроэкосистем. Он предполагает адаптацию сельскохозяйственной деятельности к природно-климатическим и эколого-экономическим условиям. Адаптивно-ландшафтное земледелие также направлено на получение экологичной продукции при сохранении ресурсного потенциала агротерритории и устойчивости агроэкосистем к деградационным факторам внешней среды [6, 8, 10]. Применяемые подходы позволяют уменьшить поверхностный сток и эрозию почв, улучшить микроклиматические условия.

Агролесомелиорация является основополагающим звеном адаптивно-ландшафтного земледелия. Наибольшая мелиоративная эффективность защитных лесных насаждений отмечается при их системном размещении на территории водосбора, являясь при этом основой для противоэрозийной организации территории. Только после проектирования лесополос в их межполосном пространстве разрабатывают систему севооборотов, а также применяемую агротехнику. Лесонасаждения в агроландшафте выполняют не только мелиоративную роль, но и рекреационную и эстетическую, улучшая условия жизни сельского населения.

При проектировании, в зависимости от выполняемых функций, могут использоваться разные виды насаждений: полезащитные (ветроломные и стокорегулирующие), прибалочные, приовражные, насаждения в гидрографической сети, на пастбищных землях (кулисы, зеленые зонты) и пр. Ветроломные лесополосы рекомендуется размещать на подверженных дефляции землях и располагать их поперек направления господствующих дефляционно-опасных ветров. Стокорегулирующие лесные полосы размещают поперек склона или близко к горизонталям на склонах любой крутизны для сокращения поверхностного стока, смыва, выноса мелкозема и потери почвенного плодородия. Для предотвращения роста оврагов и их формирования по бровкам балок и оврагов создают прибалочные и приовражные лесополосы, усиливая их при необходимости гидротехническими сооружениями.

Стокорегулирующие лесные полосы обеспечивают расчленение склонов на гидрологически короткие отрезки специально устроенными рубежами, обеспечивающими поглощение, распыление и распределение больших масс вод поверхностного стока на этих рубежах и вдоль них с неразмывающими скоростями. Стокорегулирующие лесные полосы, кроме своего главного назначения – регулирования стока и сокращения или предотвращения эрозии, выполняют многофункциональную роль, обеспечивая регулирование ветрового режима, снегоотложения, микроклимата и др. Они способны в ком-

плексе с простейшими гидротехническими сооружениями и другими элементами системы земледелия обеспечить полное задержание или регулирование стока и снижение эрозии до безопасного уровня.

Многолетние исследования позволили нам выявить факторы, на которые необходимо воздействовать, чтобы управлять эрозионно-гидрологическим процессом (ЭГП). Этими факторами являются снеготаласы, глубина промерзания и степень увлажнения почвы [1, 7]. Наибольшее влияние на сток талых вод оказывает глубина промерзания почв перед началом снеготаяния. Если промерзла на глубину, не превышающую 50 см, то сток не формируется. Глубина проникновения отрицательных температур напрямую зависит от характера снеготалашения, на который влияют защитные лесонасаждения. Увлажненность верхнего 0-50 сантиметрового слоя почвы является важным фактором, влияющим на формирование стока талых вод при глубоком промерзании почвы. От влажности почвы также зависит характер ее промерзания (ее льдистость). Предотвратить промерзание почвы в холодные зимы повсеместно невозможно. Регулируя снеготалашение, можно добиться предохранения почвы от промерзания полностью, что будет способствовать хорошему водопоглощению [5]. Важную роль в регулировании снеготалашения и промерзания почвы играет конструкция лесополос. В идеале нужна такая конструкция, при которой бы лесополоса способствовала оптимальному снегораспределению на защищаемых полях как продуваемая, но и предохраняла почву от промерзания, а также в достаточном объеме обеспечивала потребности деревьев во влаге. Для этого необходимо, чтобы высота снега в самом лесонасаждении к началу снеготаяния колебалась от 40 до 50 см.

Для обеспечения данных условий была разработана комбинированная (плотно-продуваемая) конструкция стокорегулирующей лесополосы (патент 2248116) [1]. При метелях практически весь снег (90 %) переносится в приповерхностном слое 0-10 см. Для его задержания на пути метели достаточно создать невысокую преграду (до 50 см), чтобы снизить высоту снежного вала в зоне верхнего шлейфа лесополосы. Остальной снег будет откладываться внутри насаждения и перераспределяться в межполосном пространстве. Рекомендуемая конструкция лесополосы должна состоять из 2-3 рядов деревьев и одного или двух рядов низкорослых кустарников. По аэродинамическим свойствам она по профилю имеет разные характеристики: до 50 см соответствует особенностям плотной конструкции (путем подбора кустарника), от 50 до 150-200 см – продуваемой (подбором древесных пород или обрезки сучьев), свыше 200 см – ажурной.

При натурном исследовании эффективности комбинированной конструкции лесополос установлено, что она обеспечивает наиболее равномерное снеготалашение в межполосном пространстве, способствует снижению глубины промерзания почвы как в поле, так и в самом насаждении, а также снижает сток талых вод.

В основе адаптивно-ландшафтного земледелия лежит оценка геоморфологических условий территории. При анализе составленной карты крутизны склонов участка «Антиповский» установлено, что поверхность его пологая (до 2°) (рисунок 2), но формирующийся поверхностный сток на этой территории приводит к образованию ложбин и потерям почвенного плодородия, которое компенсируется затратами при последующем внесении удобрений. Длина линий тока достигает местами более 3 км. В этом же направлении увеличивается и сила потока, способствующая смыву.

Определение места стокорегулирующих лесополос и расстояний между ними осуществлялось на основе расчета возможной величины смыва почвы по методике Е. А. Гаршинова (2001). Размещение лесополос на склоне определялся следующими положениями:

1) величина текущего смыва не должна превышать некоторого допустимого предела – допустимого смыва;

2) около каждой СЛП формируется вдоль верхней и нижней опушек так называемый пояс, в пределах которого темпы восстановления плодородия почвы превышают темпы смыва. Для рассматриваемой территории этот показатель равен 40 м;

3) сток и смыв всякий раз прерывается на рубеже лесополосы, в которой часть воды поглощается, а часть – отводится вдоль лесополосы;

4) если величина текущего смыва не достигает допустимой величины при расстояниях между лесополосами L_p , принятыми для «равнинных» условий ($L_p = 400$ м), то расстояние между лесополосами $L_{мп}$ определяется из неравенства $L_p \geq L_{мп} \geq L_c$; где L_c – расстояние между основными лесными полосами с учетом уменьшения дальности их ветрорегулирующего влияния на склонах: $L_{ci} = L_p(1 - 3\text{tg}\alpha_i^0)$, где α_i^0 – средняя крутизна склона между верхней и нижней лесополосами i -го межполосного пространства (при $\alpha_i^0 \geq 2^\circ$).

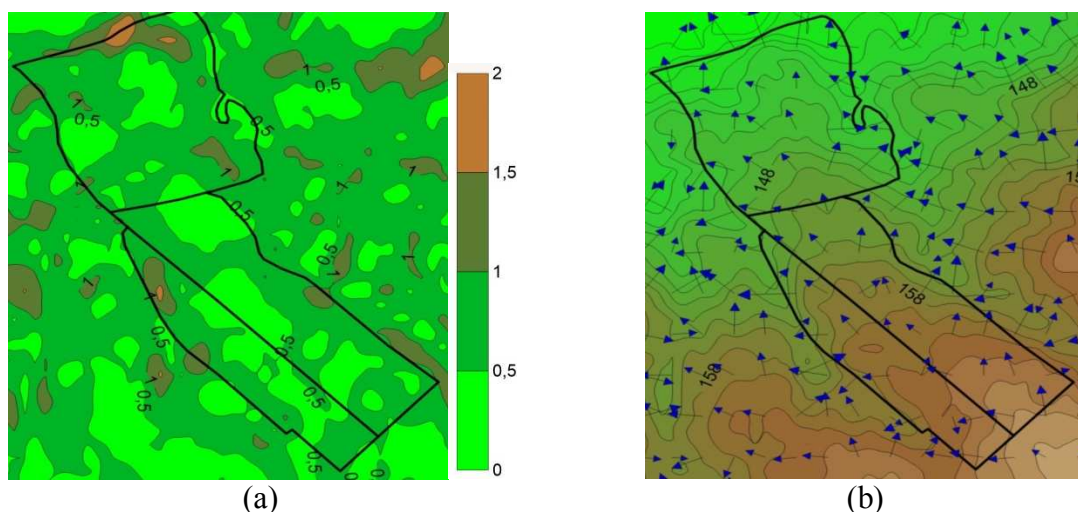


Рисунок 2 – Характеристика крутизны склонов исследуемого участка (а) и направления движения водных потоков при формировании поверхностного стока (б)

Figure 2 – Characteristics of the steepness of the slopes of the studied area (a) and the direction of water flows during the formation of surface runoff (b)

На основе карты крутизны склонов и расчетов смыва почв нами было определено местоположение 8-ми стокорегулирующих лесополос с расстояниями между ними 500 м (рисунок 3), которые размещены поперек склона близко к горизонталям. Такое расстояние между стокорегулирующими лесополосами обеспечивает снижение смыва до допустимого уровня – 2 т/га.

Второй параметр системы лесополос – их ширина – определяется многими факторами: стокорегулирующей способностью лесополос, необходимостью минимального отвода пашни под них, создания их оптимальной конструкции. Опыт показал, что для этих целей приемлемы 4-рядные лесополосы с междурядьями 3 м. Они обеспечивают поглощение до 400 мм талых вод, проведение механизированных уходов за почвой.

По последним исследованиям наиболее эффективная конструкция лесополос, обеспечивающая оптимальное снегонакопление в полевой части и внутри насаждения, а также обеспечивающая снижение поверхностного стока талых вод является комбинированная [2, патент 2248116]. В данном проекте она представляет собой четырехрядную лесную полосу, в которой крайние ряды представлены кустарниками, а два средних ряда – древесные породы (рисунок 4).

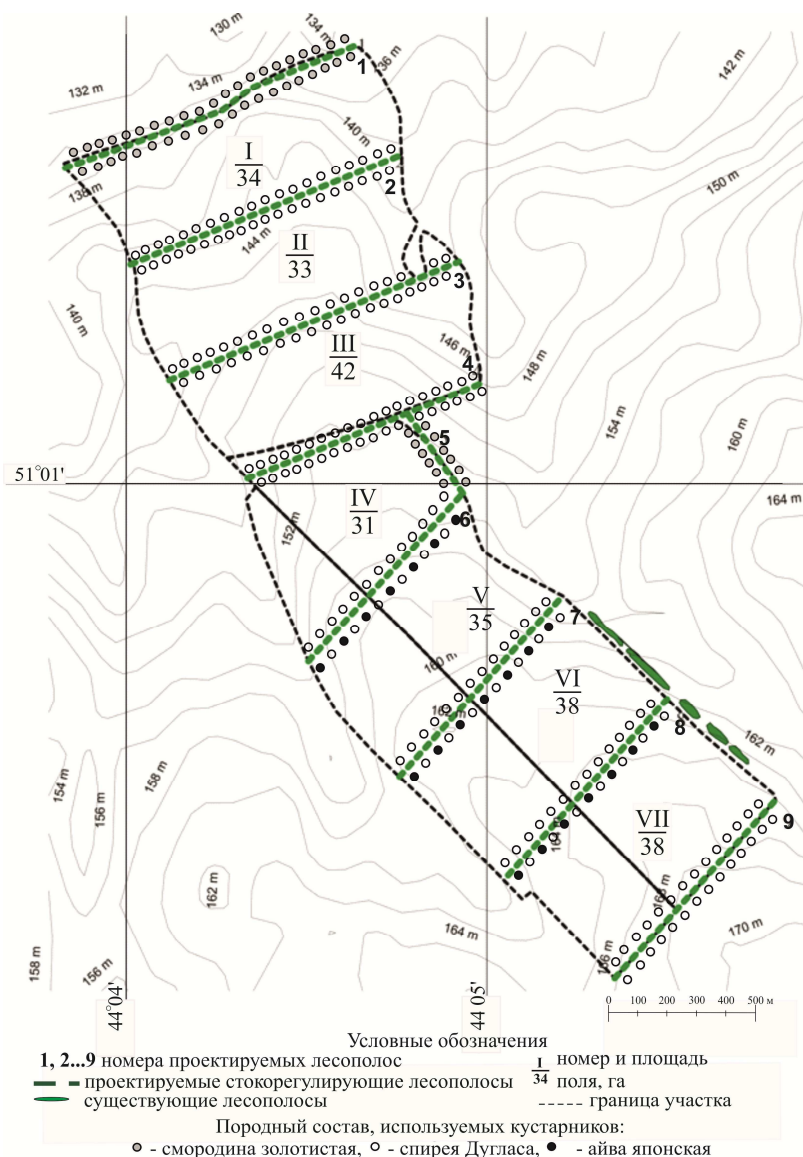


Рисунок 3 – Схема размещения стокорегулирующих лесополос

Figure 3 – Layout of runoff-regulating forest belts

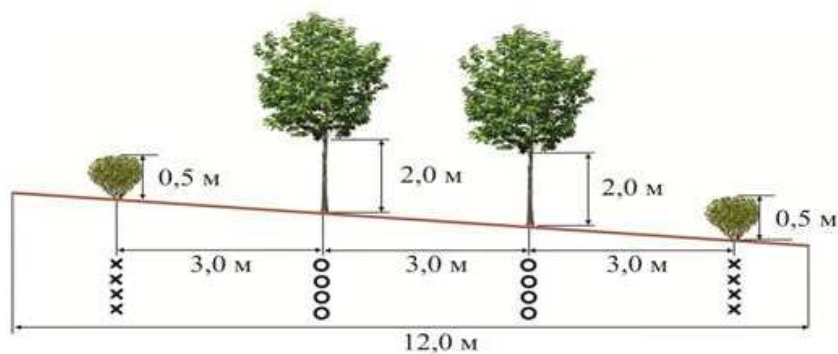


Рисунок 4 – Схема размещения кустарников и древесных пород в лесополосах комбинированной конструкции

Figure 4 – Layout of shrubs and tree species in forest belts of the combined construction

Трассирование лесополос осуществлялось поперек склона. В качестве главных пород рекомендовались дуб черешчатый (или красный) и ясень зеленый, отличающиеся высокой устойчивостью, относительной долговечностью, хорошими аэродинамическими свойствами. Для повышения эффективности снегоотложения вводились кустарники: смородина золотистая, спирея Дугласа и айва японская. Во всех случаях посадка рядовая с междурядьями 3 м и расстоянием в ряду между растениями 1,5 м с чередованием в шахматном порядке деревьев дуба и ясеня. Закрайки шириной 1,5 м создаются вдоль верхнего и нижнего рядов.

Весной 2018 г. под руководством В. А. Банькина и С. Ю. Лихачева была осуществлена посадка стокорегулирующих лесополос согласно разработанному проекту. На создание системы стокорегулирующих лесных полос 8,5 га потребовалось 4800 шт. семян ясеня ланцетного (зеленого), 4800 шт. дуба черешчатого, 20 720 шт. кустарника. В течение года осуществлены все необходимые уход. Успешное создание эффективных лесных насаждений возможно только при применении высокой агротехники. Важным звеном в общей сети агротехнических приемов является основная обработка почвы, от которой во многом зависит качество лесокультурных работ, приживаемость, рост и дальнейшее развитие культур.

Выводы. Фундаментальные теоретические и экспериментальные исследования особенностей формирования эрозионно-гидрологического процесса позволили выявить природные факторы, на которые можно воздействовать для сокращения поверхностного стока. Важнейшим природным фактором является глубина промерзания почвы, которую можно регулировать путем воздействия на характер снегоотложения с помощью стокорегулирующих лесных полос. Для достижения этих целей была рекомендована комбинированная конструкция лесополос, обеспечивающая за счет своих снегораспределительных функций снижение глубины промерзания почв в полевой и лесной части агролесоландшафта, а также сокращение стока талых вод.

Разработанная система адаптивно-ландшафтного обустройства территории, включающая создание серии карт с применением цифровой модели рельефа, анализа условий формирования поверхностного стока, подбора ассортимента древесно-кустарниковой растительности и пр., позволила создать проект обустройства агротерритории. Лесные полосы являются основой адаптивно-ландшафтного земледелия. Они позволяют формировать устойчивый агролесоландшафт, увеличивая его продуктивность при интенсивном сельскохозяйственном производстве.

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. Беляков А. М., Кошелев А. В. О Деградации и дефляции почв Нижнего Поволжья // Эволюция и деградация почвенного покрова: сб. науч. ст. Ставрополь: ООО "СЕКВОЙЯ", 2017. С. 189-191.
3. Беляков А. М., Сарычев А. Н. Проявления дефляции почв в условиях Волгоградской области // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: матер. Междунар. науч.-практ. Интернет-конф., Солёное Займище, 29 февраля 2016 г. Солёное Займище, 2019. С. 721-727.
4. Влияние стокорегулирующих лесополос на природные факторы эрозионно-гидрологического процесса / А. Т. Барабанов, Р. Д. Балычев, А. В. Кулик, М. М. Кочкар // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 5(55). С. 24-27.

5. Жданов Ю. М., Барабанов А. Т., Балычев Р. Д. Создание конструкции лесополос, обеспечивающих оптимальное снегоотложение в них и на полях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 1(37). С. 29-34.

6. Зеленев А. В., Беленков А. И. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия. Волгоград: ВГСХА, 2018. 316 с.

7. Комиссаров М. А., Габбасова И. М. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в южном Предуралье // Почвоведение. 2014. № 6. С. 734-774.

8. Панфилов А. В., Попов В. Г. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия и агролесомелиорации в степной и сухостепной зонах Поволжья // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2018. Т. 1. № 3. С. 217-222.

9. Стратегия развития защитного лесоразведения в Волгоградской области на период до 2025 года / К. Н. Кулик [и др.]. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 39 с.

10. Шабаев А. И. Избранные труды. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие. Саратов: ФГБНУ «НИИСХЮВ», 2017. 648 с.

11. Юфеев В. Г., Юфеев М. В. Оценка эрозионного состояния агроландшафтов по космоснимкам // Научно-агрономический журнал. 2018. №1 (102). С. 26-28.

12. Якутина О. П., Нечаева Т. В., Смирнова Н. В. Плодородие почв склона, структура и качество урожая яровой пшеницы на юге Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2018. Т. 1. № 3. С. 126-142.

13. Lawson G., Dupraz C., Watté J. Can Silvoarable Systems Maintain Yield, Resilience, and Diversity in the Face of Changing Environments? // Agroecosystem Diversity: Reconciling Contemporary Agriculture and Environmental Quality. Elsevier Inc., 2019. P. 145-168. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00009-1>.

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

15. Shelterbelts: Design Guidelines for Farmyard, Field, Roadside, Livestock, Wildlife, and Riparian Buffer Plantings on the Prairies. Canada: Agroforestry Development Centre, 2010. 28 p.

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

Conclusions. Fundamental theoretical and experimental studies of the features of the formation of the erosion-hydrological process have revealed natural factors that can be influenced to reduce surface runoff. The most important natural factor is the depth of soil freezing, which can be regulated by influencing the nature of snowmaking with the help of flow-regulating forest belts. To achieve these goals, a combined design of forest belts was recommended, which, due to its snow distribution functions, reduces the depth of soil freezing in the field and forest parts of the agroforest landscape, as well as reducing the surface runoff of meltwater.

Developed a system of adaptive-landscape land-use planning, including the creation of a series of maps using digital elevation model analysis for the formation conditions of surface runoff, selection of variety of trees and shrubs, etc., helped to create a development project agro-areas. Forest belts are the basis of adaptive landscape agriculture. They allow you to form a sustainable agroforest landscape, increasing its productivity with intensive agricultural production.

Reference

1. Barabanov A. T. Jerozionno-gidrologicheskaya ocenka vzaimodejstviya prirodnyh i antropogennyh faktorov formirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod i adaptivno-landshaftnoe zemledele. Volgograd: FNC agroekologii RAN, 2017. 188 p.

2. Belyakov A. M., Koshelev A. V. O Degradacii i deflyacii pochv Nizhnego Povolzh'ya // Jevolyuciya i degradaciya pochvennogo pokrova: sb. nauch. st. Stavropol': ООО "SEKVOJYa", 2017. P. 189-191.

3. Belyakov A. M., Sarychev A. N. Proyavleniya deflyatsii pochv v usloviyakh Volgogradskoy oblasti // *Sovremennoe jekologicheskoe sostoyanie prirodnoy sredy i nauchno-prakticheskie aspekty racional'nogo prirodnopol'zovaniya: mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. Internet-konf., Solenoe Zajmische*, 29 fevralya 2016 g. Solenie Zajmische, 2019. P. 721-727.
4. Vliyanie stokoreguliruyuschih lesopolos na prirodnye faktory jerozionno-gidrologicheskogo processa / A. T. Barabanov, R. D. Balychev, A. V. Kulik, M. M. Kochkar' // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. № 5(55). P. 24-27.
5. Zhdanov Yu. M., Barabanov A. T., Balychev R. D. Sozdanie konstrukcii lesopolos, obespechivayuschih optimal'noe snegootlozhenie v nih i na polyah // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2015. № 1(37). P. 29-34.
6. Zelenev A. V., Belenkov A. I. Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya. Volgograd: VGSXA, 2018. 316 p.
7. Komissarov M. A., Gabbasova I. M. }roziya pochv pri snegotayanii na pologih sklonah v yuzhnom Predural'e // *Pochvovedenie*. 2014. № 6. P. 734-774.
8. Panfilov A. V., Popov V. G. Adaptivno-landshaftnye sistemy zemledeliya i agrolesomelioracii v stepnoj i suhostepnoj zonah Povolzh'ya // *Jekologiya. Jekonomika. Informatika. Seriya: Sistemnyj analiz i modelirovanie jekonomicheskikh i jekologicheskikh sistem*. 2018. Vol. 1. № 3. P. 217-222.
9. Strategiya razvitiya zaschitnogo lesorazvedeniya v Volgogradskoy oblasti na period do 2025 goda / K. N. Kulik [i dr.]. Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2017. 39 p.
10. Shabaev A. I. Izbrannye trudy. Jeroziya pochv i adaptivno-landshaftnoe zemledelie. Saratov: FGBNU "NIISXYuV", 2017. 648 p.
11. Yuferev V. G., Yuferev M. V. Ocenka }rozionnogo sostoyaniya agrolandshaftov po kosmosnimkam // *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*. 2018. №1 (102). P. 26-28.
12. Yakutina O. P., Nechaeva T. V., Smirnova N. V. Plodorodie pochv sklona, struktura i kachestvo urozhaya yarovoj pshenicy na yuge Zapadnoj Sibiri // *Pochvy i okruzhayuschaya sreda*. 2018. Vol. 1. № 3. P. 126-142.
13. Lawson G., Dupraz C., Watté J. Can Silvoarable Systems Maintain Yield, Resilience, and Diversity in the Face of Changing Environments? // *Agroecosystem Diversity: Reconciling Contemporary Agriculture and Environmental Quality*. Elsevier Inc., 2019. P. 145-168. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00009-1>.
14. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // *Agriculture*. 2013. № 3(3). P. 443-463.
15. Shelterbelts: Design Guidelines for Farmyard, Field, Roadside, Livestock, Wildlife, and Riparian Buffer Plantings on the Prairies. Canada: Agroforestry Development Centre, 2010. 28 p.
16. Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the east European plain / A. T. Barabanov, S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, V. I. Panov, A. I. Petelko // *Eurasian Soil Science*. 2018. V. 51. № 1. P. 66-72.

Authors Information

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

Kulik Anastasia Vladimirovna, senior researcher of the laboratory for soil protection from erosion Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, pr. Universitetsky, 97), candidate of agricultural sciences, kulik-a@vfanc.ru

Информация об авторах

Барабанов Анатолий Тимофеевич, главный научный сотрудник - заведующий лабораторией защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, barabanov-a@vfanc.ru

Кулик Анастасия Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, kulik-a@vfanc.ru

FEATURES OF CULTIVATION TECHNOLOGY OF NON-CONVENTIONAL CULTURE OF FESCUE UNDER IRRIGATION

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

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

Received 31.07.2020

Submitted 25.10.2020

Abstract

Introduction Fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) is a long-lived grain characterized by high productivity, good feed quality, and a positive effect on soil fertility. When irrigated in the Lower Volga region, it guarantees the expansion of crops of long-term bean-bluegrass grass mixtures, a source of full-fledged feed for farm animals. Attracting this bluegrass crop to the region's feed production contributes to high and stable yields within five to seven years. **Object.** The object of research is reed oatmeal («Shura» variety), which is cultivated for seeds and green fodder. **Materials and methods.** Field experiments and accompanying observations were carried out in accordance with generally accepted methods in the experimental field of the all-Russian research Institute of irrigated agriculture. **Results and conclusions.** The highest seed productivity was observed in the second and third years of herbage life: 600-700 in summer and 400-600 kg/ha in spring. The wide-row method (row spacing width of 0.30 m) provided improved growing conditions and the formation of large seed yields. In comparison with the ordinary (row spacing width of 0.15 m), the seed yield on these variants was 12-15% higher. As a result of research, the main parameters for creating productive seed stands of fescue were determined: summer sowing period (first half of August); wide-row method of seed placement (0.30 m), seeding rate of 3.0 million germinating seeds per hectare. Obtaining high yields of green mass in the second mowing on these crops was recorded on an ordinary method with a seeding rate of 6.0 million / ha – 26.0-34.0 t / ha. Determining the accumulation of root mass at the end of vegetation indicates a progressive increase from 5.5 in the first year to 16.0-17.0 t / ha in the fifth year of life with a content of 140-180 kg of nitrogen, 30-60 phosphorus and 180-215 kg / ha of potassium. Combined use of oatmeal on irrigated land contributes to the production of 300 to 700 kg of conditioned seeds and 20-30 t / ha of green.

Key words: reed fescue, terms, methods, seeding rates, productivity, seeds, green mass

Citation: Dronova T. N., Burtseva N. I., Zemtsova I. P. Features of the technology of cultivation of non-traditional crop of oatmeal during irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 60-67 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-05.

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

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

УДК 633.264:631.67(470.4)

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ ОВСЯНИЦЫ ТРОСТНИКОВОЙ ПРИ ОРОШЕНИИ

Т. Н. Дронова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. И. Бурцева, кандидат сельскохозяйственных наук

И. П. Земцова, аспирант

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

Дата поступления в редакцию 31.07.2020

Дата принятия к печати 25.10.2020

Актуальность. Овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea* Schreb.) – долголетний злак, отличающийся высокой продуктивностью, хорошим качеством корма, положительным влиянием на плодородие почвы. При орошении в условиях Нижнего Поволжья является гарантом расширения посевов долгосрочных бобово-мятликовых травосмесей, источника полноценных кормов

для сельскохозяйственных животных. Привлечение в кормопроизводство региона этой мятликовой культуры способствует получению высоких и стабильных урожаев в течение пяти-семи лет. **Объект.** Объектом исследований является овсяница тростниковая (сорт Сура), возделываемая на семена и зеленый корм. **Материалы и методы.** Закладка полевых опытов и сопутствующие наблюдения проводились в соответствии с общепринятыми методиками на опытном поле Всероссийского НИИ орошаемого земледелия. **Результаты и выводы.** Самой высокой семенной продуктивностью отличались посевы второго и третьего года жизни травостоя: 600-700 – при летнем и 400-600 кг/га при весеннем сроке посева. Широкоярядный способ (ширина междурядий 0,30 м) обеспечивал улучшение условий произрастания и формирование больших урожаев семян. По сравнению с рядовым (ширина междурядий 0,15 м) урожай семян на этих вариантах был на 12-15% выше. В результате исследований определены основные параметры создания продуктивных семенных травостоев овсяницы: летний срок посева (первая половина августа); широкоярядный способ размещения семян (0,30 м), норма высева 3,0 млн всхожих семян на гектар. Получение высоких урожаев зеленой массы во втором укосе на этих посевах зафиксировано на рядовом способе при норме высева 6,0 млн/га – 26,0-34,0 т/га. Определение накопления корневой массы в конце вегетации свидетельствует о поступательном увеличении её с 5,5 в первый до 16,0-17,0 т/га в пятый год жизни с содержанием 140-180 кг азота, 30-60 фосфора и 180-215 кг/га калия. Комбинированное использование овсяницы тростниковой на орошаемых землях способствует получению от 300 до 700 кг кондиционных семян и 20-30 т/га зеленой массы.

Ключевые слова: овсяница тростниковая, возделывание овсяницы тростниковой, нормы посева овсяницы тростниковой, продуктивность овсяницы тростниковой, технологии возделывания овсяницы тростниковой, зеленая масса овсяницы тростниковой.

Цитирование: Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Земцова И. П. Особенности технологии возделывания нетрадиционной культуры овсяницы тростниковой при орошении. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60).60-67. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-05.

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. Широкие масштабы работ по семеноводству открывают большие перспективы по увеличению площадей одновидовых и смешанных агрофитоценозов многолетних трав на орошаемых землях. Сложно найти культуру, которая превосходила бы овсяницу тростниковую по способности к долгому произрастанию (самый долговечный вид мятликовых трав), семенной и кормовой продуктивности в течение многих лет [1, 2, 3, 6, 9, 11, 13]. Рост площадей под этой культурой сдерживается недостатком семян и малоизученностью технологии ее возделывания [4, 12].

Овсяница тростниковая произрастает в течение 7-12 лет, сохраняя при этом высокую продуктивность. Эта культура оставляет после себя в почве значительный объем корневых и пожнивных остатков, поэтому имеет большое агротехническое значение [8, 10].

Опыты, проведенные в Нижне-Волжском регионе, подтвердили возможность успешного выращивания новой мятликовой культуры овсяницы тростниковой, в одновидовых и смешанных посевах [3, 4]. Основной целью продолжающихся полевых исследований отдела интенсивных технологий ВНИИОЗ является определение рациональных сочетаний приемов возделывания овсяницы тростниковой (сроки, способы, нормы высева) при оптимизации условий водного и пищевого режимов почвы для комбинированного использования травостоев на семена и корм.

Материалы и методы. Почвы опытного поля по механическому составу относятся к средним и тяжелым разновидностям, характеризуются низким содержанием гумуса (1,5-1,7 %), фосфора – 21,0-26,0, калия – 220-290 мг/кг. Наименьшая влагоемкость почвы изменяется от 19,7 до 22,2 %, плотность почвы – 1,20-1,64 т/м³.

В изучение включены следующие варианты: по фактору А (срок посева): 1. весенний (начало апреля), 2. летний (первая половина августа); по фактору В (способ посева): 1. рядовой (междурядье 0,15 м), 2. широкорядный (0,30 м); по фактору С (норма высева): 4, 5, 6 при рядовом и 2, 3, 4 млн всхожих семян на гектар при широкорядном посеве. В опытах использовался сорт Сура селекции Пензенского НИИСХ.

Варианты опыта имеют 4-х-кратное повторение, площадь делянки по срокам – 1680, способам посева – 210, нормам высева семян – 70 м². Намеченные наблюдения проводились по общепринятым методикам опытного дела.

Агротехника в опытах состояла из внесения доз NPK, рассчитанных на получение 400-700 кг семян и 24-40 т/га зеленой (6,0-10,0 т/га сухой) массы овсяницы.

Водный режим почвы на посевах всех лет складывался из проведения 5-8 вегетационных поливов нормой 450-500 м³/га для поддержания заданного уровня увлажнения в пределах 70-75 % НВ.

Для посева мятликовой культуры использовали сеялку точного высева СН-16ПМ. Уборку семян проводили напрямую комбайном Terrion 2010. На корм травостой скашивали косилкой-плющилкой Е 281.

Результаты и обсуждение. При определении динамики густоты стеблестоя овсяницы установлено, что максимальная плотность травостоя характерна для посевов второго и третьего года жизни. Так, при весеннем рядовом способе посева количество побегов в фазу весеннего отрастания изменялось от 844-1225 до 1012-1615 шт./м². При этом число генеративных побегов составляло 125-200 шт. Лучшие условия для побегообразования сложились на вариантах летних широкорядных посевов, где число генеративных побегов увеличивалось до 194-285 шт./м². При этом повышение нормы высева сопровождалось снижением числа генеративных стеблей (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика густоты стеблестоя овсяницы тростниковой второго и третьего года жизни, 2013-2017 гг.

Table 1 – Dynamics of stem density of reed fescue in the second and third year of life, 2013-2017

Изучаемые факторы / The studied factors			2 год жизни / 2 year of life			2 год жизни / 2 year of life		
А	В	С	всего побегов, шт./м ² / total shoots, pc./m ²		в т. ч. гене- ративных к уборке / including the generative to clean up	всего побегов, шт./м ² / total shoots, pc./m ²		в т. ч. гене- ративных к уборке / in- cluding the generative to clean up
			весна / spring	осень / autumn		весна / spring	осень / autumn	
Весенний / Spring	Рядовой / private	4	844	920	125	1225	1270	200
		5	896	954	134	1400	1510	190
		6	1012	1076	131	1615	1633	196
	Широко- рядный / Wide-row	2	504	582	156	825	910	215
		3	576	603	163	900	933	225
		4	664	709	150	1015	1200	200
Летний / Summer	Рядовой / private	4	1010	1156	152	1434	1510	223
		5	1126	1243	145	1620	1800	240
		6	1302	1443	135	1700	1750	225
	Широко- рядный / Wide-row	2	607	762	194	975	995	260
		3	740	860	222	1075	1100	285
		4	784	830	219	1230	1360	258

Годы проведения исследований были разными по погодным условиям, в основном засушливые, но два года (2013 и 2016) характеризовались дождливым маем и июнем. В зависимости от сложившихся метеоусловий изменялось и количество поливов: от 3 до 7 за вегетационный период. В годы с достаточным количеством осадков формирование семян проходило в условиях естественного увлажнения или же требовался один полив. Самое высокое водопотребление травостоя овсяницы тростниковой характерно для травостоев второго и третьего года – 3121-3960, в последующие годы жизни оно изменялось в пределах 2784-3286 м³/га.

Доля оросительной воды по годам исследований колебалась в пределах от 46,3 до 68,2, на долю осадков приходилось от 15,4 до 43,2 %, запасы почвенной влаги составляли 10,1 - 23,5 % (рисунок 1).

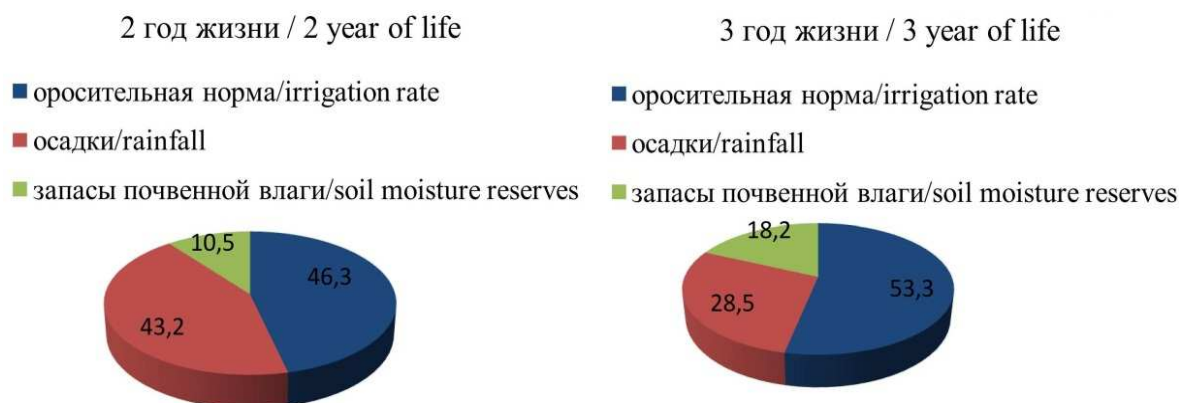


Рисунок 1 – Структура суммарного водопотребления овсяницы Тростниковой по годам жизни, %

Figure 1 – Structure of total water consumption oatmeal reeds by years of life, %

При анализе полученных данных, нами прослежен ряд закономерностей формирования урожайности овсяницы тростниковой:

1. Максимально высокой семенной продуктивностью во все годы исследований отличались травостой второго и третьего года жизни – 397-724 кг/га.
2. Летние сроки посева имели преимущество перед весенним – на 20,2-31,0 %.
3. Математически достоверные прибавки урожая семян получены при высеве овсяницы нормой 5,0 млн – на рядовом и 3,0 млн всхожих семян – на широкорядном посеве (таблица 2).

Широкорядные посевы обеспечивали получение более высоких урожаев в сравнении с рядовым: в первый год – 402-567, во второй – 543-724, в третий – 419-624, в четвертый – 335-527, в пятый год – 305-400 кг/га.

Определение посевных качеств полученных семян овсяницы тростниковой Сура показало их соответствие ГОСТ-P52325-2005: всхожесть их по вариантам опыта была в пределах 89-95 %, энергия прорастания – 88-93 %.

Уборка овсяницы на семена проводилась в первой декаде июля, до конца вегетации оставалось более 40-50 дней, сумма положительных температур в этот период составляла 970-1169 °С, что способствовало формированию второго полноценного укоса на корм. Урожайность зеленой массы в опытах равнялась 17,3-33,7 т/га (таблица 3).

Следует отметить, что кормовая продуктивность овсяницы летнего срока посева была выше весеннего, рядовой посев способствовал формированию 19,7-33,7, а на широкорядном – 17,3-28,2 т/га зеленой массы.

Таблица 2 – Семенная продуктивность овсяницы тростниковой, кг/га семян

Table 2 – Seed production of tall fescue, kg / ha of seeds

Изучаемые факторы / The studied factors			Урожайность семян кг/га по годам жизни / Productivity of seeds kg / ha by year of life				
A	B	C	первый / first	второй / second	третий / third	четвер- тый / fourth	пятый / fifth
Весенний / Spring	Рядовой / private	4	363	507	397	317	270
		5	442	572	455	328	305
		6	392	534	418	341	260
	Ширококорядный / Wide-row	2	402	543	419	335	305
		3	501	597	483	382	350
		4	442	561	462	361	310
Летний / Summer	Рядовой / private	4	422	621	525	421	300
		5	534	682	563	452	340
		6	466	635	508	407	315
	Ширококорядный / Wide-row	2	468	663	582	493	358
		3	567	724	624	527	400
		4	519	644	613	512	366

HCP₀₅ / SSD₀₅ А – 33,8-37,5

В – 26,8-31,4

С – 40,0-45,2

Таблица 3 – Продуктивность второго укоса овсяницы тростниковой, т/га

Table 3 – Productivity the second cut of tall fescue, t/ha

Изучаемые факторы / The studied factors			Зеленая масса по годам жизни, т/га / Green mass by years of life, t/ha				
A	B	C	первый / first	второй / second	третий / third	четвертый / fourth	пятый / fifth
Весенний / Spring	Рядовой / private	4	20,2	25,7	21,2	19,7	17,0
		5	25,1	29,2	24,8	23,6	19,0
		6	26,8	32,1	26,4	23,3	21,0
	Ширококорядный / Wide-row	2	17,3	20,3	18,2	19,4	16,2
		3	21,4	24,1	20,8	20,5	18,5
		4	23,1	26,0	24,5	19,9	20,0
Летний / Summer	Рядовой / private	4	22,2	28,7	24,7	25,2	22,0
		5	27,5	31,5	27,9	25,9	23,0
		6	30,1	33,7	30,2	24,7	23,0
	Ширококорядный / Wide-row	2	20,7	22,1	19,3	24,5	23,0
		3	30,9	25,4	23,7	26,7	24,2
		4	26,7	28,2	26,4	26,2	25,0

HCP₀₅ / SSD₀₅ А - 2,32-2,52

В – 2,12-2,98

С – 1,52-1,82

Общеизвестно агротехническое значение овсяницы, связанное не только с подавлением сорной растительности, но и накоплением значительного количества органики [5, 7]. Нами установлено, что биомасса корней овсяницы тростниковой в полуметровом слое почвы постепенно увеличивалась от первого к пятому году жизни травостоя. При весеннем сроке посева эти цифры составили 5,5-15,0, при летнем – 6,5-17,5 т/га. На ширококорядных посевах накопление корневых остатков было на 6-7 % меньше, чем на рядовом способе посева (рисунки 2).

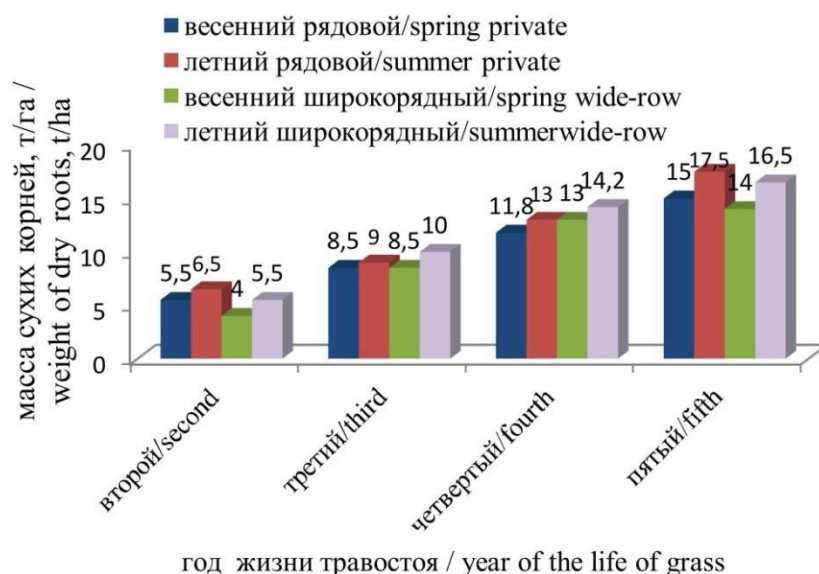


Рисунок 2 – График динамики накопления корневой массы овсяницы тростниковой разных лет жизни

Figure 2 – Graph of the dynamics of accumulation of root mass of reed fescue in different years of life

Ежегодный анализ содержания основных элементов в корнях овсяницы тростниковой свидетельствуют о том, что с биомассой корней в 0,5 метровом слое почвы остается 140-180 кг азота, 30-60 фосфора и 180-215 кг/га калия.

Выводы. Установлена реальная возможность получения на орошаемых землях Нижнего Поволжья двух урожаев (на семена и зеленый корм) новой для региона многолетней культуры овсяницы тростниковой.

Оптимизация водного (70-75 % НВ) и пищевого (внесение расчетных доз NPK) режимов, летние широкорядные посевы нормой 3,0 млн всхожих семян на гектар обеспечивают получение урожая кондиционных семян на уровне 620-720 кг/га. Кормовая продуктивность в пределах 23-34 т/га зеленой массы формируется также на летних посевах, но в вариантах с рядовым способом посева и нормой 5,0-6,0 млн всхожих семян на гектар.

Возделывание овсяницы тростниковой способствует накоплению 14,0-18,0 т/га органики с содержанием 140-180 кг азота, 30-60 фосфора и 180-215 кг/га калия.

Разработанные элементы технологии возделывания овсяницы тростниковой проходят производственную проверку в ФГУП «Орошаемое» и ЗАО «Агрофирма «Восток» Волгоградской области. В 2019 г. в этих хозяйствах получено по 220-250 кг/га семян и 15,0-18,0 т/га зеленой массы.

Библиографический список

1. Анисимов А. А., Комахин П. И., Переprawo Н. И. Основные итоги и перспективы семеноводства кормовых трав в ФГУП «Пойма» // Адаптивное кормопроизводство. 2019. №3 (сентябрь). С. 71-85.
2. Верещагина А. С., Воскобулова Н. И., Ураскулов Р. Ш. Влияние покровной культуры, способа посева и нормы высева на засорённость посевов эспарцета // Вестник мясного скотоводства. 2016. № 1 (93). С. 135-138.
3. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Земцова И. П. Формирование высокопродуктивных травостоев овсяницы тростниковой при орошении // Научная жизнь. 2019. Т.14. Вып. 8 (№96). С. 1219-1226.

4. Золотарев В. Н., Переprawo Н. И. Состояние травосеяния и перспективы развития семеноводства многолетних трав в России и Нижневолжском регионе // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. №1. С. 93-101.

5. Золотарев В. Н., Переprawo Н. И. Агробиологическая оценка сроков и способов уборки семенных травостоев овсяницы луговой и овсяницы тростниковой // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (42). С. 56-65.

6. Золотарев В. Н., Переprawo Н. И. Состояние и перспективы семеноводства овсяницы тростниковой в России // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. №72. С. 158-160.

7. Кшникаткина А. Н., Тимошкин О. А., Ревнивцев П. В. Приемы повышения продуктивности овсяницы тростниковой // Нива Поволжья. 2018. №3(48). С. 38-44.

8. Рыбашлыкова Л. П., Сивцева С. Н. Интродуцированные виды трав и их сорта для улучшения деградированных пастбищ Восточного Предкавказья // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2018. Т. 4. №1. С. 35-40.

9. Селекция и семеноводство многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России / И. М. Шатский, И. С. Иванов, Н. И. Переprawo, В. Н. Золотарев [и др.]. Воронеж : Воронежская областная типография, 2016. 236 с.

10. Чеботарев В. П., Барановский И. В., Жилич Е. Л. Проблемы и перспективы производства семян трав в республике Беларусь // Теоретический и научно-практический журнал ИАЭП. 2017. Вып. 92. С. 93-97.

11. Frick R., Suter D., Hirschi H. Trials with meadow fescue: two new varieties recommended // AGRAR FORSCHUNG SCHWEIZ. 2019. V. 10. № 8. P. 276-281.

12. Islam M., Adjieswar A. Nitrogen fertilization in tall fescue: Productivity, agronomic efficiency and relative profitability // Grassland Science. 2020. V. 66. P. 67-73.

13. Root growth and turnover in perennial forages as affected by management systems and soil depth / S. Houde, M. Thivierge, F. Fort, G. Belanger // Plant and Soil. 2020. V. 451. P. 371-387.

Conclusions. A real possibility of obtaining two harvests (for seeds and green fodder) of a new perennial crop of reed fescue for the region on the irrigated lands of the Lower Volga region has been established.

Optimization of water (70-75% hb) and food (introduction of calculated doses of npk) modes, summer wide-row crops with a rate of 3.0 million germinating seeds per hectare ensure the yield of conditioned seeds at the level of 620-720 kg/ha. Forage productivity in the range of 23-34 t / ha of green mass is also formed on summer crops, but in variants with an ordinary method of sowing and a rate of 5.0-6.0 million germinating seeds per hectare.

Cultivation of reed fescue contributes to the accumulation of 14.0-18.0 t / ha of organic matter with a content of 140-180 kg of nitrogen, 30-60 phosphorus and 180-215 kg/ha of potassium.

The developed elements of the technology of cultivation of reed fescue are undergoing production testing in the Federal State Unitary Enterprise "Irrigated" and CJSC "Agrofirma" Vostok " of the Volgograd region. In 2019, these farms received 220-250 kg/ha of seeds and 15.0-18.0 t/ha of green mass.

Reference

1. Anisimov A. A., Komahin P. I., Pereprawo N. I. Osnovnye itogi i perspektivy semenovodstva kormovyh trav v FGUP "Pojma" // Adaptivnoe kormoproizvodstvo. 2019. №3 (sentyabr). P. 71-85.

2. Vereschagina A. S., Voskobulova N. I., Uraskulov R. Sh. Vliyanie pokrovnoj kul'tury, sposoba poseva i normy vyseva na zasorjonnost' posevov jesparceta // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2016. № 1 (93). P. 135-138.
3. Dronova T. N., Burceva N. I., Zemcova I. P. Formirovanie vysokoproduktivnyh travostoev ovsyanycy trostnikovoj pri oroshenii // Nauchnaya zhizn'. 2019. T.14. Vol. 8 (№96). P. 1219-1226.
4. Zolotarev V. N., Perepravo N. I. Sostoyanie travoseyaniya i perspektivy razvitiya semenovodstva mnogoletnih trav v Rossii i Nizhnevolzhskom regione // Izvestiya Nizhne-volzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. №1. P. 93-101.
5. Zolotarev V. N., Perepravo N. I. Agrobiologicheskaya ocenka srokov i sposobov ubor-ki semennyh travostoev ovsyanycy lugovoj i ovsyanycy trostnikovoj // Vestnik Novo-sibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 1 (42). P. 56-65.
6. Zolotarev V. N., Perepravo N. I. Sostoyanie i perspektivy semenovodstva ovsyanycy trostnikovoj v Rossii // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. №72. P. 158-160.
7. Kshnikatkina A. N., Timoshkin O. A., Revnivcev P. V. Priemy povysheniya produk-tivnosti ovsyanycy trostnikovoj // Niva Povolzh'ya. 2018. №3(48). P. 38-44.
8. Rybashlykova L. P., Sivceva S. N. Introducirovannye vidy trav i ih sorta dlya uluchsheniya degradirovannyh pastbishch Vostochnogo Predkavkaz'ya // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo uni-versiteta. Seriya "Sel'skohozyajstvennyye nauki. Jekonomicheskie nauki". 2018. T. 4. №1. P. 35-40.
9. Selekcija i semenovodstvo mnogoletnih trav v Central'no-Chernozemnom regione Rossii / I. M. Shatskij, I. S. Ivanov, N. I. Perepravo, V. N. Zolotarev [i dr.]. Voronezh : Voronezhskaya oblast-naya tipografiya, 2016. 236 p.
10. Chebotarev V. P., Baranovskij I. V., Zhilich E. L. Problemy i perspektivy proiz-vodstva semyan trav v respublike Belarus' // Teoreticheskij i nauchno-prakticheskij zhurnal IA}P. 2017. Vol. 92. P. 93-97.
11. Frick R., Suter D., Hirschi H. Trials with meadow fescue: two new varieties recommended // AGRAR FORSCHUNG SCHWEIZ. 2019. V. 10. № 8. P. 276-281.
12. Islam M., Adjesiwar A. Nitrogen fertilization in tall fescue: Productivity, agronomic effi-ciency and relative profitability // Grassland Science. 2020. V. 66. P. 67-73.
13. Root growth and turnover in perennial forages as affected by management systems and soil depth / S. Houde, M. Thivierge, F. Fort, G. Belanger // Plant and Soil. 2020. V. 451. P. 371-387.

Author Information

Dronova Tamara Nikolaevna, chief scientific officer of the state research Institute VNIIOZ (400002, Volgograd, 9 Timiryazev street), Honored worker of science of the Russian Federation, doctor of agri-cultural Sciences, Professor, e-mail: tam.dronowa@yandex.ru

Burtseva Natalia Ivanovna, head of the Department of intensive technologies of agricultural cultiva-tion of VNIIOZ (400002, Volgograd, 9 Timiryazev street), candidate of agricultural Sciences, e-mail: bur-czeva.58@yandex.ru

Zemtsova Irina Pavlovna, Junior researcher of the Department of intensive technologies of agricul-tural cultivation of VNIIOZ (400002, Volgograd, 9 Timiryazev street), post-graduate student, e-mail: ivinai@bk.ru

Информация об авторах

Дронова Тамара Николаевна, главный научный сотрудник ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, город Волгоград, улица Тимирязева, 9), Заслуженный деятель науки РФ, доктор сельскохозяйствен-ных наук, профессор, e-mail: tam.dronowa@yandex.ru

Бурцева Наталья Ивановна, заведующая отделом интенсивных технологий возделывания сель-скохозяйственных культур ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, город Волгоград, улица Тимирязева, 9), кан-дидат сельскохозяйственных наук, e-mail: burczeva.58@yandex.ru

Земцова Ирина Павловна, младший научный сотрудник отдела интенсивных технологий воз-делывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, город Волгоград, улица Тимирязева, 9), аспирант, e-mail: ivinai@bk.ru

**SELECTION OF SOYBEAN VARIETIES RESPONSIBLE FOR IRRIGATION
WITH THE JUSTIFICATION OF ECONOMIC SIGNIFICANCE
FOR THE NATIONAL ECONOMY**

V.V. Tolokonnikov¹, L.N. Medvedeva¹, T.S. Koshkarova², J.G. Onoprienko¹

¹*Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture», Volgograd, Russia*

²*Federal scientific center «All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V. S. Pustovoi», Krasnodar, Russia*

Received 17.09.2020

Submitted 02.12.2020

Abstract

Introduction. The increase in soybean production in the Russian Federation is determined by several factors, including the increase in poppy cultivation in the traditional regions and the expansion of the area of cultivation of more severe climatic conditions, the efficiency of the Russian school of plant breeding, preservation of non-GMO produce varieties, high Russian and world prices for soybeans, state support of Agro-industrial Complex and as a consequence, the economic advancement of farmers. The produced volumes of soy do not meet the needs of the economy (livestock, food production, pharmacy). In the future, the area of land under soy may increase from 3 million hectares to 5 million hectares, which will allow to receive up to 7 million tons of commodity raw materials. **Object.** The object of study is soybean variety selection of Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture», and methods of seed production. Since soy is a monsoon climate plant that is thermophilic, this leaves a certain imprint on the agricultural practices of its cultivation and irrigation. The number of foreign-selected soybean varieties allowed for production continues to be high (more than 30 % of the total number of varieties). It is necessary to activate the selection of domestic competitive non-GMO soybean varieties. Positive qualities of Russian varieties should be: high yield, better adaptation to weather and climate conditions; reduced requirements to regional conditions of cultivation (in terms of heat and light), increased resistance to major pathogens, relative adaptability to cultivation and harvesting. **Materials and methods.** Research conducted at Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture», on varietal diversity, the creation of precocious soybean varieties with high grain quality, adaptation to natural conditions, irrigation technologies and agricultural production is important for the national economy. **Results and conclusions.** Special attention is paid to improving the technology for breeding new varieties of soy in the Volgograd region. The main varieties obtained by scientists of the Institute, their biology and conditions of cultivation on irrigated lands are shown. Such varieties as, Volgogradka 1, Volgogradka 2, VNIIOZ 86, VNIIOZ 76, VNIIOZ 31, although they differ in yield, responsiveness, seeding methods and seed quality, but they have one thing in common – good adaptability to growing conditions. An example of the results of ecological variety testing of soybean varieties at the Machine-Technological Station «Yershovskaya» of the Saratov region and at the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture», of Volgograd under irrigation conditions is given. As a result of the research, the best varieties of food use were identified - Volgogradka 1 and VNIIOZ 86, for which a comparative economic analysis of profitability levels was carried out.

Key words: national economy, selection, irrigated agriculture, soybean varieties, yield, variety testing, responsiveness, productivity, economic efficiency, profitability of production, export potential.

Citation. Tolokonnikov V.V., Medvedeva L.N., Koshkarova T.S., Onoprienko J.G. Selection of soybean varieties responsible for irrigation with the justification of economic significance for the national economy. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 68-79 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-06.

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

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

УДК 631.52

**СЕЛЕКЦИЯ ОТЗЫВЧИВЫХ НА ОРОШЕНИЕ СОРТОВ СОИ
С ОБОСНОВАНИЕМ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ
ДЛЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ****В. В. Толоконников**, доктор сельскохозяйственных наук**Л. Н. Медведева**, доктор экономических наук**Т. С. Кошкарлова**, кандидат сельскохозяйственных наук**Ю. Г. Оноприенко**, кандидат экономических наук*Всероссийский научно-исследовательский институт
орошаемого земледелия г. Волгоград, Россия*

Дата поступления в редакцию 17.09.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Увеличение объемов производства сои в Российской Федерации определяется рядом факторов, в числе которых увеличение посевов в традиционных регионах и расширение ареала возделывания с более суровыми погодно-климатическими условиями, повышение эффективности российской школы селекции, сохранение не ГМО производящих сортов, высокие мировые и российские цены на сою, государственная поддержка АПК и как следствие, улучшение экономического положения сельхозпроизводителей. Производимые объемы сои не обеспечивают потребности отраслей экономики (животноводство, производство продуктов питания, фармацевтика). В перспективе площади, занятые под сою, могут увеличиться с 3 млн га до 5 млн га, что позволит получать до 7 млн т товарного сырья. **Объект.** Объектом исследования являются сорта сои селекции ФГБНУ ВНИИОЗ и методы семеноводства. Поскольку соя – растение муссонного климата, теплолюбивое, то это накладывает определенный отпечаток на агроприемы ее возделывания и орошения. Количество допущенных к производству сортов сои иностранной селекции продолжает оставаться высоким (более 30 % от общего числа сортов). Необходима активизация селекции отечественных конкурентоспособных не содержащих ГМО сортов сои. Положительными качествами российских сортов должны стать: высокая урожайность, лучшая адаптированность к погодно-климатическим условиям; пониженная требовательность к региональным условиям возделывания (по теплу и свету), повышенная устойчивость к основным патогенам, относительная технологичность при возделывании и уборке. **Материалы и методы.** Исследования, проводимые в ФГБНУ ВНИИОЗ, по сортовому разнообразию, по созданию скороспелых сортов сои с высоким качеством зерна, по адаптации к природным условиям, по технологиям полива и агропроизводства, имеет важное значение для национальной экономики. **Результаты и выводы.** Особое внимание уделяется совершенствованию технологии выведения новых сортов сои на территории Волгоградской области. Показаны основные сорта, полученные учеными института, их биология и условия возделывания на орошаемых землях. Такие сорта как, Волгоградка 1, Волгоградка 2, ВНИИОЗ 86, ВНИИОЗ 76, ВНИИОЗ 31, хоть и различаются по урожайности, отзывчивости, способам посева и качеству семян, но их объединяет общее – хорошая адаптивность к условиям произрастания. Приводится пример результатов экологического сортоиспытания сортов сои в МТС «Ершовское» Саратовской области и в ФГБНУ ВНИИОЗ г. Волгограда в условиях орошения. В результате проведенных исследований определены лучшие сорта пищевого использования: Волгоградка 1 и ВНИИОЗ 86, для которых осуществлен сравнительный экономический анализ уровней рентабельности.

Ключевые слова: селекция сои, орошаемое земледелие, сорта сои, урожайность сои, орошение сои, рентабельность производства сои, экспортный потенциал сои.

Цитирование. Толоконников В. В., Медведева Л. Н., Кошкарлова Т. С., Оноприенко Ю. Г. Селекция отзывчивых на орошение сортов сои с обоснованием экономической значимости для национальной экономики. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 68-79. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-06.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В наши дни мощным фактором, давшим новый толчок прогрессу в направлении растущих потребностей человечества, стало распространение зеленых технологий. По оценкам многочисленных экспертов смена технологической парадигмы привела к появлению малозатратных, малоотходных, малотоксичных экологических технологий особенно в сельском хозяйстве. Зеленые технологии не обошли вниманием и селекционную деятельность, сосредоточив внимание на определенной группе растений, дающих как белок, так масла. К таким растениям относится соя культурная (лат. *Glycine max*) – однолетнее растение из семейства бобовых, является одной из основных белковых и одновременно масличных культурой в мировом земледелии. Семена сои содержит 40 % сбалансированного аминокислотами белка, 20 % биологически ценного жира, а также фитаэстрогены и лецитин, которые обладают лечебными свойствами. Соевое масло, среди других жиров растительного происхождения наиболее богато микроэлементами и витамином Е. Бобы сои широко используются для производства продуктов питания, кормов для животных, биологически активных добавок, лекарственных средств, технических изделий, химических и лакокрасочных препаратов. Основными продавцами сои на мировом рынке выступают США и Китай.

По данным Росстата, в 2019 году в хозяйствах всех категорий Российской Федерации площади под сою занимали 3039,4 тыс. га. За 5 лет они увеличились на 51,0 % (на 1 027,0 тыс. га), за 10 лет – на 246,6 % (на 2162,4 тыс. га). По отношению к 2001 году, площади выросли на 629,6 % (на 2622,8 тыс. га).

Лидерами по производству сои в 2019 году стали: Амурская область (размер площадей 857,1 тыс. га), Приморский край (309,4 тыс. га, Курская область (281,7 тыс. га), Белгородская область (267,2 тыс. га), Краснодарский край (203,5 тыс. га). Также значительные наделы имеются в Воронежской, Тамбовской, Орловской, Липецкой, Самарской, Саратовской, Пензенской, Новосибирской областях, Алтайском, Ставропольском и Хабаровском краях (рисунок 2).

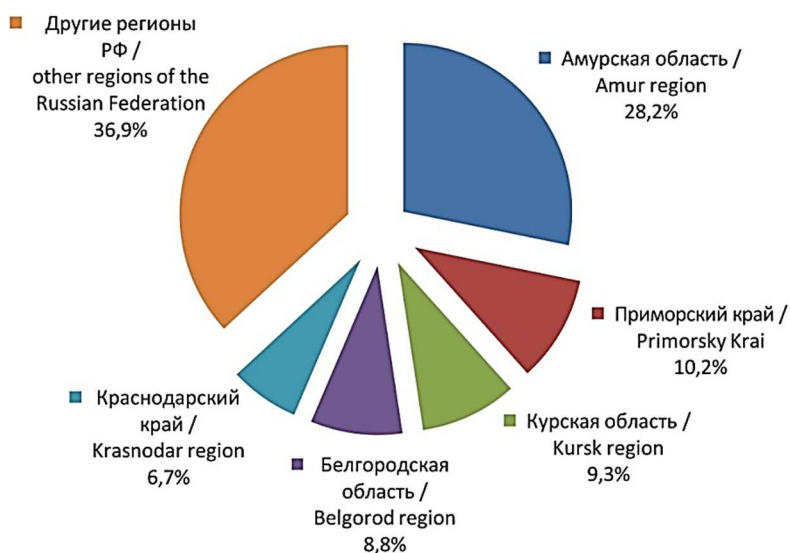


Рисунок 1 – Производство сои по регионам Российской Федерации, 2019 год

Figure 1 – Soybean Production by regions of the Russian Federation, 2019

Государственная направленность усиления в сельскохозяйственном производстве сои в 2019 году привела к релевантной идее: осуществить перепроизводство сои на Европейской части РФ, которая предлагается с явным профицитом относительно имеющихся производственных мощностей и потребностей животноводства. За основу

были взяты цифры поставки на Европейскую часть России 2,2 млн тонн импортной сои, в виде соевого шрота. Впервые цены на сою на Европейской территории РФ оказались на конкурентоспособном уровне для экспорта в ЕС (относительно цен на Роттердамской бирже), а именно 22,5-23,5 руб/кг с НДС за высокий протеин (34-35 % в сыром веществе). В стране постепенно растет внутреннее потребление соевого шрота: так, в 2019 году внутренний спрос вырос на 5 % за счет роста рынков свиноводства (+ 6 %), молочного скотоводства (+4 %), а также увеличения соевого концентрата комбикормов. Важным резервом роста производства и урожайности сои является использование урожайных сортов и совершенствование приемов их агротехники и полива. По мнению Почетного Президента Российского соевого союза А. Устюжанина, для достижения продовольственного и кормового баланса сои, России необходимо производить около 12 млн т соевых бобов. Эксперты МСХ РФ обозначили площади, которые необходимо засеивать под сою до 2030 года – 5 млн га. Перспективным просматривается и экспорт российской сои на мировые рынки. В 2020 году компания «Русагро» отправила в Китай 14 тыс. тонн не ГМО-соей на сумму \$7 млн, удовлетворив тем самым спрос китайских предприятий пищевой промышленности после выхода из пандемии коронавируса.

Усиливающиеся торговые разногласия между США и Китаем могут открыть для российской не ГМО-соей новые рынки сбыта. Вместе с тем, необходимо отметить, что Россия испытывает недостаток в семенах сои собственной селекции. В 2005 году в Госреестре селекционных достижений Российской Федерации имелось всего три сорта сои иностранной селекции, а в 2016 году стало 57, или более 30 % от общего количества (181) зарегистрированных сортов [1]. Российским производителям семян сои достаточно сложно противостоять агрессивной маркетинговой политике зарубежных компаний, необходима продуманная государственная политика, которая позволит исправить данное положение.

Поскольку соя – растение муссонного климата, теплолюбивое, то это накладывает отпечаток на агроприемы возделывания и полива. Весной семена начинают произрастать при температуре почвы 6 – 8 °С, оптимальной для развития является 21–23 °С, для созревания – 24–26 °С. Сумма активных температур за вегетационный период должна составлять для ранних сортов – 1700-1900 °С, среднеспелых – 2600-2750 °С, поздних – 3000-3200 °С (таблица 1).

Таблица 1 – Сумма активных температур и продолжительность вегетационного периода различных сотов сои

Table 1 – the Sum of active temperatures and the duration of the growing season of various soybean combs

Группа сортов / Group of varieties	Продолжительность периода, дни (по Корсакову) / Duration of the period, days (according to Korsakov)	Сумма активных температур, °С (по Посыпанову) / Amount of active temperature, °C (by Posypanov)
Ультраскороспелые / Ultra-Mature	Менее 80 / Less than 80	Менее 1700 Less than 1700
Очень скороспелые / Very precocious	81-90	1701–1900
Скороспелые / Precocious	91-110	1901–2200
Среднескороспелые / Mid-Mature	111-120	2201–2300
Среднеспелые / Middle-aged	121-130	2301–2400
Среднепозднеспелые / Mid-late Matures	131-150	2401–2600
Позднеспелые / Late maturing	151-160	2601–3000
Очень позднеспелые / Very late maturing	161-170	3001–3500
Исключительно позднеспелые / exceptionally late-maturing	Более 170 / More 170	Более 3500 More 3500

Большое влияние на формирование единицы урожая играет влага. Коэффициент транспирации сои составляет от 391 до 700 мм [5], а оросительная норма в зависимости от природно-климатической зоны – от 1000 до 6000 м³/га [5]. Соя особенно требовательна к влаге в период прорастания семян и появления первых всходов (таблица 2).

Таблица 2 – Расход воды по периодам вегетации сои

Table 2 – water Consumption by soybean growing season

№ Периоды / Periods	Кол-во дней / Number of days	Расход воды / water Consumption		
		м ³ /га / m ³ /ha		от общего рас- хода за вегета- цию, % / from the total expenditure for vegetation, %
		Общий / total	Средне суточный / daily average	
Всходы – ветвление / Sprouts – branching	19	350	18,0	7,9
I. Ветвление – цветение / I. Branching – flowering	35	365	28,4	21,9
Цветение – формирование плодов / Flowering – fruit formation	30	1360	45,3	30,8
Формирование плодов – созревание семян / The formation of the fruit – ripening of the seeds	54	1728	31,8	39,4
II. Всходы – созревание семян / II. The seedlings – ripening of seeds	138	4402	31,9	100,0

Соя хорошо приспосабливается к засушливому климату, при условии что будет обеспечен своевременный полив. Оптимальные условия для развития сои создаются при относительной влажности воздуха 75-80 %. Биологические особенности сои должны учитываться при выведении новых сортов. В числе преимуществ должны быть: большая урожайность, лучшая адаптированность к меняющимся погодно-климатическим условиям, способность противостоять патогенным организмам, высокая технологичность при возделывании и уборке.

В число основных методов российской селекции сои входят: индивидуальный и массовый отбор, внутривидовая и отдалённая гибридизация, разные типы мутагенеза (физический, химический мутагенез, трансгеноз и редактирование генома). Результатом селекционной работы должен стать сорт, имеющий улучшенные параметры одного или нескольких биологически ценных признаков (урожайность, устойчивость к стрессам, биохимический состав семян).

Материалы и методы. Исследование проведено на основе контент-анализа российских и зарубежных научных публикаций, материалов исследований, проведенных в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (ВНИИОЗ), ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур». Использовались данные Федеральной службы статистики и Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений, Федерального экспортного Центра.

Результаты и обсуждение. Одно из направлений деятельности аграрной науки – увеличение посевов с учётом природно-климатических зон. Метеорологические условия Волгоградской области отвечают основным биологическим требованиям для рентабельного возделывания сои как на орошаемых, так и богатых (черноземных) землях при соответствующем улучшении сортов и технологий возделывания. Основная задача селекции сои в сухостепной зоне светло-каштановых почв – создание среднескороспе-

лых продуктивных, технологически отзывчивых и пластичных в условиях орошения сортов с потенциалом зерновой продуктивности: 3,5-4,5 т/га зерна. Исследования ФГБНУ ВНИИОЗ показывают, что для степной зоны черноземных почв Волгоградской области целесообразно выводить скороспелые, более засухоустойчивые сорта, способные без полива формировать урожайность: 2-2,5 т/га. Сорта, получаемые в ходе селекции, должны характеризоваться комплексной устойчивостью к болезням, вредителям, осыпанию семян, пригодностью к механизированной уборке, отражающей высокое прикрепление на растении (0,15 м) нижних бобов, устойчивостью к полеганию при орошении. Важным моментом является получение семян с высоким содержанием белка и жира, востребованным в пищевой промышленности. На протяжении многих лет ученые ФГБНУ ВНИИОЗ занимаются селекцией сои (были выведены различные по морфобиологическим признакам сорта: Волгоградка 1, Волгоградка 2, ВНИИОЗ 86, ВНИИОЗ 76, ВНИИОЗ 31) и адаптацией под полученные сорта приемов агротехники и мелиорации.

Так, сорт сои Волгоградка 1 был выведен с применением индивидуального отбора из гибридной популяции с последующей оценкой по потомству. Тестирование сортолиний в годы с более высоким количеством суховейных дней с относительной влажностью было менее 30 % (56-72), чем по норме (47), что способствовало значительной дифференциации гибридных популяций, возможности отбора лучших морфобиотипов, устойчивых к воздушной засухе. Среднеспелый с колебаниями продолжительности вегетационного периода от 110 до 125 дней. Тип роста – полудетерминантный, формы куста – полусжатые, линейный рост растений – высокий от 0,75 до 1,1 м. Высота прикрепления нижних бобов высокая от 0,15 до 0,20 м, интенсивность образования ветвей – высокая; окраска опушения рыжевато-коричневая; соцветие – среднецветковая кисть, цветки белой окраски; бобы коричневой окраски, семена мелкие желто-зеленые без проявления пигментации, рубчик одного цвета семенем. Масса 1000 зерен – 110-140 грамм. Генетический потенциал продуктивности в условиях орошения составляет 4 т/га зерна. Сорт внесен в Госсортиреестр с 1991 года по Нижневолжскому региону и Уральской области Казахстана. Значительная часть территории Российской Федерации, в том числе регион Нижнего Поволжья, расположены выше 50° северной широты. Здесь условия земледелия обусловлены существенным недостатком тепла для таких теплолюбивых культур, как соя. Вопрос о вегетационном периоде является важнейшим в селекции, поскольку он связан со многими признаками. Выведение и внедрение в сельскохозяйственное производство скороспелых сортов без орошения на территориях севернее традиционного ареала возделывания, где возникновение засух оценивается всего в 5 %. Одним из сортов такого типа является ВНИИОЗ 86, который был создан на основе гибридизации сорта Белоснежка (Украина) и сорта-образца К- 6401 ВИР (США) с последующим двукратным индивидуальным отбором. Сорт достаточно скороспелый с вегетационным периодом от 80 до 100 дней. Тип роста индетерминантный с полусжатой формой куста. Линейный рост растений от 0,75 до 0,95 м; высота прикрепления нижних бобов от поверхности почвы средняя 0,1-0,16 м; интенсивность ветвления относительно невысокая; окраска опушения серая, венчика цветка – фиолетовая, боба – светло-коричневая, окраска семенной кожуры – желтая, включая рубчик. Масса 1000 зерен выше среднего – от 135 до 192 г. Биологический потенциал зерновой продуктивности составляет 4,2 т/га в условиях орошения, что является очень значительным показателем среди ранних сортов сои. Сорт был внесён в Госреестр с 2002 года по Нижневолжскому, с 2005 года – по Уральскому региону Казахстана. Проявление неблагоприятных метеоусловий в большинстве земледельческих регионов России, особенно Нижнем Поволжье (суховейные явления, дефицит тепла, ранние заморозки), способствуют более значительному повышению производ-

ственных затрат (топлива, минеральных удобрений, мелиорантов, СДР) на каждую дополнительную единицу урожая, по сравнению со странами западной Европы и США, характеризующихся проявлением оптимальных или близких к ним погодных условий. В конкурентных условиях такой адаптированный сорт является одним из эффективных средств увеличения урожая, а также обеспечения ресурсосбережения и повышения рентабельности сельскохозяйственного производства. К таким сортам можно отнести также и сорт ВНИИОЗ 76, который был выведен методом многократного индивидуального отбора из гибридной популяции от направленного кроссбридинга на оптимально орошаемом и удобренном фоне. Среднескороспелый сорт с размахом продолжительности вегетационного периода 108-120 дней; рост стебля индетерминантный, с полусжатой формой и интенсивной степенью ветвистости; прикрепление нижних бобов высокое на уровне от 0,14 до 0,18 м; окраска опушения рыжевато-коричневая, венчика цветка – фиолетовая, боба – светло-коричневая, окраска семенной кожуры желтая, рубчика семени – коричневая. Масса 1000 зерен – средняя в пределах: 107–154 г. В Госсортреестре по Нижневолжскому региону находится с 2003 года.

В Волгоградской области из года в год увеличиваются площади посева под сою, сегодня – 10 тысяч га, в предстоящие года планируется увеличить до 50 тысяч, при этом иметь урожайность на уровне 2,0 – 2,3 т/га. Вследствие этого возрастает потребность в сортах сои, отзывчивых к орошению и комплексным агроприёмам. Учеными НИИ были выведены принципиально новые, существенно отличающиеся от сортов предыдущих этапов селекции, скороспелые, средне-коротко стебельные, детерминантные сорта ВНИИОЗ 31, Волгоградка 2. Сорт ВНИИОЗ 31 был создан методом непрерывного индивидуального отбора по схеме педигри из сложной гибридной популяции. Время начала цветения – ранее, созревание – 104-120 дней; высота растений низкая – 0,45-0,70 м; высота прикрепления нижних бобов высокая – 0,15-0,16 м; ветвистость сильная; окраска опушения серая; окраска венчика цветка белая; интенсивность коричневой окраски боба тёмная; семена удлинённо-приплюснутые с жёлтой окраской кожуры, сравнительно крупные. Масса 1000 зерен 159-210 г. Тип развития растения – от полудетерминантного к детерминантному. Сорт ВНИИОЗ 31 был внесён в Госреестр селекционных достижений и реестр охраняемых селекционных достижений (патент РФ № 6209 от 24.11.2011 г.) Сорт Волгоградка 2 создан в результате совместной селекции ученых ФГБНУ ВНИИОЗ и Волгоградского ГАУ. Начало времени цветения от раннего до среднего, созревание ранее от 102-114 дней; тип развития стеблестоя – детерминантный; интенсивность степени ветвления сильная, линейный рост растений средний: 0,57-0,78 м; уровень прикрепления нижнего боба от поверхности почвы высокий и составляет 0,16 м; окраска опушения главного стебля рыжевато-коричневая, венчик цветка фиолетовый; интенсивность коричневой окраски боба средняя; окраска семенной кожуры желтая. Семена средних размеров, ближе к крупным с массой 1000 зёрен 160-168 г.

Соя, как никакая другая культура, очень отзывчива на применение и совершенствование агрометеорологических приёмов возделывания. Она особенно положительно реагирует на капельное орошение. Данный способ полива сои менее уплотняет почву на глубину корнеобитаемого слоя, а постоянное нахождение воды в почве повышает относительную влажность воздуха в растительном покрове, активизирует более интенсивное минеральное питание растений. Среднестебельные сорта, особенно ВНИИОЗ 76, достаточно отзывчивые на капельное орошение, дают высокие урожаи: 4,49-4,78 т/га (по сравнению с дождеванием увеличение урожая 60,0-80,4 %). Высокорослые сорта Волгоградка 1, ВНИИОЗ 86 менее отзывчивы на такой интенсивный фон возделывания сои.

Получение оптимальной плотности посева и обеспечение высокой сохранности растений к уборке – важнейший фактор получения высоких урожаев у этой культуры. Сорты сои значительно различаются по морфо-биологическим признакам и свойствам, поэтому нужна агротехника для каждого сорта. Важной особенностью большинства генотипов является формирование ветвей, листьев и генеративных органов (бутонов, цветков и бобов) в основном на нижнем ярусе и менее всего – на верхнем. В связи с этим, площадь питания каждого растения должна быть такой, чтобы органы, расположенные на нижней его части, были хорошо освещены. Традиционным является широкорядный способ посева с междурядьями 0,7 м, средним расстоянием между семенами в рядках 0,024 м, что способствует проведению междурядных обработок. Биологически целесообразным является размещение растений в узких междурядьях, причем не крайнего значения (0,15 м), а немного шире (0,30 м). В таком агроценозе семена в рядках располагаются через 0,04 м, растения освещаются со всех сторон, чем при более широких междурядьях и частым размещением семян. Это особенно важно для орошаемых посевов, где существенное улучшение условий жизнеобеспечения способствует чрезмерной интенсификации роста, сопровождаемой усилением взаимозатеняемости растений. Появление спектра эффективных гербицидов ускоряет переход производства сои на возделывание с узкими междурядьями. Исследования ФГБНУ ВНИИОЗ показали, что наиболее высокие уровни урожайности 4,08 и 3,92 т/га формируют в рядовом посеве сорта Волгоградка 2, Волгоградка 1. Другие сорта меньше отзываются на оптимизацию площади питания растений, особенно самый ранний сорт ВНИИОЗ 86. Их нецелесообразно использовать в рядовом посеве, а лучше возделывать с широкими междурядьями – 0,7 м. Стремительное расширение посевов сои повышает востребованность сортов многозонального использования, которые характеризуются способностью формировать высокие урожаи в различных агроэкологических условиях. Поскольку соя сильно реагирует на продолжительность светового периода суток, то только очень ранние и менее урожайные сорта могут использоваться вне зоны их выведения, по сравнению с генотипом более поздних групп созревания.

Экологическое сортоиспытание, проведенное в МТС «Ершовское» (Саратовская область), позволило протестировать реакцию сортов сои, отличающихся от места выведения – Волгоградская область ОПХ Орошаемое, (рисунок 5).

Наиболее отзывчивым на проявление других экологических условий оказался сорт Волгоградка 2. Он обеспечил получение 4,36 т/га зерна по сравнению с полученной на опытных полях в ФГБНУ ВНИИОЗ урожайностью – 3,74 т/га. Прибавка урожая составляет 0,62 т/га, или 16,6 %. Сравнительно высокую урожайность сформировал сорт ВНИИОЗ 31 – 4,23 т/га. Другие сорта оказались менее перспективными для возделывания в Саратовской области. Со становлением селекции как науки процесс акклиматизации сои к более северным условиям значительно ускорился. Сегодня на самой северной селекционной станции, где занимаются соей (Швеция, Фискеби, 58°36' с.ш.), выведены сорта, которые могут давать неплохой урожай при сумме активных температур, не превышающей 1600-1700 °С.

Стоимость товарного зерна сои тесно связана с уровнем накопления сырого протеина в семенах. При показателе белковости зерна 30-35 % цена сои составляет в среднем 20 тыс. руб./т. Концентрация белка 37-40 % способствует повышению цены до 25 тыс. руб./т. В России целенаправленная селекционная работа по созданию комплексных сортов с высоким качеством формируемого зерна пока не получила такого масштабного размаха, как в основных странах производителях сои: США, Бразилии, Аргентине, Китае, Индии. Не менее важным являются и требования покупателей к семенам.

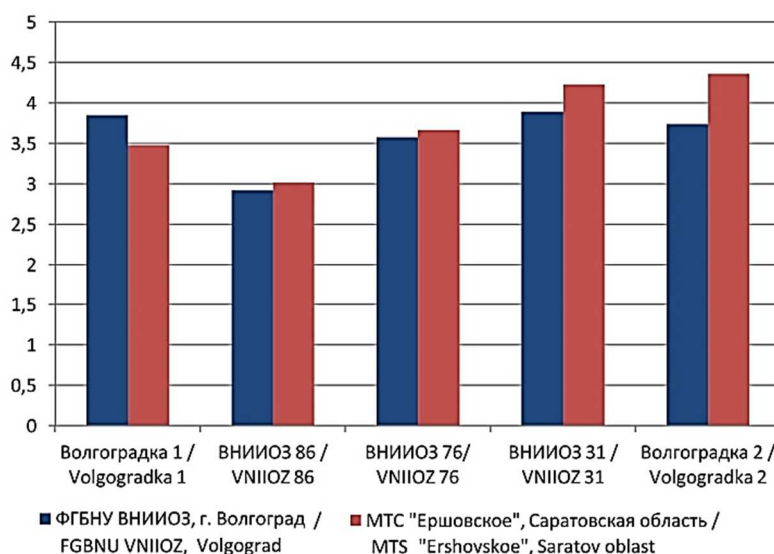


Рисунок 5 – Урожайность сортов сои в результате экологического сортоиспытания

Figure 5 – Yield of soybean varieties as a result of ecological variety testing

В КФХ Мельникова Михайловского района Волгоградской области производило соевую продукцию из бобов сортов сои селекции ФГБНУ ВНИИОЗ. Масло, полученное из сорта Волгоградка 1, содержало высокое количество линолевой – 55,4 %, минимальное линоленовой – 8,9 %, жирных кислот в соотношении (6,2 : 1), поэтому оно обладает высокой биологической ценностью. Из 1 кг бобов сортов сои при специальной переработке с добавлением 1 л воды получалось высококачественное соевое молоко (8 л) и соевый сыр Тофу (1,5 кг).

Важным показателем является экономическая оценка эффективности выращивания сортов сои.

Для оценки эффективности сортов Волгоградка 1, ВНИИОЗ 86 использовался показатель рентабельности, который рассчитывался как разность между стоимостью валовой продукции в текущих ценах и затратами на производство. При расчете показателей эффективности учитывались средняя урожайность, производственные затраты (в т.ч. оплата труда, содержание основных средств, покупка семян, минеральных удобрений, гербицидов в расчете на 1 т. в среднем по региону).

Полученные результаты свидетельствуют, что целесообразно выращивать сорт сои Волгоградка 1, поскольку урожайность по сравнению с другим сортом ВНИИОЗ 86 на 0,93 т/га больше, уровень рентабельности на 26,6 % выше.

Выводы. Таким образом, традиционными не ГМО методами селекции учеными ФГБНУ ВНИИОЗ были выведен спектр разноспелых и высокопродуктивных сортов сои с высоким качеством зерна, хорошо пригодных для условий орошения и совершенствования агроприемов. Проведенная сравнительная характеристика сортов сои по морфологическим признакам, биологическим свойствам, по агрометеорологическим приемам показала, что самыми отзывчивыми на капельное орошение оказались сорта Волгоградка 2, ВНИИОЗ 76, ВНИИОЗ 31 формирующие 4,49-4,78 т/га зерна и обеспечивающие прибавку урожая на 60-80,4 % по сравнению с традиционным методом полива – дождеванием. Сорта Волгоградка 1, ВНИИОЗ 86 слабее реагируют на капельное орошение и дают – 32,1-45,5 % прибавки. При орошении дождеванием получение рентабельной урожайности 2,74-2,9 т/га обеспечивают сорта Волгоградка 2, ВНИИОЗ 31, Волгоградка 1. Возделывание сортов в рядовом посеве (0,30 × 0,042 м) способствовало

выявлению наиболее высоких уровней урожайности у сортов Волгоградка 2 (4,08 т/га), Волгоградка 1 (3,92 т/га), ВНИИОЗ 31 (3,75 т/га), ВНИОЗ 76 (3,69 т/га). Ультраскороспелый сорт ВНИИОЗ 86 лучше возделывался в посевах с уменьшенным (0,3м) междурядьями (3,36 т/га), чем в широкорядных (2,39 т/га). Высокой экологической пластичностью отличается скороспелый сорт Волгоградка 2 (урожайность 4,36 т/га) и ВНИИОЗ 31 (4,23 т/га), позволившие увеличить урожайность на 0,34-0,62 т/га в МТС «Ершовское» Саратовской области по сравнению с опытными полями ФГБНУ ВНИИОЗ Волгоградской области. Сорт Волгоградка 1 может снижать зерновую продуктивность орошаемого посева в других экологических зонах (-0,37 т/га). Показатели качества соевого зерна, в первую очередь белковость, определяют цену реализации товарной сои и направление её использования, в том числе поставки на экспорт. Сорта Волгоградской селекции характеризуются высоким накоплением сырого протеина в семенах – 36,8...38,8 % колебаниями по годам 34,4-41,3 %, что соответствует мировому уровню (35-36 %). Зерно сортов Волгоградка 1, ВНИИОЗ 76 содержит повышенное количество жира в семенах 19,1-19,3 % с размахом изменчивости 18,6...19,7 %. Масло, полученное из семян сорта Волгоградка 1, содержит линолевой кислоты (55,4 %), линоленовой – 8,9 %. При переработке бобов сои получают в среднем 8 литров высококачественного соевого молока, 1,5 кг сыра Тофу. Лучшими сортами для пищевого использования являются Волгоградка 1 и ВНИИОЗ 86.

Библиографический список

1. Бурляева М. О., Ростова Н. С. Изменчивость структуры корреляций морфологических и хозяйственных признаков у сои с разным типом роста и характером ветвления // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 6. С. 78-86.
2. Зотиков В. И., Сидоренко В. С., Грядунова Н. В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 2 (26). С. 4-10.
3. Модернизация селекции сои нижеволжского экотипа в связи с аридизацией климата / В. В. Толоконников, А. А. Новиков, В. Б. Нарушев, Т. С. Кошкарлова // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1506-1521.
4. Некрасов А. Ю. Соя: источники из коллекции генетических ресурсов ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 1. С. 48-52.
5. Новый способ первичного семеноводства сои в условиях орошения / В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева, Т. С. Кошкарлова // Орошаемое земледелие. 2018. №1. С. 23-24.
6. Слободяник Н. С. Выведение новых сортов сои в процессе производства оригинальных семян // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. Вып. 1 (32). Ч. 1. С. 104-105.
7. Сохранение генетической идентичности сортов сои и совершенствование технологии семеноводства в условиях орошения / В. В. Толоконников, Т. С. Кошкарлова, Г. П. Канцер, С. В. Иленева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. №4 (52). С. 59-65.
8. Тедеева А. А., Хохоева Н. Т., Тедеева В. В. Усовершенствованные элементы технологии возделывания зернобобовых культур // Успехи современного естествознания. 2018. № 7. С. 59-64.
9. Чамурлиев О. Г., Толоконников В. В. Соя при орошении в Нижнем Поволжье: монография. Волгоград, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2018. 156 с.
10. Allelic variation and distribution of the major maturity genes in different soybean collections / J. Miladinović, M. Čeran, V. Đorđević, S. Balešević-Tubić, K. Petrović, V. Đukić, D. Miladinović // Frontiers in Plant Science. 2018. V. 9. P. 1286.
11. Nitric oxide increases the physiological and biochemical stability of soybean plants under high temperature / R. G. Vital, C. Müller, P. F. Batista, A. C. Costa, F. B. da Silva, A. Merchant, D. Fuentes, A. A. Rodrigues // Agronomy. 2019. V. 9. № 8. P. 0412.
12. Robison J. D., Yamasaki Y., Randall S. K. The ethylene signaling pathway negatively impacts cbf/dreb-regulated cold response in soybean (glycine max) // Frontiers in Plant Science. 2019. V. 10. № JAN. P. 121.

Conclusions. It is necessary to apply biorational means taking into account the maturation time of soybean varieties and indicators of the characteristics of the seed quality.

Regularly subject early varieties to seed development (VNIIOZ 86).

Carrying out complex pre-sowing treatment of seeds with biostimulators nikfan (0.01 %) and rizotorfin is effective for all varieties of soybeans of Volgograd selection.

Preseeding calibration of seeds is advisable to practice only for precocious soybean varieties (Volgogradka 2, VNIIOZ 86).

Reference

1. Burlyaeva M. O., Rostova N. S. Variability of the structure of correlations of morphological and economic characters in soybeans with different types of growth and the nature of branching // Vavilovsky journal of genetics and selection. 2019. Vol. 23. No. 6. P. 78-86.
2. Zotikov V. I., Sidorenko V. S., Gryadunova N. V. Development of the production of leguminous crops in the Russian Federation // Legumes and cereals. 2018. No 2 (26). P. 4-10.
3. Modernization of soybean breeding of the Lower Volga ecotype in connection with climate aridization / V. V. Tolokonnikov, A. A. Novikov, V. B. Narushev, T. S. Koshkarova // Scientific life. 2019. Vol. 14. No. 10 (98). P. 1506-1521.
4. Nekrasov A. Yu. Soya: sources from the collection of genetic resources of VIR // Works on applied botany, genetics and selection. 2020. V. 181. No. 1. P. 48-52.
5. A new way of primary soybean seed growing under irrigation / V. V. Tolokonnikov, G. P. Kantser, N. M. Plyushcheva, T. S. Koshkarova // Irrigated agriculture. 2018. No. 1. P. 23-24.
6. Slobodyanik N. S. Breeding new soybean varieties in the process of production of original seeds // International Research Journal. 2015. Issue. 1 (32). Part 1. P. 104-105.
7. Preservation of the genetic identity of soybean varieties and improvement of seed technology under irrigation / V. V. Tolokonnikov, T. S. Koshkarova, G. P. Kantser, S. V. Ileneva // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2018. No. 4 (52). P. 59-65.
8. Tedeeva A. A., Khokhoeva N. T., Tedeeva V. V. Improved elements of the technology of cultivation of legumes // Successes of modern science. 2018. No 7. P. 59-64.
9. Chamurliov O. G., Tolokonnikov V. V. Soya during irrigation in the Lower Volga region: monograph. Volgograd: FSBEI of HE Volgograd GAU, 2018. 156 p.
10. Allelic variation and distribution of the major maturity genes in different soybean collections / J. Miladinović, M. Čeran, V. Đorđević, S. Balešević-Tubić, K. Petrović, V. Đukić, D. Miladinović // Frontiers in Plant Science. 2018. V. 9. P. 1286.
11. Nitric oxide increases the physiological and biochemical stability of soybean plants under high temperature / R. G. Vital, C. Müller, P. F. Batista, A. C. Costa, F. B. da Silva, A. Merchant, D. Fuentes, A. A. Rodrigues // Agronomy. 2019. V. 9. № 8. P. 0412.
12. Robison J. D., Yamasaki Y., Randall S. K. The ethylene signaling pathway negatively impacts cbf/dreb-regulated cold response in soybean (glycine max) // Frontiers in Plant Science. 2019. V. 10. № JAN. P. 121.

Authors Information

Tolokonnikov Vladimir Vasilievich leading researcher of the Department of intensive technologies of agricultural cultivation of VNIIOZ (400002, Volgograd, Timiryazev str., 9), doctor of agricultural Sciences, e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru.

Lyudmila Medvedeva, leading researcher at the laboratory of Economics of the VNIIOZ Federal state UNIVERSITY (9 Timiryazev street, Volgograd, 400002); doctor of Economics.

Tatyana S. Koshkarova, research associate of the Federal research center "All-Russian research Institute of oilseeds named after V. S. Pustovoi", (400002, Krasnodar, Filatov str., 17), candidate of agricultural Sciences, tel. 8-927-5189-467, e-mail: koshkarova_ts@vniioz.ru.

Yulia Onoprienko, research associate at the laboratory of Economics of the VNIIOZ Federal state UNIVERSITY (9 Timiryazev street, Volgograd, 400002), candidate of agricultural Sciences.

Информация об авторах

Толоконников Владимир Васильевич, ведущий научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru.

Медведева Людмила Николаевна, ведущий научный сотрудник лаборатории экономики ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор экономических наук.

Кошкарлова Татьяна Сергеевна, младший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-927-5189-467, e-mail: koshkarova_ts@vniioz.ru

Онопrienко Юлия Геннадиевна, научный сотрудник лаборатории экономики ФГБНУ ВНИИОЗ (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-07

AGROECOLOGICAL VARIETY OF PERENNIAL FODDER GRASSES IN THE SUBZONE OF LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE ASTRAKHAN REGION

Tyutyuma N.V., Kudryashova N.I., Bulakhtina G.K., Kudryashov A.V.

FSBSI «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciens»,
Astrakhan Region, Russia

Received 14.09.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

The article shows the results of research on the variety study of perennial forage *Poaceae family* and *Fabaceae family* in the conditions of the Astrakhan region. The most high-yielding were ryegrass «Weimar» and meadow clover «Marusya» with green mass yield of 97.9 and 83,8 t / ha, respectively.

Abstract

Introduction. For the agricultural cluster of the modern Russian economy, typical problems are the deterioration in the quality of arable land, pastures and other agricultural lands. The consequence of this is the unstable production of products of plant and animal origin, low productivity of cultivated crops, high cost of dairy and meat products due to the existing huge shortage of animal feed. The huge territory of our country, its completely different natural and economic conditions mean that the food supply should be created separately in each region. It needs to be adapted to specific natural conditions and different levels of development of livestock farms. Improvement of the existing forage base is impossible without the rational use of natural forage lands, the creation and preservation of highly productive pastures and sown hayfields. At the same time, it is necessary to expand the range of cultivated perennial and annual grasses. In the Astrakhan region only alfalfa is grown for feed. Therefore, expanding the range of *Poaceae family* and *Fabaceae family* with the aim of selecting the most promising and introducing them into production is an urgent direction. **Object.** The objects of the study were varieties of perennial grasses of the *Poaceae family* and *Fabaceae family*. **Materials and methods.** For the research, the methods of the All-Russian Research Institute of Feed, I.N. Beideman, B.A. Dospekhov were used. **Results and Conclusions.** Summarizing all the above data based on the research results, we can conclude that in the Astrakhan region it is advisable to grow perennial grasses of the *Poaceae family* and *Fabaceae family*. In 2018 and 2019, the highest yield of grasses of the *Poaceae family* was recorded for perennial ryegrass «Weimar» - 48.6 and 49.3 t / ha, respectively. The maximum yield of green mass in herbs of the *Fabaceae family* was observed in meadow clover «Marusya» - 41.5 t / ha in 2018 and 42.3 t / ha in 2019. Since the selection of an assortment of perennial forage grasses is relevant for livestock farms in the Astrakhan region, research on the study of new crops will be continued in the future.

Key words: perennial grasses, yield of green mass, *Poaceae family*, *Fabaceae family*.

Citation. Tyutyuma N.V., Kudryashova N.I., Bulakhtina G.K., Kudryashov A.V. Agroecological variety study of perennial forage grasses in the subzone of light chestnut soils of the Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 79-85 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-07.

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 interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.26/.29

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИЗУЧЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ КОРМОВЫХ ТРАВ В ПОДЗОНЕ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. В. Тютюма, доктор сельскохозяйственных наук
Н. И. Кудряшова, кандидат сельскохозяйственных наук
Г. К. Булахтина, кандидат сельскохозяйственных наук
А. В. Кудряшов, младший научный сотрудник

*ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, Россия*

Дата поступления в редакцию 14.09.2020

Дата принятия к печати 0 2.12.2020

Актуальность. Для сельскохозяйственного кластера современной российской экономики характерными проблемами являются ухудшение качества пашни, пастбищ и других земель сельскохозяйственного назначения. Следствием этого является нестабильное производство продуктов растительного и животного происхождения, низкая урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур, высокая себестоимость молочных и мясных продуктов из-за существующего огромного дефицита кормов для животных. Огромная территория нашей страны, ее совершенно различные природные и экономические условия подразумевают, что кормовая база должна создаваться отдельно в каждом регионе. Ее необходимо адаптировать к конкретным природным условиям и разным уровням развития животноводческих хозяйств. Улучшение существующей кормовой базы невозможно без рационального использования природных кормовых угодий, создания и сохранения высокопродуктивных пастбищ и сеяных сенокосов. Одновременно с этим необходимо расширение ассортимента возделываемых многолетних и однолетних трав. В Астраханской области выращивается на корм в основном только люцерны. Поэтому расширение ассортимента бобовых и мятликовых с целью подбора наиболее перспективных и внедрения их в производство является актуальным направлением. **Объекты.** Объектами исследования являлись сорта многолетних трав семейств Мятликовые и Бобовые. **Материалы и методы.** Для проведения исследований были использованы методики ВНИИ кормов, Бейдемана И. Н., Доспехова Б. А. **Результаты и выводы.** Обобщая все изложенные выше данные, по результатам исследований можно сделать вывод, что в Астраханской области целесообразно выращивание многолетних трав семейств Мятликовые и Бобовые. В 2018 и 2019 гг. самая высокая урожайность у трав семейства Мятликовые была зафиксирована у райграсса пастбищного «Веймар» – 48,6 и 49,3 т/га, соответственно. Максимальная урожайность зеленой массы у трав семейства Бобовые была отмечена у клевера лугового «Маруся» – 41,5 т/га в 2018 году и 42,3 т/га в 2019 году. Так как подбор ассортимента многолетних кормовых трав актуален для фермерских хозяйств животноводческого направления Астраханской области, то исследования по изучению новых культур в дальнейшем будут продолжены.

Ключевые слова: многолетние кормовые травы, урожайность зеленой массы, бобовые травы, мятликовые травы.

Цитирование. Тютюма Н. В., Кудряшова Н. И., Булахтина Г. К., Кудряшов А. В. Агроэкологическое сортоизучение многолетних кормовых трав в подзоне светло-каштановых почв Астраханской области. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 79-85. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-07.

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. Для сельскохозяйственного кластера современной российской экономики характерными проблемами являются ухудшение качества пашни, пастбищ и других земель сельскохозяйственного назначения. Следствием этого является нестабильное производство продуктов растительного и животного происхождения, низкая урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур, высокая себестоимость молочных и мясных продуктов из-за существующего огромного дефицита кормов для животных [1, 2, 4, 6].

Для решения вышеперечисленных проблем, которые вызваны, прежде всего, отсутствием денежных и материальных ресурсов, необходимо максимально использовать имеющиеся природно-климатические ресурсы [8, 10].

Большую часть всех сельскохозяйственных земель занимают площади под кормовыми культурами. Кормовые травы являются хорошими фитомелиорантами и помогают восстанавливать нарушенные при антропогенной нагрузке агроландшафты. Посевы многолетних трав снижают эрозию почв, повышают их плодородие [1, 2, 3].

Основным объектом изучения в кормопроизводстве являются многолетние травы. В животноводстве их применяют в качестве корма для скота. Растениеводы, вводя их в севообороты, повышают качество и количество урожая других сельскохозяйственных культур [1, 9, 11, 12].

Огромная территория нашей страны, ее совершенно различные природные и экономические условия подразумевают, что кормовая база должна создаваться отдельно в каждом регионе. Ее необходимо адаптировать к конкретным природным условиям и разным уровням развития животноводческих хозяйств. Улучшение существующей кормовой базы невозможно без рационального использования природных кормовых угодий, создания и сохранения высокопродуктивных пастбищ и сеяных сенокосов. Одновременно с этим необходимо расширение ассортимента возделываемых многолетних и однолетних трав [2, 3, 5].

В Астраханской области выращивается на корм в основном только люцерна. Поэтому расширение ассортимента бобовых и мятликовых с целью подбора наиболее перспективных и внедрения их в производство, является актуальным направлением.

В связи с этим в 2017-2019 гг. в ФГБНУ ПАФНЦ РАН проводились исследования изучению кормовых культур семейств Мятликовых и Бобовых при многоукосном использовании.

Целью исследований было выявление наиболее урожайных для региона многолетних трав, обладающих высокими продуктивностью и качеством получаемых кормов при длительном сроке использования.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись травы семейств Мятликовые и Бобовые. При проведении наших исследования 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).

Исследования проводились на полях ФГБНУ ПАФНЦ РАН. 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 27 апреля 2017 года с последующим прикатыванием. Полные всходы всех образцов были отмечены через 4-5 дней после посева.

В 2017 году на посевах трав было внесено 367 кг/га селитры аммиачной и 100 кг/га азотоски через систему капельного орошения.

Результаты и обсуждение. В 2017 году был проведен санитарный укос в сентябре и урожайность не учитывалась. Для определения урожайности в 2018 и 2019 годах было проведено по 4 укоса.

В таблице 1 показана урожайность зеленой массы всех изучаемых образцов семейства Мятликовые.

Таблица 1 – Урожайность трав семейства Мятликовые, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2018-2019 гг.

Table 1 – Productivity of grasses of the Bluegrass family, FSBSI «PAFNC RAS», 2018-2019

№ п/п	Образец / Sample	2018 г	2019 г	За 2 года / For 2 years
1	Двукосточник «Донской-18»	14,4	14,5	28,9
2	Двукосточник «Киевский»	15,4	16,0	31,4
3	Овсяница луговая Полтавская 29	22,6	23,1	45,7
4	Овсяница луговая Кубанская 2	18,6	18,7	37,3
5	Фестулолиум «Регин»	27,6	28,4	56,0
6	Фестулолиум «Kenchy»	14,0	15,3	29,3
7	Райграс пастбищный «ВИК 66»	30,0	30,2	60,2
8	Райграс пастбищный «Веймар»	48,6	49,3	97,9
9	Райграс пастбищный «Арсенал»	29,6	30,0	79,3
	НСР ₀₅	0,06	0,07	-

Все изученные образцы показали прибавку урожая в 2019 году по отношению к 2018 году. Но урожайность трав по годам отличалась незначительно – менее 1. Исключением стал фестулолиум «Kenchy» - в 2019 году его урожайность увеличилась на 1,3 т/га. В среднем за 2 года у мятликовых максимальная урожайность была получена у культуры райграса пастбищного – 59,1 т/га. Овсяница луговая и фестулолиум показали урожайность чуть выше 40,0 т/га – 41,5 и 42,7 т/га, соответственно. Урожайность двукосточника составила в среднем 30,2 т/га. Максимальная урожайность зеленой массы у Мятликовых была отмечена у образца райграса, сорт «Веймар» - 97,9 т/га. Наименьшая урожайность зеленой массы отмечена у двукосточника «Донской-18» - 28,9 т/га.

В таблице 2 представлены данные по урожайности трав семейства Бобовые.

Таблица 2 – Урожайность трав семейства Бобовые, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2018-2019 гг.

№ п/п	Образец / Sample	2018 г	2019 г	За 2 года / For 2 years
1	Козлятник восточный «Гале»	26,4	28,0	54,4
2	Козлятник восточный «Магистр»	25,5	27,8	53,3
3	Люцерна синегибридная «Ростовская 90»	38,5	39,6	78,1
4	Люцерна синегибридная «Маньчжурская»	37,5	38,3	75,8
5	Люцерна синегибридная «Люция»	31,2	33,0	71,3
6	Клевер луговой «Маруся»	41,5	42,3	83,8
7	Клевер луговой «Patavium»	39,5	41,5	81,0
8	Клевер луговой «Трио»	38,9	41,1	80,0
9	Клевер луговой «Дымковский»	40,2	42,3	82,5
10	Клевер луговой «Мартум»	37,6	39,6	77,2
	НСР ₀₅	0,11	0,09	-

Для сортоизучения бобовых трав нами были взяты три культуры – козлятник восточный, люцерна синегибридная и клевер луговой. Аналогично травам семейства Мятликовые, Бобовые также показали в 2019 году прибавку урожая по отношению к 2018 году. Но их прибавка оказалась выше. Так, козлятник восточный прибавил в среднем 2,0 т/га, люцерна синегибридная – 1,2 т/га, клевер луговой – 1,8 т/га. Самые высокие прибавки были отмечены у козлятника восточного «Гале» и клевера лугового Трио – 2,3 и 2,2 т/га, соответственно. Это можно объяснить тем, что травы семейства Бобовые более полно раскрыли свой потенциал на третий год жизни.

Наиболее высокую урожайность в среднем за 2 года показали люцерна синегрибридная (75,1 т/га) и клевер луговой (80,9 т/га) в среднем по образцам.

Самым высокоурожайным среди трав семейства Бобовые по зеленой массе является клевер луговой «Маруся» - 83,8 т/га. Минимальная урожайность была получена у козлятника восточного «Магистр» – 53,3 т/га.

Выводы. Обобщая все изложенные выше данные, по результатам исследований можно сделать вывод, что в Астраханской области целесообразно выращивание многолетних трав семейств Мятликовые и Бобовые. Они имеют высокие показатели урожайности при использовании капельного орошения. В 2018 и 2019 гг. самая высокая урожайность у трав семейства Мятликовые была зафиксирована у райграса пастбищного «Веймар» - 48,6 и 49,3 т/га, соответственно. Максимальная урожайность зеленой массы у трав семейства Бобовые была отмечена у клевера лугового «Маруся» - 41,5 т/га в 2018 году и 42,3 т/га в 2019 году. Анализ данных показывает, что у всех изученных образцов урожайность зеленой массы на третий год жизни превышает этот показатель по отношению ко второму году жизни. Это говорит о том, что потенциал выбранных культур еще не показал свой максимум, а подбор ассортимента многолетних кормовых трав актуален для фермерских хозяйств животноводческого направления Астраханской области и поэтому исследования по изучению новых культур в дальнейшем будут продолжены.

Библиографический список

1. Дедов А. В., Несмеянова М. А. Влияние многолетних трав на плодородие почв // Агрохимический вестник. 2012. № 4. С. 7-9.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Епифанов В. С., Савельев Г. Д., Епифанова И. В. Результаты селекционной работы с многолетними травами в Пензенском НИИСХ // Нива Поволжья. 2009. № 3 (12). С. 32-36.
6. Игнатьев С. А., Грязева Т. В., Игнатьева Н. Г. Урожайность различных сортов люцерны на юге Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2016. № 48(6). С. 19-23.
7. Лазарев Н. Н., Благовещенский Г. В. Многолетние травы в интенсивном молочном скотоводстве Западной Европы // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2015. № 6. С. 101-107.
8. Лошаков В. Г. Экологические и фитосанитарные функции зеленого удобрения // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 30-42.
9. Многолетние травы как фитомелиоранты / Е. П. Денисов, Д. А. Уполовников, Н. П. Молчанова, Д. В. Сураев // Известия Оренбургского государственного университета. 2015. № 3(53). С. 48-50.
10. Формирование адаптивных агроценозов многолетних бобовых трав / А. У. Павлюченко, Л. А. Пискарева, Т. А. Дьячкова, О. А. Абанина // Земледелие. 2012. № 4. С. 12-14.
11. Quinn N. Simulation of soil erosion induced by human tramling // J. Environm.Manag. 2010. № 10. P. 232-238.
12. Schmid W., Thomet P. Unsere Naturwiesen im Spannungsfeld zwischen Landwirtschaft und Naturschutz // ZSchweiz. langn.-Mh. 2011. № 12. P. 325-331.

Conclusions. Summarizing all the above data based on the research results, we can conclude that in the Astrakhan region it is advisable to grow perennial grasses of the Meatlikovy and Leguminous families. They have high yields when using drip irrigation. In 2018 and 2019, the highest yield of grasses of the Myatlikovy family was recorded for perennial ryegrass “Weimar” - 48.6 and 49.3 t / ha, respectively. The maximum yield of green mass in herbs of the Legume family was observed in meadow clover “Marusya” - 41.5 t / ha in 2018 and 42.3 t / ha in 2019. Analysis of the data shows that in all studied samples the yield of green mass in the third year of life exceeds this indicator in relation to the second year of life. This suggests that the potential of the selected crops has not yet shown its maximum, and the selection of an assortment of perennial forage grasses is relevant for livestock farms in the Astrakhan region, and therefore research on the study of new crops will be continued in the future.

Reference

1. Dedov A. V., Nesmeyanova M. A. Influence of perennial grasses on soil fertility // Agrochemical Bulletin. 2012. No. 4. P. 7-9.
2. Dronova T. N., Burtseva N. I. On the question of the role of perennial grasses in preserving soil fertility // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2016. No. 2 (42). P. 63-71.
3. Dronova T. N., Burtseva N. I. To the question of the role of perennial grasses in the preservation of soil fertility // Bulletin of the Nizhnevolzhsk agro-university complex: science and higher professional education. 2016. No. 2 (42). P. 63-71.
4. Dronova T. N., Burtseva N. I., Molokantseva E. I. Scientific results of research on perennial herbs // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2017. No. 3 (47). P. 46-55.
5. Epifanov V. S., Saveliev G. D., Epifanova I. V. The results of breeding work with perennial grasses in the Penza Research Institute of Agriculture // Niva of the Volga region. 2009. No. 3 (12). P. 32-36.
6. Ignatiev S. A., Gryazeva T. V., Ignatieva N. G. Productivity of various varieties of alfalfa in the south of the Rostov region // Grain economy of Russia. 2016. No. 48 (6). P. 19-23.
7. Lazarev N. N., Blagoveshchensky G. V. Perennial grasses in intensive dairy cattle breeding in Western Europe // News of the Timiryazev Agricultural Academy. 2015. No. 6. P. 101-107.
8. Loshakov V. G. Ecological and phytosanitary functions of green fertilizers // News of the Timiryazev Agricultural Academy. 2018. No. 5. P. 30-42.
9. Perennial herbs as phytomeliorants / E. P. Denisov, D. A. Upolovnikov, N. P. Molchanova, D. V. Suraev // Bulletin of the Orenburg State University. 2015. No. 3 (53). P. 48-50.
10. Formation of adaptive agrocenoses of perennial leguminous grasses / A. U. Pavlyuchenko, L. A. Piskareva, T. A. Dyachkova, O. A. Abanina // Agriculture. 2012. No. 4. P. 12-14.
11. Quinn N. Simulation of soil erosion induced by human tramling // J. Environm.Manag. 2010. № 10. P. 232-238.
12. Schmid W., Thomet P. Unsere Naturwiesen im Spannungsfeld zwischen Landwirtschaft und Naturschutz // ZSchweiz. langn.-Mh. 2011. № 12. P. 325-331.

Authors Information

Tyutyuma Natalia Vladimirovna, director FSBIU “Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences” (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of SolenoeZaimishte, Severny block, house 8), Doctor of Agricultural Sciences, pniiiaz@mail.ru, tel. 88514925720.

Kudryashova Natalya Ivanovna, head of the laboratory of grassland, arid and floodplain ecosystems of the Department of rational nature management of the FSBIU “Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences” (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of SolenoeZaimishte, Severny block, house 8) candidate of agricultural sciences, stone79.79@list.ru, tel. 89275594770, ORCID-0000-0003-0195-3869, SPIN code 2816-8178.

Bulakhtina Galina Konstantinovna, Head 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), candidate of agricultural sciences, gbulaht@mail.ru, tel. 89275532822, ORCID -0000-0001-8949-8666; SPIN code 4070-8492.

Kudryashov Alexander Vladimirovich, Junior Researcher of the Department of Environmental Management, FSBI "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

Тютюма Наталья Владимировна, директор ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), доктор сельскохозяйственных наук, pniiiaz@mail.ru, тел. 88514925720.

Кудряшова Наталья Ивановна, заведующая лабораторией лугопастбищных, аридных и пойменных экосистем отдела рационального природопользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), кандидат сельскохозяйственных наук, stone79.79@list.ru, тел. 89275594770, ORCID-0000-0003-0195-3869, SPIN-код 2816-8178.

Булахтина Галина Константиновна, заведующая отделом рационального природопользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), кандидат сельскохозяйственных наук, gbulaht@mail.ru, тел. 89275532822, ORCID -0000-0001-8949-8666; SPIN-код 4070-8492.

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-08

PROBLEMS OF ENSURING THE PHYTOSANITARY SAFETY OF CROP PRODUCTION IN THE COUNTRIES OF THE CASPIAN REGION

R.A. Arslanova, A.S. Babakova, Zh.A. Vilkova

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Astrakhan State University», Russia*

Received 28.10.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

The article provides information reflecting the problems of quarantine security in the countries of the Caspian Sea. Problems and ways of their solution were considered - there are 2 main problems of ensuring the quarantine safety of crop products: 1. violation of the provisions of the International Standard for Phytosanitary Measures ISPM 12 «Guidelines for the use of phytosanitary certificates». Possible solution to the problem: at present, the Federal State Information System «Argus-Fito» is operating on the territory of the Russian Federation, designed to automate the processing and execution of phytosanitary surveillance documents. Creating a similar system for the Caspian countries would solve the first problem; 2. insufficient exchange of information on phytosanitary requirements of importing countries, as well as lack of information on the phytosanitary state of the Caspian countries. Analyzing the second problem of ensuring the quarantine safety of crop products, it should be noted that at the moment there is only the List of quarantine objects, but information on the spread of pathogenic objects in the territory of districts, regions, oblasts is completely absent. Preparation of data on the phytosanitary state of ecosystems, quarantine zoning of the territory of the importing country would contribute to an increase in trade between countries. The article also analyzes the quarantine organisms (diseases, pests and weeds), which are limited in the territory of the Caspian states, and gives a brief description of them.

Abstract

Introduction. The term «Quarantine phytosanitary safety» should be understood as the state of protection of the territory of the Russian Federation from risks arising from the penetration and (or) spread of quarantine pests, weeds and plant diseases that can cause significant dam-

age not only to agriculture, but also to natural ecosystems and the environment. The main way of unintentional introduction (penetration and acclimatization) of harmful organisms is the import of agricultural products [13]. The Russian Federation ranks first in the world in terms of the number of neighboring countries, borders on 16 countries, has the longest state border - more than 60 thousand km., The total length of the land border is 22.293 km [1]. Trade relations have been established with more than 120 countries of the world, so the problem of ensuring quarantine well-being is increasing every year. The world list of quarantine organisms includes about 500 species, in Europe as a whole - 300 species [14]. The unified list of quarantine objects of the Eurasian Economic Union includes 182 objects, including insects and ticks, nematodes, fungi, bacteria and phytoplasmas, viruses and viroids, and plants. In international practice, there are a sufficient number of examples of damage to agriculture and forestry (up to 25%) associated with the penetration and spread of harmful alien pests [12]. Over the past 50 years, about 90 species of new organisms have been introduced to the territory of our country, 22 of which are of quarantine significance. During the inspection of imported cargo, 35-40 species of organisms that are quarantine for Russia are detected annually. The Russian Federation is currently one of the world's major grain producers [13]. At the same time, the import of these products from other countries is also preserved. Grain came to Russia from 41 countries, including Denmark, Sweden, Ukraine, Vietnam, Thailand, Pakistan and others. Analysis of imported grain showed that over the last decades of the 20th century and up to the present day, more than 50 species of weeds have been identified that are not registered in our country, but in the case of an introduction, capable of acclimatization and mass reproduction in new soil and climatic conditions [9]. On the territory of the Russian Federation, there are currently 168 quarantine objects, which are «approved by the Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation No. 501 dated 12/15/2014" [12], harmful organisms absent in the territory of the Russian Federation, quarantine objects [13], the territory of the Russian Federation, as well as 7 regulated non-quarantine hazardous objects. Within Russia, tactics have been developed aimed at excluding the spread of harmful organisms on the territory, due to their timely identification, localization and elimination of foci, however, the constant import of crop products from foreign countries creates conditions for the transfer of new pests, pathogens and weed seeds. Not all dangerous objects take root in the domestic fields, but some of them manage to adapt to the changed habitat and quickly spread to the new territory. **Results and conclusions.** The analysis showed that the «List of quarantine objects of limited distribution on the territory» of the Caspian countries includes 41 objects: of which pests - 29, diseases - 6, weeds - 6. Among the pests of limited distribution, the following objects received the greatest resettlement: Eastern moth, American white butterfly, Kamstock worm, Californian scale insect, Colorado potato beetle. The largest number of quarantine diseases of limited spread is represented in the Islamic Republic of Iran. The following diseases, which are not widespread in the territory, have spread here: fire blight of trees, sunflower peronosporosis, citrus cancer, necrotic yellowing virus of beet veins, citrus tristeza virus. Among the weeds included in the list of harmful objects of limited distribution on the territory of states, there are creeping bitterweed, ragweed, perennial ragweed, prickly nightshade, long-spiny cenchrus, as well as representatives of the Povolik genus. It should be noted that none of the objects of quarantine weeds presented are included in the list of restrictedly widespread objects in the Islamic Republic of Iran.

Key words: *quarantine, quarantine phytosanitary safety, quarantine object, malware, harmful object, plant disease, pest, weed plants.*

Citation. Arslanova R.A., Babakova A.S., Vilkova Zh.A. Problems of ensuring the phytosanitary safety of crop production in the countries of the Caspian Region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(56). 85-96 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-08.

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

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

УДК 632.913.1

**ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФИТОСАНИТАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА
В СТРАНАХ ПРИКАСПИЙСКОГО РЕГИОНА****Р. А. Арсланова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**А. С. Бабакова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**Ж. А. Вилкова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*ФГБНУ ВО Астраханский государственный университет, г. Астрахань*

Дата поступления в редакцию 28.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Под понятием «карантинная фитосанитарная безопасность» следует рассматривать состояние защищенности территории Российской Федерации от рисков, возникающих при проникновении и (или) распространении карантинных вредителей, сорняков и болезней растений, способных наносить значительный ущерб не только сельскому хозяйству, но и природным экосистемам и окружающей среде. Основным путем непреднамеренной интродукции (проникновения и акклиматизации) вредных организмов – импорт сельскохозяйственной продукции [11]. Российская Федерация занимает первое место в мире по количеству стран-соседей, граничит с 16 странами, имеет самую протяженную государственную границу – более 60 тыс. км, общая протяженность сухопутной границы составляет 22 293 км [1]. Установлены торговые отношения с более чем 120 странами мира, поэтому проблема обеспечения карантинного благополучия с каждым годом возрастает. Мировой перечень карантинных организмов включает около 500 видов, в целом по Европе – 300 видов [12]. Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза насчитывает 182 объекта, среди них – насекомые и клещи, нематоды, грибы, бактерии и фитоплазмы, вирусы и виоиды, растения. В международной практике существует достаточное количество примеров ущерба сельскому и лесному хозяйству (до 25 %), который связан с проникновением и распространением вредоносных чужеродных вредных организмов [10]. За последние 50 лет на территорию нашей страны было занесено около 90 видов новых организмов, 22 из которых имеют карантинное значение. При досмотре импортных грузов ежегодно выявляются 35-40 видов карантинных для России организмов. Российская Федерация в настоящее время является одним из основных мировых производителей зерна [11]. Вместе с тем сохраняется и импорт данной продукции из других стран. Зерно поступало в Россию из 41 страны, среди которых Дания, Швеция, Украина, Вьетнам, Таиланд, Пакистан и другие. Анализ импортного зерна показал, что за последние десятилетия XX века и по наши дни было выявлено более 50 видов сорных растений, не зарегистрированных на территории нашей страны, но в случае заноса, способных к акклиматизации и массовому размножению в новых почвенно-климатических условиях [18]. На территории Российской Федерации в настоящее время насчитывается 168 объектов карантина, которые утверждены Приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 501 от 15.12.2014 [10], вредные организмы, отсутствующие на территории Российской Федерации, карантинные объекты [11], ограниченно распространенные на территории Российской Федерации, а также 7 регулируемых некарантинных вредных объектов. Внутри России разработана тактика, направленная на исключение распространения вредных организмов на территории за счет своевременного их выявления, локализации и ликвидации очагов, однако постоянный импорт продукции растениеводства из зарубежных стран создает условия для переноса новых вредителей, возбудителей болезней и семян сорняков. Далеко не все опасные объекты приживаются на отечественных полях, однако некоторым из них удается адаптироваться к измененной среде обитания и быстро распространяться на новой территории. **Результаты и выводы.** Проведенный анализ показал, что «Список карантинных объектов, ограниченно распространённых на территории» стран Прикаспия включает 41 объект: из которых вредители – 29, болезни – 6, сорняки – 6. Среди вредителей, ограниченно распространённых, наибольшее расселение получили следующие объекты: восточная плодожорка, американская белая бабочка, червец Камстока, калифорний-

ская щитовка, колорадский жук. Наибольшее количество карантинных болезней, ограниченно распространенных представлено в исламской республике Иран. Распространение получили следующие болезни, ограниченно распространенные на территории: бактериальный ожог деревьев, пероноспороз подсолнечника, рак цитрусовых, вирус некротического пожелтения жилок свеклы, вирус тристезы цитрусовых. Среди сорняков, входящих в список вредных объектов ограниченно распространенных на территории государств, присутствуют горчак ползучий, амброзия полыннолистная, амброзия многолетняя, паслен колючий, ценхрус длинноколючковый, а также представители рода Повилик. Следует отметить, что ни один из представленных объектов карантинных сорняков не входит в список ограниченно распространенных объектов исламской республики Иран.

Ключевые слова: фитосанитарная безопасность продукции растениеводства, карантинная фитосанитарная безопасность, карантинные объекты, болезни растений, вредители растений, сорные растения.

Цитирование. Арсланова Р. А., Бабакова А. С. Вилкова Ж. А. Проблемы обеспечения фитосанитарной безопасности продукции растениеводства в странах Прикаспийского региона *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 85-96. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-08.

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. В обеспечении безопасности растительных ресурсов, снижения риска, связанного с опасностью нанесения вреда карантинными объектами флоре и фауне, а также продукции растительного происхождения, большую роль играет предупреждение заноса и распространения чужеродных объектов, отсутствующих и «ограниченно распространенных на территории» стран Прикаспия.

Благодаря географическому расположению, Астраханская область граничит с Казахстаном, с Волгоградской областью и Калмыкией.

Несмотря на, казалось бы, внешнее безопасное соседство, через Астраханскую область проходит Международный транспортный коридор «Север-юг», создание которого обусловило передвижение по транспортному корриду через Астраханский транспортный узел грузов из Ирана, республик Закавказья, Средней Азии, тем самым увеличивая карантинную нагрузку на область.

За последние годы перечень карантинных объектов в южных регионах РФ пополнился новыми видами вредителей, среди которых наиболее опасными являются вирус шарки сливы, бактериальный ожог деревьев, мраморный клоп [12].

Результаты и обсуждение. Между Прикаспийскими странами (РФ, Казахстан, Азербайджан, Туркменистан, Иран) существует «Соглашение о сотрудничестве в области карантина растений», таким образом, страны Прикаспия осуществляют международное сотрудничество в области карантина растений [6, 15], посредством соблюдения обоюдной безопасности от заноса и распространения карантинных объектов [14].

Сотрудничество стран Прикаспия в области карантина растений соответствует требованиям «Международных стандартов, правил и рекомендаций в сфере защиты и карантина растений». В основу порядка и правил оформления фитосанитарных сертификатов при импорте и экспорте подкарантинной продукции положены требования «Конвенции по карантину и защите растений». Процедура оформления «фитосанитарных сертификатов на импорт» полностью соответствует действующим международным нормам [6].

Несмотря на вышеизложенное, следует отметить, что принятые меры и соглашения не исключают случаев обнаружения карантинных вредных организмов в подкарантинной продукции, ввозимой из стран Прикаспийского региона на территорию РФ так, например, по данным управления Россельхознадзора, в 1 квартале 2019 года были зарегистрированы случаи ввоза карантинных объектов:

Восточной плодовой жоркой (*Grapholita molesta*) – 1 случай в партии нектаринов из Казахстана. Страна происхождения груза – Узбекистан.

Калифорнийская щитовка (*Quadraspidiotus perniciosus* Comstock) – в партии 10 тонн нектаринов свежих, происхождением Республика Казахстан.

Несмотря на улучшение с каждым годом торговых отношений со странами Прикаспия, существует разрыв профессиональных и научных связей, что усложняет процесс оперативного реагирования на возникающие проблемы.

Следует выделить 2 основные проблемы обеспечения карантинной безопасности растениеводческой продукции:

1. нарушение положений Международного стандарта по фитосанитарным мерам ISPM 12 «Руководство по использованию фитосанитарных сертификатов»;

2. недостаточный обмен информацией о фитосанитарных требованиях стран-импортеров, а также отсутствие информации о фитосанитарном состоянии стран Прикаспия.

В настоящий момент на территории РФ существует Федеральная государственная информационная система (ФГИС) «Аргус-Фито», предназначенная для автоматизации процессов оформления и учета документов фитосанитарного надзора. Создание подобной системы для стран Прикаспия решило бы первую проблему.

При анализе второй проблемы обеспечения карантинной безопасности растениеводческой продукции следует отметить, что в настоящий момент существует только Перечень карантинных объектов, но информация о распространении патогенных объектов на территории районов, областей, регионов полностью отсутствует. Подготовка данных о фитосанитарном состоянии экосистем, карантинном районировании территории страны импортера, способствовала бы увеличению товарооборота между странами.

Анализируя список «карантинных объектов, ограниченно распространённых на территории» стран Прикаспия [11], следует отметить, что суммарное количество объектов из списка составляет 41 объект: из которых вредители – 29, болезни – 6, сорняки – 6 объектов. На территории Прикаспийских стран среди вредителей, ограниченно распространённых наибольшее расселение получили следующие объекты: восточная плодовая жорка, американская белая бабочка [11], червец Камстока, калифорнийская щитовка, колорадский жук.

Наибольшую опасность и территорию распространения заняла калифорнийская щитовка. Данный объект ограниченно распространён во всех прикаспийских странах, за исключением Исламской республики Иран.

Восточная плодовая жорка ограниченно распространена на территории РФ (в частности, Астраханская область Дагестан и др.), Казахстане, и республике Азербайджан.

Американская белая бабочка заняла тот же ареал распространения, однако на территории Астраханской области в 2019 году снят карантин по данному объекту.

Следует выделить объект Червец Камстока, который не входит в список ограниченно распространённых на территории РФ и Исламской республики Иран, но ограниченно распространён на территории остальных стран Прикаспия.

Всем известный колорадский жук включён в перечень карантинных объектов республики Туркменистан, Исламской республики Иран и Республики Азербайджан. Тогда как на территории Астраханской области данный объект акклиматизирован и исключен из перечня.

Восточная плодоярка – бабочка из семейства Листовертки. Родина – Восточная Азия. Впервые в России обнаружена в 1964 [10] году в Краснодарском крае, относится к «объектам, ограниченно распространенным на территории» Российской Федерации. В настоящее время *Grapholitha molesta* Busck имеет широкий ареал распространения. Так, объект встречается в 44 странах. На территории России – в 9 областях. Повреждает более 80 культур, потери урожая достигают от 30 до 60 %.

Американская белая бабочка — представитель семейства Медведицы. Родиной бабочки считают Северную Америку, откуда она получила широкое распространение по миру. На европейской части России бабочка заняла свой потенциальный ареал, благодаря потеплению климата. Впервые на территории Европы объект был обнаружен в 1949 году, затем в Украине и России. Карантинный объект плодовых культур (всего до 230 видов древесно-кустарниковых и травянистых растений). Большой вред наносят гусеницы бабочки. Так, при 50 % дефолиации растения урожайность культуры снижается до 60 %. У человека волосы гусениц могут вызывать аллергию [16].

Червец Камстока – насекомое семейства мучнистых червцов, подотряд кокцид. Родиной считается Япония. На территории стран содружества (Узбекистан) впервые было отмечено в 1939 г. Считается, что объект был завезен из Японии вместе с саженцами крупнолистной шелковицы. В дальнейшем червец увеличил свой ареал по всей Средней Азии, России, Украине и Молдове [21]. Широкий полифаг. Вредоносность объекта заключается в деформации побегов, задержке роста растения, частичном усыхании, а затем и полной гибели растения.

Калифорнийская щитовка – представитель семейства щитовок, повреждает около 270 видов растений из 85 семейств. Родина – Китай, откуда она в 60-х годах XX столетия была завезена в Калифорнию, а затем проникла во все страны света. В России впервые была обнаружена в 1931 г. Объект отличается высокой плодовитостью – до 400 личинок и 4 и более поколений [3]. Симптомы поражения на плодах или молодых побегах сопровождаются появлением специфических пятен. Деревья с большим процентом поражения погибают.

Колорадский жук – насекомое семейства жуков-листоедов. Родина – Мексика. На территории России жук попал в середине XX века через Украину, Белоруссию и Прибалтику. Специализированный вредитель картофеля, баклажана и томата. С 1956 года по настоящее время он расселился во всех основных зонах картофелеводства России, включая значительную часть территорий Северо-Западного, Северного регионов и Сибири, где успешно акклиматизировался, вопреки всем прежним прогнозам. Объект наносит вред в течение всей вегетации. Вредят жуки и личинки, 20-30 личинок старших возрастов первого поколения могут вызвать полную дефолиацию растения. Массовые повреждения картофеля также наносят молодые жуки первого поколения, в южных районах — также личинки второго поколения. Период бутонизации и цветения является наиболее чувствительным, так как именно в этот период растения картофеля начинают формировать клубни и в значительной степени, восприимчивы к сокращению листовой поверхности. Повреждения, наносимые жуком и его личинками в конце вегетации, не столь существенны.

Относительно болезней, ситуация несколько иная. Наибольшее количество карантинных болезней, ограниченно распространенных, представлено в исламской республике Иран. Здесь зарегистрированы следующие болезни, ограниченно распространенные на территории: бактериальный ожог деревьев, пероноспороз подсолнечника, рак цитрусовых, вирус некротического пожелтения жилок свеклы, вирус тристезы цитрусовых.

Бактериальный ожог деревьев, наряду с Исламской республикой Иран, зарегистрирован также в Казахстане, России, но отсутствует в Астраханской области, Калмыкии, Дагестане. Считается опасным инфекционным заболеванием растений семейства розоцветных. Возбудитель – бактерия *Erwinia amylovora*, родом из Северной Америки, откуда он широко распространился по всему миру.

На территории России впервые возбудитель был отмечен в 2009 году сразу в нескольких районах: в Калининградской, Самарской, Воронежской, Белгородской и Тамбовской областях, а также в Карачаево-Черкессии, в Саратовской области.

Распространяется возбудитель насекомыми, птицами, с дождем и воздушными массами, с посадочным и прививочным материалом. Зимует в инфицированном растении-хозяине [2]. Инфицированное растение имеет обожженный вид.

Пероноспороз подсолнечника. Возбудитель болезни — низший гриб *Plasmopara helianthi* Novot. f. *helianthi* Novot. Из класса Оомицетов, порядка *Peronosporales*, семейства *Peronosporaceae*. Является облигатным паразитом, поражающим, кроме подсолнечника, многие культуры семейства крестоцветных. В России отсутствует.

Рак цитрусовых – бактериальное заболевание. Впервые в Иране зарегистрирована в 1989 году. Возбудитель – палочковидная грамотрицательная бактерия *Xanthomonas campestris* pv. *Citri* (Hasse) Dye. с полярными жгутиками размером 0,5-0,75x1,5-2,0 мкм. Оптимальная температура роста бактерий 20-30, максимальная – 35 °С, при температуре 49-52 °С гибнут. Инфекция вызывает поражения листьев, стеблей и плодов цитрусовых деревьев, включая лайм, апельсины и грейпфрут. Хотя язвы не вредны для человека, они значительно влияют на жизнеспособность цитрусовых деревьев, вызывая преждевременное опадание листьев и плодов. Плод, зараженный язвой, можно есть, но он слишком непригляден для продажи. Предполагают, что впервые заболевание возникло в Юго-Восточной Азии, возбудитель хорошо акклиматизируется в новых условиях. Возбудитель рака передается с посадочным и прививочным материалом. Основным источником инфекции являются пораженные части растения. Бактерии долго остаются жизнеспособными в больных ветках. В опавших листьях и плодах патоген сохраняется до сгнивания тканей.

Вирус некротического пожелтения жилок – болезнь свеклы, вызываемая вирусом некротического пожелтения жилок, основным переносчиком которого является почвенный гриб *Polymyxa betae* семейства *Plasmodiophoraceae*. Объект, «ограниченно распространенный» на территории Российской Федерации [5]. Также источником заражения может быть повилка, паразитическое растение из семейства вьюнковых. Переносчик и резерватор – почвенный гриб *Polymyxa betae* семейства *Plasmodiophoraceae*. Вирус приводит к уменьшению массы корнеплодов и содержания в них сахара.

Вирус tristeza цитрусовых в настоящее время является самым опасным, из более 30 вирусов, способных поражать цитрусовые культуры, представляет угрозу промышленному цитрусоводству во всем мире и является одним из самых главных факторов, сдерживающих его развитие. Родина – Китай, где вирус не наносил значительного ущерба, так как сорта и виды цитрусов, которые там культивировались, были довольно устойчивы к его воздействию. В 1900 году вирус был завезен в Южную Африку, в 1928 году на Яву, в 1920-30 годах в страны Средиземноморья. В 1930 годах вирус уничтожил 90 % цитрусовых посадок в Аргентине (18 миллионов деревьев), затем объявился в 1937 в Бразилии (погибло 10 миллионов деревьев) и Уругвае, в 1939-40 году вирус добрался до Америки и объявился в Калифорнии США, где также вызвал огромные потери.

CTV – это вирус, который ограничен тканями флоэмы своего хозяина. Переносчиком вируса является вид тлей – *Toxoptera citricida*, *Aphis gossypii*, *Aphis spiraeicola*, *Toxoptera aurantii*. При питании тлей на зараженном дереве в течение 30 минут проис-

ходит заражение вирусом. Инфицированная тля способна передать его дальше в течение 24 часов [20]. Вредоносность вируса зависит от штамма. Агрессивные штаммы CTV могут обуславливать тяжелое поражение деревьев, индуцируя ямчатость древесины ствола и ветвей лайма, грейпфрута и апельсина. Бороздчатость древесины иногда приводит к бугристой или жилистой деформации ствола и ветвей взрослых деревьев, появлению глубоких борозд под деформированными участками коры, а также к снижению урожайности и качества плодов.

Среди карантинных сорных растений, входящих в список вредных объектов ограниченно распространённых на территории государств [10], входят горчак ползучий, амброзия полыннолистная, амброзия многолетняя, паслен колючий, ценхрус длинноколючковый, представители рода Повилик (*Cuscuta*). Следует отметить, что ни один из представленных объектов карантинных сорняков не входит в список ограниченно распространённых объектов в Исламской республике Иран.

Горчак ползучий, или Горчак розовый — вид рода Рапонтikum (*Rhaponticum*) семейства Сложноцветные (*Asteraceae*). Злостный, карантинный, многолетний, корнеотпрысковый сорняк. Ксенофит. Впервые на территории был обнаружен в 1938 году. Предположительно, вредный объект завезен из Средней Азии с семенами люцерны. Горчак характеризуется вегетативным способом размножения [23]. Семенная продуктивность до 600 семян. Засухоустойчивое растение. При сильном засорении полей способен снизить урожайность сельскохозяйственных культур на 50-70 % [9].

Амброзия полыннолистная – однолетнее сорное растение. Родина амброзии – Северная Америка. Ксенофит. Впервые на территории России зафиксирована в 1918 году на территории Ставропольской сельскохозяйственной опытной станции и Краснодарском крае [17]. В настоящий момент в Российской Федерации произрастает на территории 27 субъектов. Является наиболее распространённым и вредоносным карантинным сорняком Краснодарского края и Республики Адыгея. Из 9,61 млн га общей площади распространения амброзии полыннолистной в Российской Федерации, 4,62 млн га приходится на территорию Краснодарского края, 0,23 млн га – на территорию Республики Адыгея. Экологически является стойким инвазивным растением с очень сильными конкурентными способностями. Может отрастать после 4-5 скашиваний. Корневая система развивается быстрее, чем надземная часть: за 2 месяца вегетации достигает глубины 1 м. Способность к ветвлению сохраняется после подкашивания. Амброзия размножается семенами. Семенная продуктивность до 150 тыс. семян. Продолжительность состояния покоя до 6 месяцев, вторичного покоя семян – до 40 лет и более [4, 8, 17].

Повилик (*Cuscuta*) – представители семейства Вьюнковые, все виды которого отнесены к категории карантинных сорняков. Родина — Северная Америка, откуда был завезен сначала в Европу, а затем в Украину. Семена повилики были выявлены в семенах люцерны в 1913 году, в годы гражданской войны завезены в Одессу. Повилик не имеет корней и листьев. Стебель нитевидный или шнуровидный, желтоватый, зеленовато-жёлтый или красноватый. Семенная продуктивность повилики – до 14 тысяч и более семян с одного стебля. Жизнеспособность – 6 лет. Основные источники распространения – семенной материал, сено. Представители рода *Cuscuta* поражают как сорные растения, сельскохозяйственные культуры, так и дикорастущие древесные растения.

Паслен колючий – растение, рода Паслен (*Solanum*) семейства Пасленовые (*Solanaceae*). Родина – США, северная и центральная Мексика. В России паслен колючий впервые обнаружен в 1918 году. Паслен колючий – однолетнее растение. Теплолюбивое. Предпочитает рыхлые почвы. Развивается как яровое позднее. Размножается только семенами. Всходы начинают прорастать в апреле – мае. Минимальная темпера-

тура для образования проростков - $+10^{\circ}\text{C}$ – $+18^{\circ}\text{C}$, оптимальная $+20^{\circ}\text{C}$ – $+28^{\circ}\text{C}$. Фаза цветения наступает в конце июня и продолжается до конца августа. Плодоносит вид с августа до октября. Максимальная плодовитость одного растения – 5000 семян. Свежесозревшие семянки не прорастают. Жизнеспособность семени сохраняется до 10 лет. Всходы образуются при заделке семян на глубину не более 8 см. Встречается в посевах пропашных и яровых зерновых культур, вдоль дорог, на необрабатываемых землях. Благодаря хорошо развитой корневой системе, паслен способен конкурировать с культурными растениями за элементы питания и влагу. Засоряя сельскохозяйственные посевы, снижает урожайность до 40-50 % и более.

Ценхрус длинноколючковый – однолетнее травянистое растение семейства Ценхрус. Терофит. Родина – Северная Америка. Впервые на территории Украины отмечен в 1951 году, в 1991 году обнаружен на территории г. Краснодара [11]. Благодаря своим биологическим особенностям, активно распространяется, расширяя свой ареал. Размножается семенами. Семенная продуктивность – до 3000 семян с одного растения. Жизнеспособность семян – 5 лет [9].

В настоящее время в странах Прикаспия горчак ползучий получил распространение в РФ, республиках Туркменистан, Азербайджан и Казахстан. Та же ситуация складывается с распространением рода Повилик. Амброзия полыннолистная получила распространение в РФ, республиках Азербайджан и Казахстан. Амброзия многолетняя представлена в Казахстане, на территории Астраханской области и республике Дагестан не зарегистрирована. Паслен колючий получил распространение на территории республики Дагестан и республики Азербайджан. На территории РФ получил ограниченное распространение карантинный сорняк ценхрус, что в свою очередь несет опасность для других стран Прикаспия.

Выводы. Таким образом, следует отметить, что страны Прикаспия, благодаря своим почвенно-климатическим условиям, имеют сходные благоприятные условия для распространения карантинных вредных организмов. Проникновение агрессивных чужеродных видов вредных организмов (вредителей, болезней и сорняков) в настоящее время способно привести к проявлению кардинальных изменений, способных привести к потере биоразнообразия регионов [23].

Библиографический список

1. Ангасова О. Б. Классификация приграничных регионов Российской Федерации // Вестник Бурятского государственного университета. Педагогика. Философия. 2014. № 2. С. 76-80.
2. Бактериальный ожог плодовых культур (*Erwinia amylovora*) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/bakterialnyy-ozhog-plodovykh-kultur-erwinia-amylovora/> (Дата обращения 10.09.2020).
3. Борзых А. И. Динамика численности и фитосанитарный контроль калифорнийской щитовки в Украине // Проблемы современной биологии. 2014. № 11. С. 41-44.
4. В Тамбовской области в зерне кукурузы выявлена амброзия полыннолистная [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tambov.bezformata.com/listnews/kukuruzi-viyavlena-ambroziya-polinnolistnaya/12358960/> (Дата обращения 10.09.2020).
5. Внимание, инфицированный семенной материал! Информация с сайта Управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Республике Коми [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rsnkomi.ru/novosti/2/> (Дата обращения 5.09.2020).
6. Гулиев Д. Ж. Карантинный контроль в Азербайджане // Защита и карантин растений. 2016. № 6. С. 8-10.
7. Единый перечень карантинных объектов Евразийского экономического союза (утвержден решением Совета Евразийской экономической комиссии от 30 ноября 2016 г. № 158) (С изменениями и дополнениями от: 8 августа 2019 г. (Решение Совета Евразийской эко-

номической комиссии от 8 августа 2019 г. N 74) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vniikr.ru/edinyij-perechen-karantinnyix-obektov-evrazijskogo-ekonomicheskogo-soyuza> (Дата обращения 1.09.2020).

8. Карантинный сорняк – амброзия полыннолистная [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nalchik.bezformata.com/listnews/sornyak-ambroziya-polinnolistnaya/49077552/> (Дата обращения 10.09.2020).

9. Москаленко Г. П. Карантинные сорные растения России. М.: Гос. инспекция по карантину растений Рос. Федерации (Росгоскарантин), 2001. 277 с.

10. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации // Защита и карантин растений. 2016. № 7. С. 3-10.

11. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации в 2018 году // Карантин растений. Наука и практика. 2019. №2. С. 2-12.

12. Национальный доклад о карантинном фитосанитарном состоянии территории Российской Федерации в 2018 году // Защита и карантин растений. 2019. № 7.

13. Нурмамаев А. М., Кабулов Б., Нурмамаев И. А. Особенности экологии и вредности червеца Комстока (*Pseudococcus comstocki* (Kuwana)) в Таджикистане // Известия Академии наук республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. 2015. № 4 (192). С. 13-20.

14. О карантине растений: Закон Республики Казахстан от 11 февраля 1999 года № 344 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z990000344_#2 (Дата обращения 5.09.2020).

15. О Карантине растений: Закон Туркменистана от 15 августа 2009 года №54-IV [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://skachate.ru/pravo/64842/index.html> (Дата обращения 5.09.2020).

16. Перечень чужеродных видов – приоритетных мишеней Европейской части России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sevin.ru/invasive/priortargets/insects.html> (Дата обращения 10.09.2020).

17. Рекомендации по борьбе с амброзией полыннолистной / Н. Г. Осенний, В. Б. Ан, А. В. Носик, О. А. Пчельник. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2019. 39 с.

18. Ситникова Н. В. Карантинные сорные растения. Казань: Издательство Казанского (Приволжского) Федерального университета, 2013. 141 с.

19. Терехина Т. А. Карантинные сорные растения Южной Сибири // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2015. № 14. С. 41-46.

20. Чужеродные виды на территории России. *Acroptilon repens* (L.) DC. Горчак ползучий, розовый [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sevin.ru/invasive/invasion/plants/bitterling.html> (Дата обращения 10.09.2020).

21. Чужеродные виды на территории России. *Quadrastiphiotus perniciosus* Comst. Калифорнийская щитовка [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.sevin.ru/invasive/invasion/insects/settled/san_jose_scale.html (Дата обращения 10.09.2020).

22. Шаповалова Н. Печальный вирус против зеленого дракона [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/zrast/pechalnyi-virus-protiv-zelenogo-drakona.html> (Дата обращения 10.09.2020).

23. Gusev A. P. Plant invasions and landscape ecological state indication // Tyumen State University Herald. 2012. № 12. P. 168-174.

Conclusion. Thus, it should be noted that the Caspian countries, due to their soil and climatic conditions, have similar favorable conditions for the spread of quarantine pests. The penetration of aggressive alien species of harmful organisms (pests, diseases and weeds) is currently capable of leading to the manifestation of cardinal changes that can lead to the loss of regional biodiversity [23].

References

1. Angapova O. B. Classification of border regions of the Russian Federation // Bulletin of the Buryat State University. Pedagogy. Philosophy. 2014. № 2. P. 76-80.
2. Bacterial burn of fruit crops (*Erwinia amylovora*) [Electronic resource]. Access mode: <http://referent61.ru/press-tsentr/informatsiya/poleznaya-informatsiya/karantin-volgograd/bakterialnyy-ozhog-plodovykh-kultur-erwinia-amylovora/> (Date of treatment 09/10/2020).
3. Borzykh A. I. Population dynamics and phytosanitary control of the Californian scale insect in Ukraine // Problems of modern biology. 2014. № 11. P. 41-44.
4. In the Tambov region, ragweed was found in corn grain [Electronic resource]. Access mode: <https://tambov.bezformata.com/listnews/kukuruzi-viyavlena-ambroziya-polinnolistnaya/12358960/> (Date of treatment 09/10/2020).
5. Attention, infected seed! Information from the site of the Office of the Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance in the Komi Republic [Electronic resource]. Access mode: <http://www.rsnkomi.ru/novosti/2/> (Date of treatment 5.09.2020).
6. Guliev D. Zh. Quarantine control in Azerbaijan // Plant protection and quarantine. 2016. № 6. P. 8-10.
7. Unified list of quarantine objects of the Eurasian Economic Union (approved by the decision of the Council of the Eurasian Economic Commission dated November 30, 2016 No. 158) (With amendments and additions dated: August 8, 2019 (Decision of the Eurasian Economic Commission Council dated August 8, 2019 No. 74) [Electronic resource]. Access mode: <https://vniikr.ru/edinyj-perechen-karantinnykh-obektov-evrazijskogo-ekonomicheskogo-soyuza> (Date of treatment 1.09.2020).
8. Quarantine weed - wormwood ragweed [Electronic resource]. Access mode: <https://nalchik.bezformata.com/listnews/sornyak-ambroziya-polinnolistnaya/49077552/> (Date of treatment 09/10/2020).
9. Moskalenko G. P. Quarantine weeds of Russia. M.: State. plant quarantine inspection Ros. Federation (Rosgoskarantin), 2001. 277 p.
10. National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation // Plant protection and quarantine. 2016. № 7. P. 3-10.
11. National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation in 2018 // Plant Quarantine. Science and practice. 2019. № 2. P. 2-12.
12. National report on the quarantine phytosanitary state of the territory of the Russian Federation in 2018 // Plant protection and quarantine. 2019. No. 7.
13. Nurmatov A. M., Kabulov B., Nurmatov I. A. Features of ecology and harmfulness of the Comstock worm (*Pseudococcus comstocki* (Kuwana) in Tajikistan // Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan. Department of Biological and Medical Sciences. 2015. No. 4 (192). P. 13-20.
14. On plant quarantine: Law of the Republic of Kazakhstan (dated February 11, 1999, No. 344) [Electronic resource]. Access mode: http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z990000344_#2 (Date of treatment 5.09.2020).
15. On Quarantine of Plants: Law of Turkmenistan (dated August 15, 2009 No. 54-IV) [Electronic resource]. Access mode: <https://skachate.ru/pravo/64842/index.html> (Date of treatment 09/05/2020).
16. List of alien species - priority targets of the European part of Russia [Electronic resource]. Access mode: <http://www.sevin.ru/invasive/priortargets/insects.html> (Date of treatment 09/10/2020).
17. Recommendations for the fight against ragweed wormwood / N. G. Autumn, V. B. An, A. V. Nosik, O. A. Apiary. Simferopol: IT "ARIAL", 2019. 39 p.
18. Sitnikova N. V. Quarantine weeds. Kazan: Publishing house of the Kazan (Volga region) Federal University, 2013. 141 p.
19. Terekhina T. A. Quarantine weeds of Southern Siberia // Problems of Botany of Southern Siberia and Mongolia. 2015. № 14. P. 41-46.
20. Alien species on the territory of Russia. *Acroptilon repens* (L.) DC. Gorchak creeping, pink [Electronic resource]. Access mode: <http://www.sevin.ru/invasive/invasion/plants/bitterling.html> (Date of treatment 09/10/2020).

21. Alien species on the territory of Russia. *Quadraspidotus perniciosus* Comst. Californian shield [Electronic resource]. Access mode: http://www.sevin.ru/invasive/invasion/insects/settled/san_jose_scale.html (Date of treatment 09/10/2020).

22. Shapovalova N. Sad virus against the green dragon [Electronic resource]. Access mode: <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastanii/zrast/pechalnyi-virus-protiv-zelenogo-drakona.html> (Date of treatment 09/10/2020).

23. Gusev A. P. Plant invasions and landscape ecological state indication // Tyumen State University Herald. 2012. № 12. P. 168-174.

Authors Information

Arslanova Rumiya Akhtyamovna, Head of the Department of Agrotechnology, Engineering and Agribusiness, Astrakhan State University (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva st., 20A), associate professor, candidate of agricultural sciences, tel. 89297405121, e-mail: rumiya-arslanova@mail.ru

Babakova Anna Sergeevna, Associate Professor of the Department of Agrotechnology, Engineering and Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Astrakhan State University (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva st., 20A), associate professor, candidate of agricultural sciences, tel. 89170916544, e-mail: anntyanetka@mail.ru

Vilkova Zhanna Anatolyevna, Associate Professor of the Department of Agrotechnology, Engineering and Agribusiness, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, Astrakhan State University (Russian Federation, 414056, Astrakhan, Tatishcheva st., 20A), associate professor, candidate of agricultural sciences, tel. 89608639728, e-mail: zim-zhanna@mail.ru

Информация об авторах

Арсланова Румия Ахтямовна, заведующий кафедрой агротехнологий, инженерии и агробизнеса ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет (РФ, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20А), доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 89297405121, e-mail: rumiya-arslanova@mail.ru

Бабакова Анна Сергеевна, доцент кафедры агротехнологии, инженерии и агробизнеса ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет (РФ, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20А), доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 89170916544, e-mail: anntyanetka@mail.ru

Вилкова Жанна Анатольевна, доцент кафедры агротехнологии, инженерии и агробизнеса ФГБОУ ВО Астраханский государственный университет (РФ, 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20А), доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 89608639728, e-mail: zim-zhanna@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-09

THE INFLUENCE OF SNOW RESERVES ON THE FORMATION OF SURFACE RUNOFF OF MELT-WATER IN THE STEPPE ZONE ON ORDINARY CHERNOZEMS OF THE SAMARA VOLGA REGION

A. T. Barabanov¹, V. I. Panov²

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

²*Volga Agroforestry Experimental Station – the branch of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Samara*

Received 12.09.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

When predicting runoff, snow reserves are unreasonably assigned a very large role. Often, the volume of surface runoff is associated only with water reserves in the snow. We have experimentally established and theoretically justified the relationship of surface runoff of melt-water with snow reserves in interaction with other natural factors. She remains a controversial issue. Under some combination of some conditions (the soil is thawed or frozen less than 50 cm), the runoff does not depend on snow reserves at all, while under others (the depth of freezing is more than 50 cm), and they play a very important role in its formation in interaction with soil moisture.

Abstract

Introduction. The solution to the problem of soil erosion control should be based on the regulation of runoff by identifying the influence of natural factors on it: water reserves in snow, humidity and depth of soil freezing. When forecasting the runoff of the snow cover is traditionally, but wrongly plays a very big role. Often, the volume of surface runoff is associated only with the water reserves in the snow in the catchment area: the more snow, the greater the expected runoff. In fact, the role of snow reserves in the formation of runoff is very complex. **Object.** The object of research was to study the patterns of formation of spring slope runoff. The aim of the study was to identify the role of snow reserves in the formation of runoff in interaction with other natural factors. **Methods.** The methodological basis of our experiments was the methods used in various related Sciences, adapted to the goals and tasks set. Experimental studies were conducted at the Volga Agroforestry Experimental Station in the Samara region in stationary experiments using the method of runoff sites with different agrophones. **Results and conclusions.** We have experimentally established and theoretically justified the relationship of slope runoff with snow reserves. It is estimated that snow reserves play an important role in the formation of runoff in interaction with other factors. Under some combination of certain conditions (the soil is thawed or frozen less than 50 cm), the runoff does not depend on snow reserves at all, while under other conditions (the depth of freezing is more than 50 cm), snow reserves are the most important factor in its formation in interaction with soil moisture. Water plays an active role, while snow reserves play a passive role, meaning that snow reserves do not directly affect runoff. Thus, the amount of runoff depends on snow reserves to a large extent, but depending on the freezing and moistening of the soil

Key words: soil erosion, surface runoff, runoff factors, snow reserves, soil moisture, soil freezing depth.

Citation. Barabanov A. T., Panov V. I. The influence of snow reserves on the formation of surface runoff of melt-water in the steppe zone on ordinary chernozems of the Samara Zavolzhye. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 96-105 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-09.

Author's contribution. The authors of this study summarized the material, analyzed it, and wrote a manuscript.

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

УДК 631.6.02

ВЛИЯНИЕ СНЕГОЗАПАСОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ТАЛЫХ ВОД В СТЕПНОЙ ЗОНЕ НА ОБЫКНОВЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

А. Т. Барабанов¹, доктор сельскохозяйственных наук

В. И. Панов², кандидат географических наук

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

²Поволжская агролесомелиоративная опытная станция – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, г. Самара

Дата поступления в редакцию 12.09.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Решение проблемы борьбы с эрозией почв должно осуществляться на основе регулирования стока путем выявления влияния на него природных факторов: запасов воды в снеге, влажности и глубины промерзания почвы. При прогнозировании стока снегозапасам традиционно, но необоснованно отводится очень большая роль. Часто объем поверхностного стока связывают только с запасами воды в снеге на водосборе: чем больше снега, тем больший ожидают сток. На самом деле роль снегозапасов в формировании стока очень сложная. **Объектом** исследований было изучение закономерностей формирования весеннего склонового стока. Целью исследо-

вания было выявление роли снегозапасов в формировании стока во взаимодействии с другими природными факторами. **Методика.** Методической основой наших экспериментов были методы, используемые в разных смежных науках, адаптированные к поставленным целям и задачам. Экспериментальные исследования проводились на Поволжской агролесомелиоративной опытной станции в Самарской области в стационарных опытах с применением метода стоковых площадок с разными агрофонами. **Результаты и выводы.** Нами экспериментально установлена и теоретически обоснована связь склонового стока со снегозапасами во взаимодействии с другими природными факторами. Важную роль в формировании стока играют снегозапасы во взаимодействии с другими факторами. Она оценивается неоднозначно. При некотором сочетании одних условий (почва талая или промерзла меньше 50 см) от снегозапасов сток совсем не зависит, а при других (глубина промерзания больше 50 см) – снегозапасы являются важнейшим фактором его формирования во взаимодействии с влажностью почвы. Влажность играет активную роль, снегозапасы – пассивную, то есть снегозапасы непосредственно на сток не влияют. Таким образом, от снегозапасов величина стока зависит в значительной степени, но в зависимости от промерзания и увлажнения почвы. Установлено, что просачивание талой воды в мерзлую почву определяется объемом свободных пор верхнего (0-30 см) слоя почвы, который обычно успевает оттаять к концу снеготаяния, то есть почва способна усвоить количество снеговой воды, равное объему пор, не занятых почвенной влагой, а остальная талая вода стекает. Иначе говоря, снегозапасы непосредственно не влияют на водопоглощение, но от них зависит объем стока. Влажность и глубина промерзания почвы являются важнейшими факторами формирования стока. Сток отсутствовал в годы, когда глубина промерзания почвы была меньше 50 см, и в годы с низкими запасами влаги в почве. В годы, когда формировался сток, глубина промерзания была большая – 80-150 см. В степной зоне на обыкновенных черноземах Самарского Заволжья природными факторами, которые необходимо учитывать при прогнозе величины (объема) поверхностного стока талых вод, являются только глубина промерзания, увлажнение почвы и снегозапасы. Все остальные факторы играют незначительную роль, их можно не учитывать.

Ключевые слова: эрозия почв, поверхностный сток, факторы стока, снегозапасы, влажность почв, глубина промерзания почв.

Цитирование. Барабанов А. Т., Панов В. И. Влияние снегозапасов на формирование поверхностного стока талых вод в степной зоне на обыкновенных черноземах Самарского Заволжья. *Известия НВ АУК*. 2020. 96-105. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-09.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования обобщили материал, проанализировали его и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В гидрологии суши, агроценозов, ландшафтов и речных систем одним из важнейших элементов водного баланса является поверхностный сток. Это та часть атмосферных осадков, которая не впиталась в почву. Исключительно важно знать закономерности и особенности формирования и долгосрочного прогнозирования поверхностного талого стока, факторы которого связаны с длительным осенне-зимне-весенним временным периодом претерпевают самые разнообразные изменения и сочетания.

Защита почв от эрозии очень сложная и актуальная проблема. Разработка системы мероприятий по борьбе с эрозией почв необходимо осуществлять на основе учета закономерностей формирования весеннего стока. Из литературы известно, что на его формирование влияет множество факторов (глубина промерзания и влажность почвы, снегозапасы, характер снеготаяния, его интенсивность, продолжительность паводка, наличие зимних оттепелей и др.), но оценка их роли неоднозначна. Большинство авторов считает, что они влияют на сток во взаимодействии, а другие рассматривают влияние каждого фактора в отдельности, то есть взгляды исследователей очень сильно отличаются.

Многие исследователи [4, 6, 9, 10], проводя многолетние исследования, пришли к выводу о том, что важнейшую роль в формировании стока играют снегозапасы. От них напрямую зависит его величина: то есть чем больше снега, тем больше сток. Однако Сурмач Г. П. [8] определил, что не всегда можно выделить в чистом виде влияние снегозапасов на сток, иногда накладывается действие других факторов. Он указывал на то, что при увеличении запасов воды в снеге сток увеличивается, однако одновременно с этим во многих случаях повышается и коэффициент стока. Он пришел к выводу о том, что при разном воздействии факторов на весенний сток в зависимости от многообразия погодных условий и хозяйственной деятельности связь между снегозапасами и величиной стока бывает разная. Для степной зоны он сгруппировал сочетания этих условий в 5 групп. Это позволило ему разработать методику прогноза стока на качественном уровне: отсутствие стока, слабый сток, умеренный, сильный, весьма сильный. Ему удалось глубоко и всесторонне проанализировать зависимость стока от природных и антропогенных факторов, но, к сожалению, прогноз стока не был формализован. В результате он пришел к выводу, что прогноз весеннего стока, полученный на основе анализа влажности почвы, запасов воды в снеге и гидрометеорологических условий осенне-зимне-весеннего периода, не основанный на количественной оценке уровней факторов, не может быть высокоточным.

В формализованном виде метод прогноза стока в основном для рек за период половодья разрабатывался многими исследователями [1, 3, 5, 7, 11, 12]. Они рассматривали процесс формирования стока талых вод как многофакторный и очень сложный. В литературе много материалов, характеризующих роль природных факторов в формировании стока, однако они часто анализируются без учета их взаимодействия. Анализ результатов многих исследователей показал, что при разработке прогноза стока используется либо много факторов, либо один. Анализ уравнений прогноза поверхностного стока талых вод показал, что он в наибольшей степени зависит от запасов воды в снеге, хотя учитываются и другие факторы, в основном глубина промерзания и влажность почвы. Судя по параметрам уравнений, эти факторы в одних случаях играют очень большую роль, а в других – маленькую. Таким образом, анализ имеющегося материала, характеризующего воздействие природных факторов на сток талых вод, не позволяет однозначно охарактеризовать их роль и сформулировать подходы к его прогнозированию и разработке системы мероприятий по управлению эрозионно-гидрологическим процессом. Необходимо получение дополнительного материала и новый подход к его анализу.

Целью исследования было выявить роль снегозапасов в формировании весеннего стока, разработать теоретические основы противоэрозионного обустройства сельскохозяйственных земель, сформулировать принципы, подходы и критерии прогнозирования стока и создания систем адаптивно-ландшафтного земледелия.

Материалы и методы. Исследование эрозионно-гидрологических процессов – сложная задача. Классическая методика полевого опыта в земледелии, которая предусматривала подбор объектов на ровных участках с одинаковым почвенным покровом на удалении от лесных полос и других лесонасаждений, не могла быть применена на склонах, где складывались очень пестрые агроэкологические и почвенно-эрозионные условия. Система методов, разработанная для этих целей, строилась на основе заимствования их из разных наук и адаптирована к решению конкретных задач исследования. В наших исследованиях основным был водно-балансовый метод. Мы применяли метод стоковых площадок. Для этого закладывались элементарные и комбинированные стоковые площадки шириной 20 м и длиной 100 м. На них проводили снегомерные съемки определения гидрометеорологиче-

ских условий, объемной массы почвы, стока талых вод, смыва почвы и др. При этом определяли высоту снега, снеготопасы, глубину промерзания и влажность почвы и другие сопутствующие показатели. Высоту снега измеряли снегомерной рейкой по профилям через 4 м в 5-кратной повторности, плотность – весовым снегомером через 20 м в 3-х кратной повторности. Глубину промерзания почвы определяли путем бурения скважин, выкопки шурфов и по мерзлотомерам Данилина, влажность почвы – термостатно-весовым методом. Сток учитывали на треугольных водосливах с углом выреза 45°. Все другие показатели определялись по общепринятым апробированным методикам.

На основе разработанных во ВНИАЛМИ методов выполнены обширные исследования по экспериментальной оценке природных факторов эрозионно-гидрологического режима территории водосборов и антропогенных приемов управления им (обработка почвы, лесо-, лугомелиоративные мероприятия и гидротехнические приемы), обобщены собственные и литературные данные экспериментов, сформированы соответствующие банки информации, выполнен ее анализ, обоснованы и проверены новые теоретические положения, объясняющие физику эрозионно-гидрологического процесса, созданы и апробированы соответствующие физические и математические модели.

Результаты и обсуждение. При анализе стокообразующей роли снеготопасов во взаимодействии с другими факторами (глубина промерзания и влажность почвы) использованы материалы исследований В. И. Панова, Г. С. Боброва, И. И. Гункина, Ф. А. Абдульманова, А. В. Лапчука, полученные под руководством Г. П. Сурмача и А. Т. Барабанова. Роли снеготопасов в формировании стока мы уделяем больше внимания потому, что она часто переоценивается и прогнозы получаются ошибочные.

Наши исследования, а также данные других авторов показывают, что на обыкновенных черноземах Самарской области прямой зависимости поверхностного стока талых вод от снеготопасов нет (таблица). В зимы с большим количеством снега (при снеготопасах больше 100 мм) часто сток отсутствовал, либо был очень большим. В малоснежные зимы (при снеготопасах меньше 100 мм) сток часто формировался вне зависимости от снеготопасов. Так, на рыхлой пашне (зять) в многоснежные зимы сток в отдельные годы (1985, 1988) сформировался относительно большой – 52 и 54 мм при снеготопасах 167 и 181 мм соответственно, а в другие годы (1989, 1998) при снеготопасах 192 и 207 мм стока совсем не было. И таких лет, когда сток отсутствовал при больших снеготопасах (104-207 мм), было 23 из 41. В малоснежные зимы сток не сформировался 11 лет из 17, три года он был незначительный. При запасах воды в снеге 98 мм сток в 2015 г. не сформировался, а в 1970 г. величина его составила 16 мм. На уплотненной пашне (озимые, многолетние травы) сток также по годам колебался независимо от снеготопасов. В многоснежную зиму 1979 г. при снеготопасах 164 мм сток был 127 мм, в 2016 г. при снеготопасах 174 мм он отсутствовал. Такие годы с отсутствием стока повторялись 11 лет из 41. В малоснежные зимы при запасах воды в снеге 63 мм стока не было, а при снеготопасах 74 мм величина его составила 44 мм. Статистический (корреляционный) анализ связи стока со снеготопасами показал ее отсутствие. Коэффициент корреляции на рыхлой пашне составил 0,43, а стандартная ошибка 11,2, а на уплотненной – соответственно 0,16 и 30,2. Но это не указывает на то, что от запасов воды в снеге сток не зависит. Средние величины стока в зимы с большим и малым количеством снега отличаются в сильной степени. На рыхлой пашне в многоснежные годы она была 9 мм, а в малоснежные – 2 мм, а на уплотненной – соответственно 37 и 24 мм, т. е. от снеготопасов величина стока зависит в значительной степени, но происходит это в зависимости от уровня других природных факторов: влажности и промерзания почвы.

Таблица – Влияние снегозапасов на поверхностный сток талых вод на обыкновенных черноземах степи, Самарская обл.

Table – Influence of snow reserves on the surface runoff of meltwater on ordinary chernozems of the steppe, Samara region

Годы / Years	Снегозапасы, мм / Snow reserves, mm	Сток, мм / Drain, mm	Годы / Years	Снегозапасы, мм / Snow reserves, mm	Сток, мм / Drain, mm
Рыхлая пашня / Loose arable land			Уплотненная пашня / Compacted arable land		
1	2	3	4	5	6
Многоснежные зимы / Snowy winters					
1963	104	0	1959	278	32
1964	170	34	1960	137	53
1966	136	27	1961	120	27
1968	109	24	1963	138	12
1972	123	1	1964	140	58
1974	106	12	1965	135	49
1976	114	0	1966	188	50
1978	112	11	1967	110	18
1979	199	32	1968	189	81
1980	165	17	1970	117	86
1981	154	9	1973	111	54
1983	110	8	1974	103	65
1984	114	0	1977	139	43
1985	167	52	1978	145	30
1986	154	13	1979	164	127
1987	228	3	1980	142	56
1988	181	54	1981	123	50
1989	192	0	1983	103	55
1990	131	14	1985	123	88
1991	113	12	1986	112	75
1992	141	0	1987	214	42
1993	118	0	1988	116	98
1994	115	4	1989	185	17
1995	128	0	1990	137	54
1996	131	0	1991	118	60
1997	195	40	1992	137	23
1998	207	0	1993	110	7
1999	157	0	1994	138	27
2000	154	0	2001	142	30
2001	134	0	2002	117	0
2002	128	0	2003	0	0
2003	134	0	2004	102	0
2004	124	0	2005	154	41
2005	112	12	2007	109	0
2008	121	0	2008	139	0
2010	112	0	2011	126	0
2011	128	0	2012	137	0
2012	148	0	2013	138	0
2013	129	0	2014	182	0
2014	115	0	2015	162	0
2016	105	0	2016	174	0
Среднее	140	9	Среднее	138	37

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
Малоснежные зимы / Low-snow winters					
1959	65	0	1962	65	11
1960	78	0	1969	74	6
1961	68	0	1971	74	44
1962	51	0	1972	98	26
1965	93	2	1975	81	37
1967	51	0	1976	79	15
1969	58	0	1982	103	55
1970	98	16	1984	97	26
1971	45	5	2006	84	19
1973	52	8	2009	63	0
1975	66	0	-	-	-
1977	70	1	-	-	-
1982	57	3	-	-	-
2006	78	0	-	-	-
2007	91	0	-	-	-
2009	50	0	-	-	-
2015	98	0	-	-	-
Среднее / Average	69	2	Среднее / Average	82	24

Анализ связи стока с этими факторами на обыкновенном черноземе Самарской области показал, что роль снегозапасов в формировании стока талых вод неоднозначная. При промерзании почвогрунта не более 50 см [2] поверхностный склоновый сток отсутствует при любых запасах воды в снеге и влажности почвы. При запасах воды в слое почвы 0–50 см меньше 120 мм он также отсутствует при любых запасах воды в снеге и глубине промерзания почвы. А при глубине промерзания почвогрунта более 50 см и запасах воды в верхнем полуметровом слое почвы более 120 мм сток формируется в любом случае, и величина его зависит от уровня запасов воды в снеге и почве. В этом случае влажность почвы активно влияет на формирование стока, а снеговая вода пассивно, то есть излишки не впитавшейся в почву снеговой воды формируют поверхностный сток. Степень увлажнения почвы влияет на объем свободного порового пространства, от которого зависит водопоглощение. При высокой степени влажности (полная влагоёмкость) всё поровое пространство занято водой; глубокое и сильное промерзание такой почвы (и грунта) создаёт здесь, в период снеготаяния, водонепроницаемый запирающий (ледяной) экран и вызывает формирование талого стока.

Автором [2] ранее было установлено, что просачивание талой воды в мерзлую почву определяется объемом свободных пор верхнего (0-30 см) слоя почвы, который обычно успевает оттаивать к концу снеготаяния, то есть почва способна усвоить количество снеговой воды, равное объему пор, не занятых почвенной влагой, а остальная талая вода стекает. Иначе говоря, снегозапасы непосредственно не влияют на водопоглощение, но от них зависит объем стока. Мы здесь не анализируем влияние снежного покрова на замерзание почвы как фактора стока талых вод. Влажность и глубина промерзания почвы являются важнейшими факторами формирования стока. Сток отсутствовал в годы, когда глубина промерзания почвы была меньше 50 см и в годы с низкими запасами влаги в почве. В годы, когда формировался сток, глубина промерзания была большая – 80-150 см.

Таким образом, в степной зоне на обыкновенных черноземах Самарского Заволжья природными факторами, которые необходимо учитывать при прогнозе величины (объема) поверхностного стока талых вод, являются только глубина промерзания, увлажнение почвы и снегозапасы. Все остальные факторы играют незначительную роль, их можно не учитывать.

Выводы. В результате исследований установлена роль снегозапасов в формировании весеннего стока во взаимодействии с другими факторами на обыкновенных черноземах Самарского Заволжья. Снег является высокоэффективным теплоизолирующим материалом, надёжно защищающим (при значительной высоте) почву от промерзания, что опосредствованно отражается на формировании поверхностного стока. Главными факторами, которые существенно влияют на процесс формирования стока, являются глубина промерзания почвы, ее увлажнение и снегозапасы перед снеготаянием. Влияние их происходит в сложном взаимодействии. Снегозапасы, сформировавшиеся на водосборе к началу снеготаяния, непосредственно не воздействуют на характер формирования стока, но величина (объем) его зависит от количества запасов воды в снеге. Эта зависимость обусловлена уровнем других факторов: влажностью и характером промерзания почвы. Если глубина промерзания почвы менее 50 см, то сток отсутствует при любых снегозапасах и влажности почвы. При более глубоком промерзании почвы сток обязательно формируется, но величина его зависит от влажности верхнего слоя почвы и запасов воды в снеге. Роль снегозапасов в этом случае проявляется по-разному. Она зависит от степени увлажнения почвы.

Библиографический список

1. Барабанов А. Т., Петелько А. И. Прогнозирование поверхностного стока талых вод с сельскохозяйственных угодий в лесостепной части бассейна Волги // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 1-7.
2. Барабанов А. Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 188 с.
3. Гельфан А. Н. Динамико-статистическое моделирование формирования талого стока. М.: Наука, 2007. 280 с.
4. Комиссаров М. А., Габбасова И. М. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в южном Предуралье // Почвоведение. 2014. № 6. С. 734-743.
5. Моделирование процессов противоэрозионного земледелия и агролесомелиорации /А. В. Панфилов [и др.] // Аграрный науч. журн. 2017. № 9. С. 19-23.
6. Мухин В. М. Методы прогнозирования притока воды в водохранилища за период весеннего половодья // Труды Гидрометцентра России. Гидрометеорологические прогнозы. 2014. Вып. 351. С. 108-140.
7. Панов В. И. Потери атмосферных осадков с незащищённых полей в степном засушливом субрегионе, их существенное снижение и стабилизация гидроресурсного потенциала земледелия созданием лесомелиорированных (лесоаграрных) бассейновых агроэколандшафтов // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18. № 2(2). С. 472-478.
8. Сурмач Г. П. Водная эрозия и борьба с ней. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 254 с.
9. Сухановский Ю. П. Вероятностный подход к расчету эрозионных потерь почвы // Почвоведение. 2013. № 4. С. 474.
10. Шабаетов А. И. Избранные труды. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие. Саратов: ФГБНУ «НИИСХЮВ», 2017. 648 с.
11. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // Agriculture. 2013. № 3(3). P. 443-463.
12. Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the east European plain / A. T. Barabanov, S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, V. I. Panov, A. I. Petelko // Eurasian Soil Science. 2018. V. 51. № 1. P. 66-72.

Conclusion. As a result of research, the role of snow reserves in the formation of spring runoff in interaction with other factors on ordinary chernozems of the Samara Volga region was established. Snow is a highly effective heat-insulating material that reliably protects the soil from freezing (at a considerable height), which indirectly affects the formation of surface runoff. The main factors that significantly affect the process of runoff formation are:

the depth of soil freezing, its moisture content and snow reserves before snowmelt. Their influence occurs in a complex interaction. Snow reserves formed in the catchment area at the beginning of snowmelt do not directly affect the nature of runoff formation, but its size (volume) depends on the amount of water reserves in the snow. This dependence is due to the level of other factors: humidity and the nature of soil freezing. If the depth of soil freezing is less than 50 cm, then there is no runoff with any snow reserves and soil humidity. When the soil freezes more deeply, runoff is necessarily formed, but its value depends on the humidity of the upper soil layer and water reserves in the snow. The role of snow reserves in this case is manifested in different ways. It depends on the degree of soil moisture.

Reference

1. Barabanov A. T., Petel'ko A. I. Prognozirovaniye poverhnostnogo stoka talyh vod s sel'sko-hozyajstvennyh ugodij v lesostepnoj chasti bassejna Volgi // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 4 (52). P. 1-7.
2. Barabanov A. T. Jerozionno-gidrologicheskaya ocenka vzaimodejstviya pri-rodnyh i antropogennyh faktorov formirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod i adaptivno-landshaftnoe zemledelie. Volgograd: FNC agro-jekologii RAN, 2017. 188 p.
3. Gel'fan A. N. Dinamiko-statisticheskoe modelirovaniye formirovaniya talogo stoka. M.: Nauka, 2007. 280 p.
4. Komissarov M. A., Gabbasova I. M. }roziya pochv pri snegotayanii na polo-gih sklonah v yuzhnom Predural'e // Pochvovedenie. 2014. № 6. P. 734-743.
5. Modelirovaniye processov protivorozionnogo zemledeliya i agrolesome-lioracii /A. V. Panfilov [i dr.] // Agrarnyj nauch. zhurn. 2017. № 9. P. 19-23.
6. Muhin V. M. Metody prognozirovaniya pritoka vody v vodohranilishcha za period vesennego polovod'ya // Trudy Gidrometcentra Rossii. Gidrome-teorologicheskie prognozy. 2014. Vol. 351. P. 108-140.
7. Panov V. I. Poteri atmosferynyh osadkov s nezaschischjonnyh polej v step-nom zasushlivom subregione, ih suschestvennoe snizhenie i stabilizaciya gidroresursnogo potenciala zemledeliya sozdaniem lesomeliorirovannyh (lesoagrarnyh) bassejnovykh agrojekolandshaftov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2016. T. 18. № 2(2). P. 472-478.
8. Surmach G. P. Vodnaya jeroziya i bor'ba s nej. L.: Gidrometeoizdat, 1976. 254 p.
9. Suhanovskij Yu. P. Veroyatnostnyj podhod k raschetu }rozionnyh poter' pochvy // Pochvovedenie. 2013. № 4. P. 474.
10. Shabaev A. I. Izbrannye trudy. jeroziya pochv i adaptivno-landshaftnoe zemledelie. Saratov: FGBNU "NIISXYuV", 2017. 648 p.
11. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // Agriculture. 2013. № 3(3). P. 443-463.
12. Surface runoff and snowmelt infiltration into the soil on plowlands in the forest-steppe and steppe zones of the east European plain / A. T. Barabanov, S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, V. I. Panov, A. I. Petelko // Eurasian Soil Science. 2018. V. 51. № 1. P. 66-72.

Authors Information

Anatoly Timofeevich Barabanov, chief research officer - head of the laboratory of soil protection from erosion, doctor of agricultural Sciences, FEDERAL research center for Agroecology, integrated land reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, 97 Universitetskij Prospekt, Volgograd, 400062, Russia, Email: barabanov-a@v fanc.ru, phone +7-961-694-08-44

Valery Ivanovich Panov, leading researcher, candidate of geographical Sciences, Volga agroforestry experimental station – branch of the FEDERAL research center for Agroecology, integrated land reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences, 443534, Russia, Samara region, Volzhsky district, village. Novoberezovskom, E-mail: aglos163@mail.ru, phone +7-927-685-62-28

Информация об авторах

Барабанов Анатолий Тимофеевич, главный научный сотрудник - заведующий лабораторией защиты почв от эрозии, доктор сельскохозяйственных наук, ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», (400062, Россия, Волгоград, Университетский проспект 97), Email: barabanov-a@v fanc.ru, телефон +7-961-694-08-44

Панов Валерий Иванович, ведущий научный сотрудник, кандидат географических наук, Поволжская агролесомелиоративная опытная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», (443534, Россия, Самарская область, Волжский район, пос. Новоберезовский), E-mail: aglos163@mail.ru, телефон +7927-685-62-28

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-10

AGRICULTURAL LAND IN THE REGION: STATE, TRENDS, PROSPECTS

G.N. Zvereva, S.A. Popova, V.V. Berkalieva

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 23.09.2020

Submitted 25.11.2020

Summary

The article reflects the results of a study of the regional market for agricultural land. The paper identifies the main features and analyzes the conditions for the effective use of agricultural land. The advantages of the cluster approach for the effective management of lands of this category at the regional level are shown.

Abstract

Introduction. The relevance of the study is due to the fact that agriculture has always been a key activity for Russia, and the development of agricultural activities is currently a strategic direction within the framework of import substitution policy. The regions of the country are endowed with unevenly fertile agricultural land, so it is extremely important to study the state of the land of each individual region in order to identify trends and prospects for development. Taking into account the fact that agriculture is not a key activity in the Volgograd region, and also taking into account unfavorable climatic conditions, constant monitoring of the efficiency of agricultural land use is required. **Object:** agricultural land in the Volgograd region. **Methods and materials:** analysis, statistical method, expert evaluation method. **Results and conclusions:** agricultural land is not used effectively enough, it is necessary to activate state participation for the development of the agricultural sector and, as a result, to increase the efficiency of land use in the region.

Key words. *Agricultural land, productivity, agricultural land, state support, agriculture.*

Citation: Zvereva G.N., Popova S.A., Berkalieva V.V. Agricultural land in the region: state, trends, prospects. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60) 105-120. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-10.

Author's contribution. An extensive study of the state, trends and prospects of agricultural land use in the Volgograd region was conducted, as well as tools for improving the efficiency of agricultural land use through the activation of agricultural activities in the region.

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

УДК 332.334.4:631.1

ЗЕМЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ РЕГИОНА: СОСТОЯНИЕ, ТЕНДЕНЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Г. Н. Зверева, кандидат экономических наук, доцент, профессор РАЕ

С. А. Попова, кандидат экономических наук, доцент

В. В. Беркалиева, магистр

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 23.09.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Аннотация. Статья отражает результаты исследования регионального рынка земель сельскохозяйственного назначения. В работе выявлены основные особенности и проанализированы условия эффективного использования земель сельскохозяйственного назначения. Показаны преимущества кластерного подхода по эффективному управлению землями этой категории на региональном уровне.

Актуальность. Актуальность исследования обусловлена тем фактом, что сельское хозяйство для России всегда было ключевым видом деятельности, и развитие сельскохозяйственной деятельности на сегодняшний день является стратегическим направлением в рамках политики импортозамещения. Регионы страны неравномерно наделены плодородными сельскохозяйственными землями, в связи с этим крайне важно изучение состояния земель каждого отдельного региона с целью выявления тенденций и перспектив развития. Учитывая тот факт, что в Волгоградской области сельское хозяйство не является ключевым видом деятельности, также учитывая неблагоприятные климатические условия, требуется постоянный мониторинг эффективности использования земельных ресурсов сельскохозяйственного назначения. **Объект:** земли сельскохозяйственного назначения в Волгоградской области. **Методы и материалы:** анализ, статистический метод, метод экспертных оценок. **Результаты и выводы:** земли сельскохозяйственного назначения используются недостаточно эффективно, требуется активизация государственного участия для развития сельскохозяйственного сектора и, как следствие, повышения эффективности использования земель области.

Ключевые слова: земли сельскохозяйственного назначения, сельскохозяйственные угодья, государственная поддержка сельского хозяйства.

Цитирование. Зверева Г. Н., Попова С. А., Беркалиева В. В. Земли сельскохозяйственного назначения региона: состояние, тенденции, перспективы *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 105-120. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-10.

Авторский вклад. Авторами проведено обширное исследование состояния, тенденций и перспектив использования земель сельскохозяйственного назначения в Волгоградской области, а также предложены инструменты повышения эффективности использования сельскохозяйственных земель посредством активизации сельскохозяйственной деятельности в регионе.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Волгоградская область расположена на юго-востоке Европейской части страны в степной зоне на междуречье Волги и Дона. Входит в состав Южного федерального округа. В соответствии с данными Росреестра, площадь земельного фонда Волгоградской области на 01.01.2019 года составляет 11 287,7 тыс. га, из них земли сельскохозяйственного назначения – 81 %, земли лесного фонда – 6 %, земли водного фонда – 3 %, прочие земли – 10 % (рисунок 1).

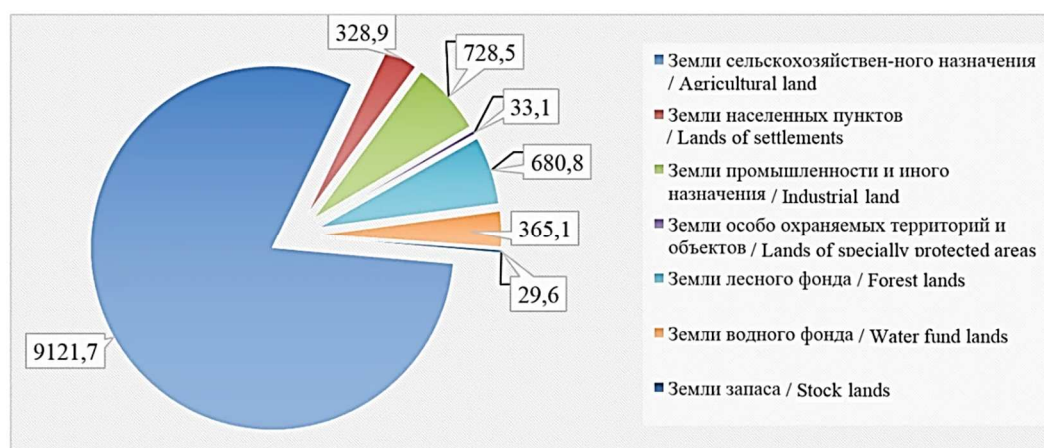


Рисунок 1 – Структура земельного фонда Волгоградской области на 01.01.2019 года

Figure 1 – The structure of the land fund of the Volgograd region as of 01.01.2019

Проблемы оптимизации экономического пространства региона эффективно решаются тогда, когда проводятся исследования структуры регионального земельного фонда.

Материалы и методы. Земельные угодья, систематически используемые или пригодные к использованию для конкретных хозяйственных целей, являются основным элементом государственного учета земель. В соответствии со ст.77 Земельного кодекса Российской Федерации (далее – ЗК РФ) землями сельскохозяйственного назначения признаются земли, находящиеся за границами населенных пунктов и предоставленные для нужд сельского хозяйства, а также предназначенные для этих целей. Земли данной категории выступают как основное средство производства в сельском хозяйстве, имеют особый правовой режим и подлежат особой охране, направленной на сохранение их площади, предотвращение развития и негативных почвенных процессов и повышение плодородия почв. Земли сельскохозяйственного назначения бывают двух видов, а именно сельскохозяйственные угодья и несельскохозяйственные угодья. К сельскохозяйственным угодьям относятся пашня, залежь, сенокосы, пастбища и многолетние насаждения. В структуре земельного фонда Волгоградской области доминируют сельскохозяйственные угодья, удельный вес которых составляет 78 %, в том числе пашня – 51,9 %, сенокосы и пастбища – 25,3 % (таблица 1, рисунок 2).

Таблица 1 – Распределение земельного фонда Волгоградской области по угодьям с 2000 по 2019 гг.

Table 1 – Distribution of the land fund of the Volgograd region by land from 2000 to 2019

Категория земель / Land category	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2015	2018	2019 (на 1.01.19 г.)
Всего земель / land in all	11287,7	11287,7	11287,7	11287,7	11287,7	11287,7	11287,7	11287,7	11287,7
Сельскохозяйственные угодья / Agricultural grounds	8762,6	8760,7	8761,4	8761,4	8761,4	8761,4	8761,4	8761,2	8761,2
Пашня / arable land	5891,2	5848,9	5853,8	5853,8	5853,8	5853,8	5854,1	5854,0	5854,0
Сенокосы, пастбища / hayfields and pastures	2823,0	2863,4	2859,3	2859,3	2859,3	2859,3	2859,8	2859,7	2859,7
Лесные земли / Forest land	591,8	591,7	591,9	591,9	591,9	591,9	591,0	591,0	591,0
Лесные земли, не входящие в лесной фонд / Forest lands not included in the forest fund	131,9	102,2	102,4	102,4	102,4	102,4	131,3	131,3	131,3
Земли под водой / Land under water	489,5	489,5	489,5	489,5	489,5	489,5	489,8	489,8	489,8
Болота / Swamps	35,3	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2
Прочие земли / Other lands	1276,6	1279,5	1278,1	1278,1	1278,1	1278,1	1278,1	1279,2	1279,2

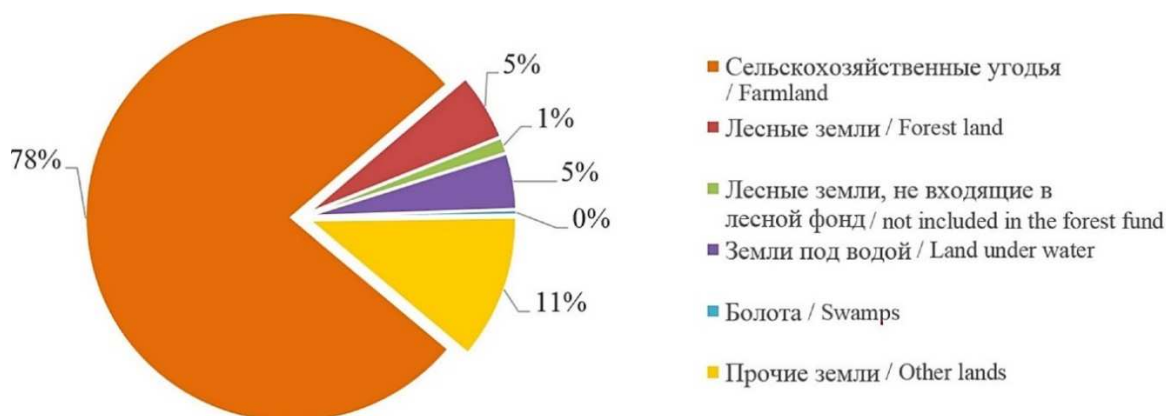


Рисунок 2 – Распределение земельного фонда Волгоградской области по угодьям на 01.01.2019 г.

Figure 2 – Distribution of the land fund of the Volgograd region by land as of 01.01.2019

На землях сельскохозяйственного назначения осуществляется деятельность по сельскохозяйственному производству. Помимо этого, на данных территориях создаются лесные насаждения, а также осуществляются другие виды работ. На землях сельскохозяйственного назначения имеют право вести деятельность следующие виды организаций.

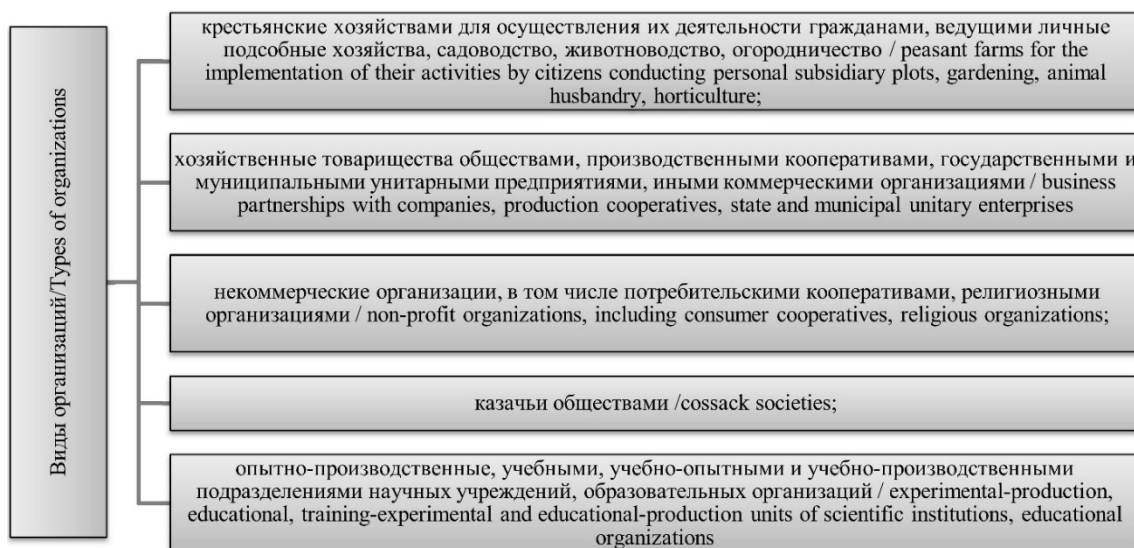


Рисунок 3 – Виды организаций, ведущих деятельность на землях сельскохозяйственного назначения

Figure 3 – Types of organizations operating on agricultural land

Данные статистики, собранные из официальных источников, таких как Росреестр по Волгоградской области, позволяют провести оценку масштабов использования земель сельскохозяйственных угодий Волгоградской области за последние 20 лет, что отражено на рисунке 4.

Крупнейшими пользователями сельскохозяйственных угодий в Волгоградской области являются сельскохозяйственные организации, крестьянские (фермерские) хозяйства и личные подсобные хозяйства. Анализируя приведенные данные, можем отметить, что за рассматриваемый период площадь земель сельскохозяйственных организаций сократилась

на 47,2 % (на 2163 тыс. га), в то время как количество земель крестьянских (фермерских) хозяйств увеличилось на 95 % (на 1192 тыс. га). Резкое увеличение использования земли и ежегодный рост начался в период с 1990 по 1995 гг. При этом посевные площади земель личных подсобных хозяйств не имеют определенной тенденции к изменениям, и за указанный период сокращались и увеличивались на незначительное количество тысяч гектаров. Это свидетельствует о том, что личный интерес среди землепользователей в регионе всегда оставался примерно на одном уровне, в сравнении с другими видами интересов.

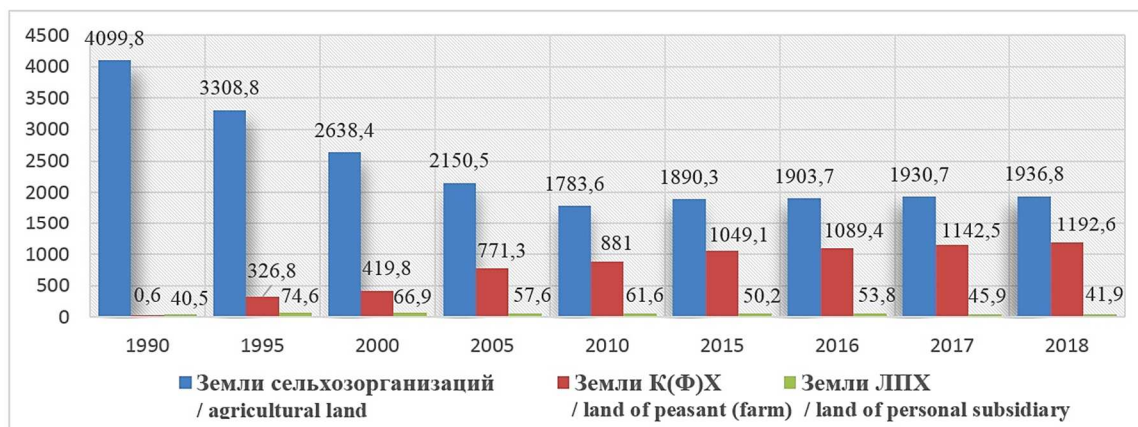


Рисунок 4 – Посевные площади сельскохозяйственных культур по категориям хозяйств Волгоградской области (тыс. га)

Figure 4 – Sown area of agricultural crops by categories of farms in the Volgograd region (thousand hectares)

Анализ посевных площадей по сельскохозяйственным культурам Волгоградской области показал, что вся посевная площадь сельскохозяйственных угодий имеет тенденцию стабильного роста с 8431,4 тыс. га в 2014 году до 8483,4 тыс. га в 2019 году (по данным на 01.01.2019 г.) Наглядно динамика изменений за указанный период представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Динамика сельскохозяйственных угодий Волгоградской области за период 2014-2019 гг.

Figure 5 – Dynamics of agricultural land in the Volgograd region for the period 2014-2019

Из общей площади сельскохозяйственных угодий можно выделить 5,8 млн га пашни, 2,6 млн га кормовых угодий, а также 0,38 и 0,04 млн га кормовых угодий и залежей, соответственно. Анализ динамики посевных площадей по категориям угодий показал, что за указанный период площадь пашни сократилась на 32,3 тыс. га, в то время как территория кормовых угодий напротив увеличилась на 171 тыс. га (рисунок 6).

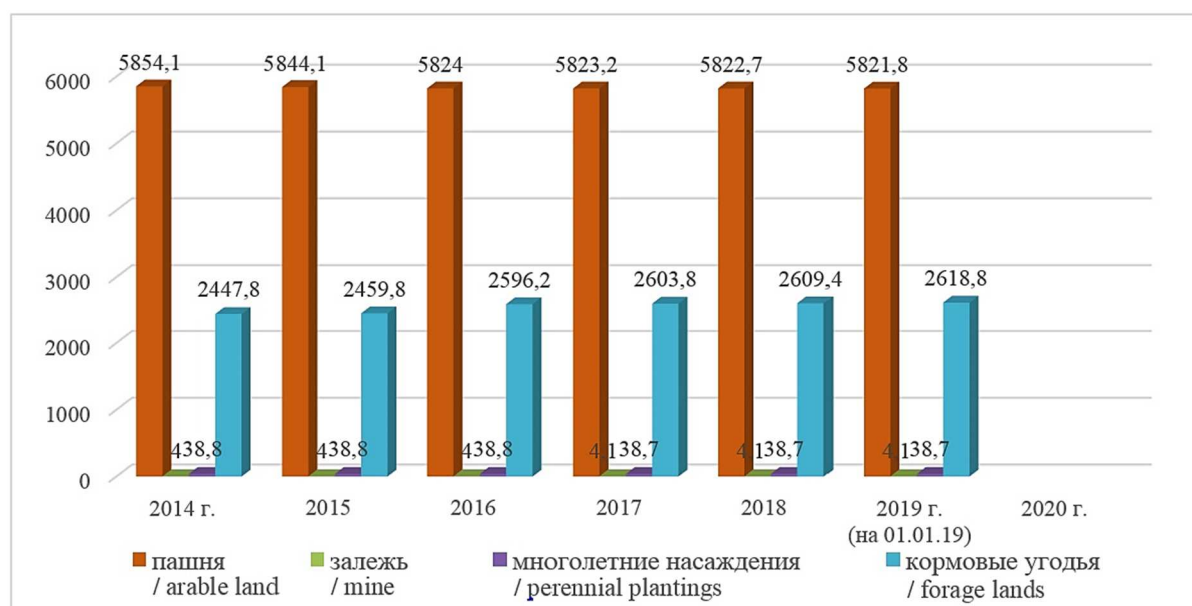


Рисунок 6 – Динамика посевных площадей сельскохозяйственных угодий Волгоградской области за период 2014-2019 гг.

Figure 6 – Dynamics of sown areas of agricultural land Volgograd region for the period 2014-2019

При этом большой процент сельскохозяйственных угодий до сих пор остается неиспользованным в России. По данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи, на 1 января 2019 г. на территории Волгоградской области не использовалось в хозяйственной деятельности более 1,5 млн га сельскохозяйственных угодий, что критично для области, в которой сельское хозяйство не является локомотивной сферой деятельности, но имеет большой потенциал. В случае задействования данной площади в сельскохозяйственной деятельности в области значительно вырастет ВВП, будут созданы рабочие места, получит развитие сопутствующая инфраструктура, активизируется оборот зерна и других видов сельскохозяйственных культур. Для того чтобы данная площадь была задействована, на наш взгляд, требуется разработка целевой программы развития сельскохозяйственной деятельности в Волгоградской области с приоритетным вниманием именно к данным сельскохозяйственным угодьям.

На рисунке 7 отражены данные, демонстрирующие использование земли в Волгоградской области. На рисунке видно, что до 1 млн га приходится на зернобобовые культуры, 700-835 га представляют собой технические зоны, на картофель и овощебахчевые приходится порядка 100-150 га, а на кормовые культуры отводится 110-125 тыс. га (таблица 2). Основная часть посевов сельскохозяйственных культур сосредоточена в сельскохозяйственных организациях – 61 %, хозяйствах населения – 1,3 % и в крестьянских (фермерских) хозяйствах – 37,6 %. Отметим то, что порядка 68,9 % приходится на сельскохозяйственные организации, а порядка 94,5 % приходится на хозяйства населения. К крестьянским (фермерским) хозяйствам относятся 73,7 % посевной площади, которые используются по зерновые, 20,1 % под технические культуры, остальные 6,1 % используются под картофель и кормовые культуры.

Одним из ключевых показателей эффективности использования сельскохозяйственных земель является урожайность сельскохозяйственных культур с единицы площади. Ведущая роль в структуре урожайности сельскохозяйственных культур Волго-

градского региона принадлежит овощам закрытого грунта. Далее по количеству собранных центнеров идут кормовые корнеплоды, картофель, кукуруза и зерно (рисунок 7). При этом по первым трем культурам на протяжении последних 5 лет наблюдается положительная динамика в структуре урожайности.

Таблица 2 – Посевные площади сельскохозяйственных культур по категориям хозяйств в Волгоградской области с 2014 по 2018 гг.

Table 2 – Sown area of agricultural crops by category of farms in the Volgograd region from 2014 to 2018

Годы / Years	Вся посевная площадь / The whole sown area	В том числе / Including			
		Зерновые и зерно- бобовые культуры / Cereals and legumes	Технические культуры / Industrial crops	Картофель и ово- щебахчевые культу- ры / Potatoes and vege- tables and melons	Кормовые культуры / Fodder crops
Хозяйства всех категорий/ Farms of all categories					
2014	2919,3	1951,0	747,9	99,4	121,0
2015	2989,6	1922,2	835,3	109,1	122,9
2016	3046,9	1925,5	901,4	103,4	116,5
2017	3119,2	2156,0	755,1	91,4	116,7
2018	3171,2	2215,9	770,5	82,9	101,9
Сельскохозяйственные организации/ Agricultural organizations					
2014	1856,5	1229,9	530,9	12,0	83,7
2015	1890,3	1208,2	585,2	15,0	81,9
2016	1903,7	1195,6	619,3	13,3	75,6
2017	1930,7	1327,0	519,4	11,9	72,5
2018	1936,8	1335,9	529,6	10,8	60,5
Хозяйства населения/ Households of the population					
2014	51,5	0,1	1,3	48,5	1,6
2015	50,2	0,1	1,3	47,2	1,6
2016	53,8	5,0	1,6	46,0	1,2
2017	45,9	0,1	1,3	43,3	1,2
2018	41,9	0,1	1,1	39,6	1,1
Крестьянские (фермерские) хозяйства/ Peasant (farmer) economy					
2014	1011,3	720,9	215,8	38,9	35,7
2015	1049,1	713,9	248,8	46,9	39,5
2016	1089,4	724,9	280,6	44,2	39,8
2017	1142,5	828,9	234,4	36,1	43,1
2018	1192,6	879,9	239,9	32,5	40,3

По состоянию на 2017 год был достигнут рекордный уровень сбора зерна, который составил 5,6 млн т. Такой существенный рост был обусловлен благоприятными климатическими условиями. К сожалению, в 2018 году произошел резкий спад, и уровень сбора зерна упал ниже показателей 2014 года. Как отмечают специалисты, именно нестабильные природные условия являются причиной как резкого подъема, так и резкого спада уровня урожая. Самыми неблагоприятными условиями являются засушливость, суховеи.

Данные валового сбора семян масленичных культур каждый год показывают положительную динамику, и по сравнению с 2014 годом в 2018 году валовый сбор увеличился на 212,5 тыс. т. Также положительная тенденция наблюдается у таких

культур, как кукуруза на силос и овощи, в то время как валовый сбор картофеля, кормовых корнеплодов и сена за последние 5 лет уменьшился на 42,4 тыс. т, 1,2 тыс. т и 49,1 тыс. т, соответственно.

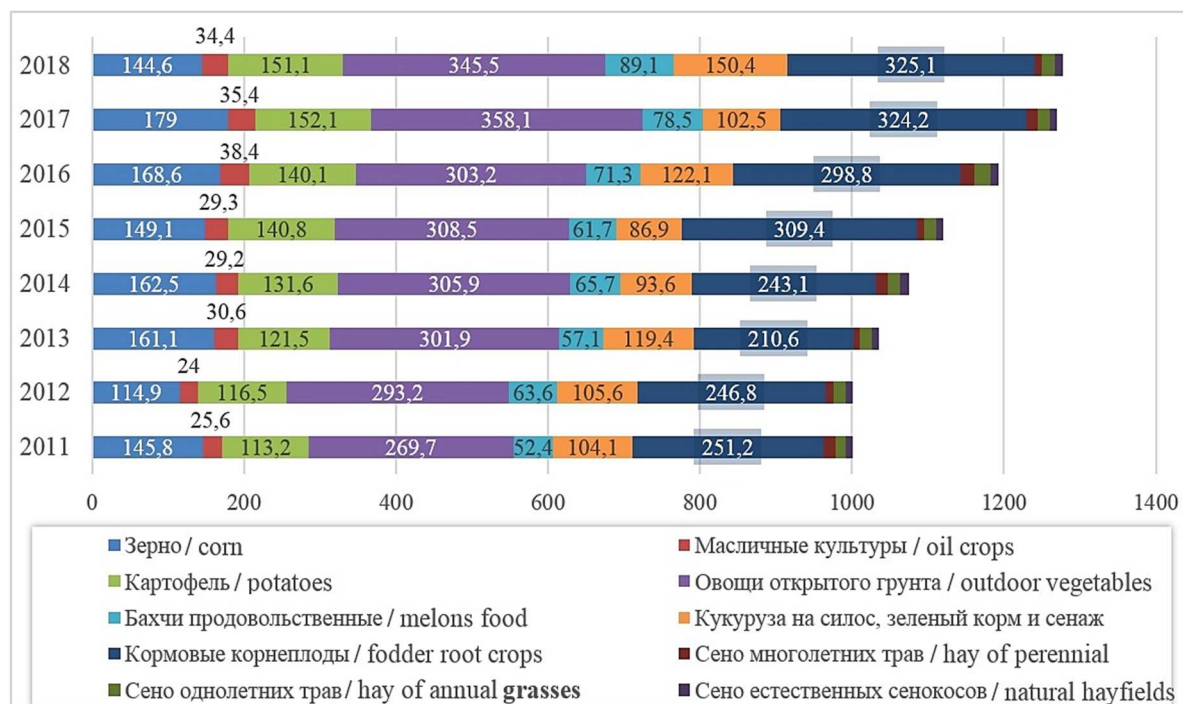


Рисунок 7 – Урожайность сельскохозяйственных культур Волгоградской области за период с 2011 по 2020 гг.

Figure 7 – Productivity of agricultural crops of the Volgograd region for the period from 2011 to 2020

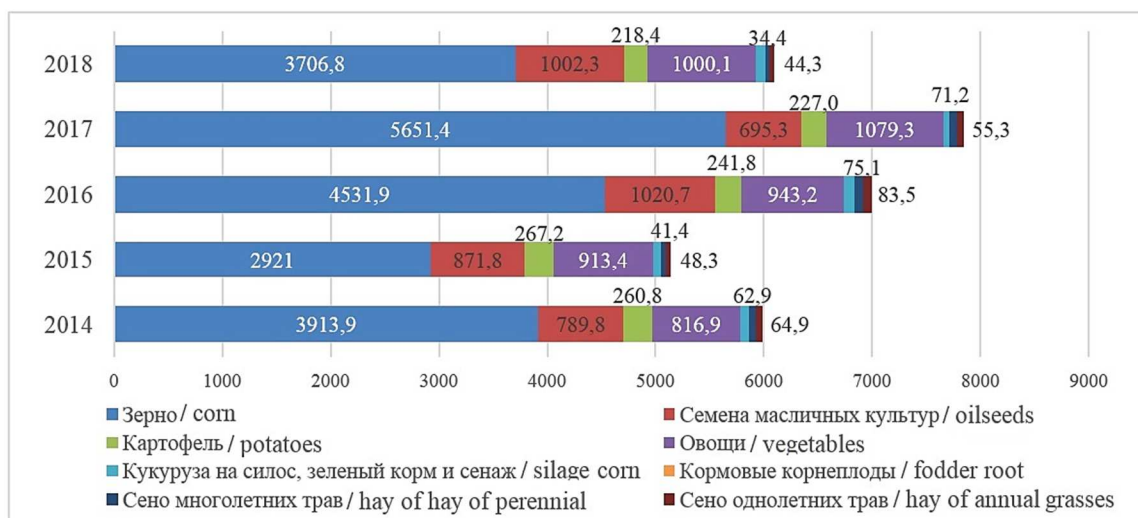


Рисунок 8 – Динамика показателей валового сбора продукции растениеводства Волгоградской области с 2014 по 2018 гг.

Figure 8 – Dynamics of indicators of gross crop production of the Volgograd region from 2014 to 2018

Таблица 3 – Валовой сбор продукции растениеводства Волгоградской области
(в хозяйствах всех категорий; тысяч тонн) с 2014 по 2019 гг.

Table 3 – Gross harvest of crop production in the Volgograd region
(in farms of all categories; thousand tons) from 2014 to 2019

Наименование продукции растениеводства / Name of crop production	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Зерно (в весе после доработки) / Grain (in weight after processing)	3913,9	2921,0	4531,9	5651,4	3706,8	3706,8
в том числе/ including:						
пшеница озимая / winter wheat	2532,8	1784,0	2988,7	4372,4	2966,5	2966,5
пшеница яровая / spring wheat	89,8	156,1	340,0	239,1	77,8	77,8
рожь озимая / winter rye	229,7	62,5	120,4	158,2	58,3	58,3
кукуруза на зерно/ corn for grain	260,7	245,9	241,0	158,3	216,1	216,1
ячмень озимый / winter barley	1,7	1,3	0,2	0,3	0,7	0,7
ячмень яровой / spring barley	458,4	383,0	580,7	490,0	183,0	183,0
овес / oats	42,2	24,7	26,1	29,5	10,3	10,3
просо / millet	65,8	72,2	57,1	20,6	15,4	15,4
гречиха / buckwheat	10,3	7,6	9,3	8,5	3,7	3,7
зернобобовые / pulses	141,2	116,1	88,3	118,3	153,6	153,6
Семена масличных культур (в весе после доработки) / Oilseeds (weight after processing)	789,8	871,8	1020,7	695,3	1002,3	1002,3
в том числе / including:						
подсолнечника / sunflower	684,9	732,3	814,7	576,0	943,3	943,3
сои / soy	11,1	12,1	16,0	11,6	16,3	16,3
горчицы / mustard	15,7	12,0	23,5	26,9	16,9	16,9
Картофель / Potatoes	260,8	267,2	241,8	227,0	218,4	218,4
Овощи всего / Vegetables in all	816,9	913,4	943,2	1079,3	1000,1	1000,1
Кукуруза на силос, зеленый корм и сенаж / Corn for silage, green forage and haylage	78,8	75,0	99,8	60,5	88,1	88,1
Кормовые корнеплоды / Fodder root crops	2,1	3,8	2,2	1,2	0,9	0,9
Сено многолетних трав / Hay of perennial grasses	62,9	41,4	75,1	71,2	34,4	34,4
Сено однолетних трав / Hay of annual grasses	64,9	48,3	83,5	55,3	44,3	44,3

Результаты и обсуждение. Итак, проведенный анализ позволяет выделить ряд тенденций. В первую очередь можно сделать вывод о том, что в Волгоградской области осуществляется относительно эффективное управление земельными ресурсами, несмотря на то, что некоторые категории земель задействованы недостаточно, но имеются перспективы расширения пользования землей. Так, в области развито сельское хозяйство, наблюдается положительная динамика сбора урожая различных культур, происходит расширение площади городов. Для повышения эффективности управления земельными ресурсами, на наш взгляд, требуется разработка целевой программы, которая мобилизует не использованные на данный момент сельскохозяйственные угодья.

Сельскохозяйственные угодья Волгоградского края составляют 78 % от общего земельного фонда, что говорит о больших перспективах развития сельского хозяйства в регионе, несмотря на относительно неблагоприятный климат, засухи, засухи и т.д.

Однако негативной тенденцией является уменьшение масштабов использования земель сельскохозяйственного назначения сельхозорганизациями в области, что может быть связано с такими причинами, как неблагоприятная инфраструктура ведения сельскохозяйственной деятельности, сильная конкуренция, препятствующая выходу новых предприятий на сельскохозяйственный рынок, отсутствие четкого планирования в рамках управления земельным фондом.

Положительной тенденцией является рост посевной площади за последние пять лет, при этом негативной тенденцией является сокращение площади пашни на 32.3 тыс. га.

Также, из положительных тенденций можно отметить рост урожайности масленичных культур, кукурузы на силос, овощей, при этом, из-за неблагоприятных климатических условий снизилась урожайность картофеля и кормовых корнеплодов, сена, за последние пять лет.

В целом, тенденции отмечаются как положительного содержания, так и отрицательного, что приводит к неэффективному использованию земель сельскохозяйственного назначения и неэффективному управлению.

При этом существует ряд перспектив для более эффективного использования земель сельскохозяйственного назначения в Волгоградском крае. Для этого, на наш взгляд, требуется активное государственное участие, направленное на активизацию деятельности сельскохозяйственной предпринимательской деятельности по отдельным направлениям. Для этого требуется разработка системы государственной поддержки в условиях ВТО, поскольку сельскохозяйственный сектор в Волгоградской области нуждается в защите, имея изначально более низкий уровень продуктивности и плодородности земель, биоклиматического потенциала области, высокую зависимость от более дешевого импортного продовольствия. В связи с этим, на наш взгляд, требуется не только осуществление субсидирования процентных ставок по коммерческим кредитам, не только финансирование из федерального и областного бюджетов по программным мероприятиям, но разработка комплексной программы развития, которая будет направлена на повышение эффективности использования земель поэтапно.

Если обратиться к зарубежному опыту, то большую эффективность демонстрирует кластерный подход, в рамках которого развиваются определенные сферы и виды деятельности.

В качестве обоснования выбора кластерного подхода можно привести следующие доводы [3]:

1. В соответствии с зарубежным опытом кластерный подход предполагает территориально-пространственную локацию, которая формируется хозяйствующими субъектами, действующими в регионе, что предполагает тесное сотрудничество, установление деловых контактов и стимулирование сотрудничества среди агентов кластера, что ведет к росту производительности труда, внедрению инновационных технологий, созданию конечного продукта и удовлетворению потребностей общества.

2. Кластеры способствуют появлению новых, усовершенствованных инновационных продуктов. В условиях рыночной экономики формирование устойчивых инновационно-технологических связей и организационных объединений между участниками кластера является конкурентным преимуществом, которое позволяет решать задачи создания высококонкурентной продукции для вывода ее на внешний рынок.

3. Формирование сельскохозяйственного кластера предполагает объединение независимых сельскохозяйственных производителей, сервисных технико-технологических станций, разработчиков инновационной продукции и технологий, а

также связующих рыночных институтов, торговых и посреднических организаций и потребителей, которые взаимодополняют друг друга с целью производства конечных товаров с высоким уровнем их конкурентоспособности.

4. При создании кластера происходит сочетания государственного и частного партнерства, в результате чего происходит объединение стратегий развития и программно-целевого метода социально-экономического развития сельских территорий, активизация протекционистской поддержки кластерных технологий, усиление внимания со стороны органов федеральной и региональной власти к вопросам модернизации аграрного производства, привлечение предпринимателей на добровольной основе к участию в агропромышленных кластерах и т.д.

5. Между субъектами кластеров формируются равноправные экономические условия финансово-хозяйственной деятельности на основе долгосрочных договоров о сотрудничестве.

6. Сельскохозяйственные кластеры, исходя из зарубежного опыта, являются важным механизмом достижения социального эффекта, стимулируя рост оплаты труда, улучшение социальных и бытовых условий работников, сокращение уровня безработицы и в целом рост уровня благосостояния населения.

Исходя из сказанного, нами предлагается следующая модель сельскохозяйственного кластера:

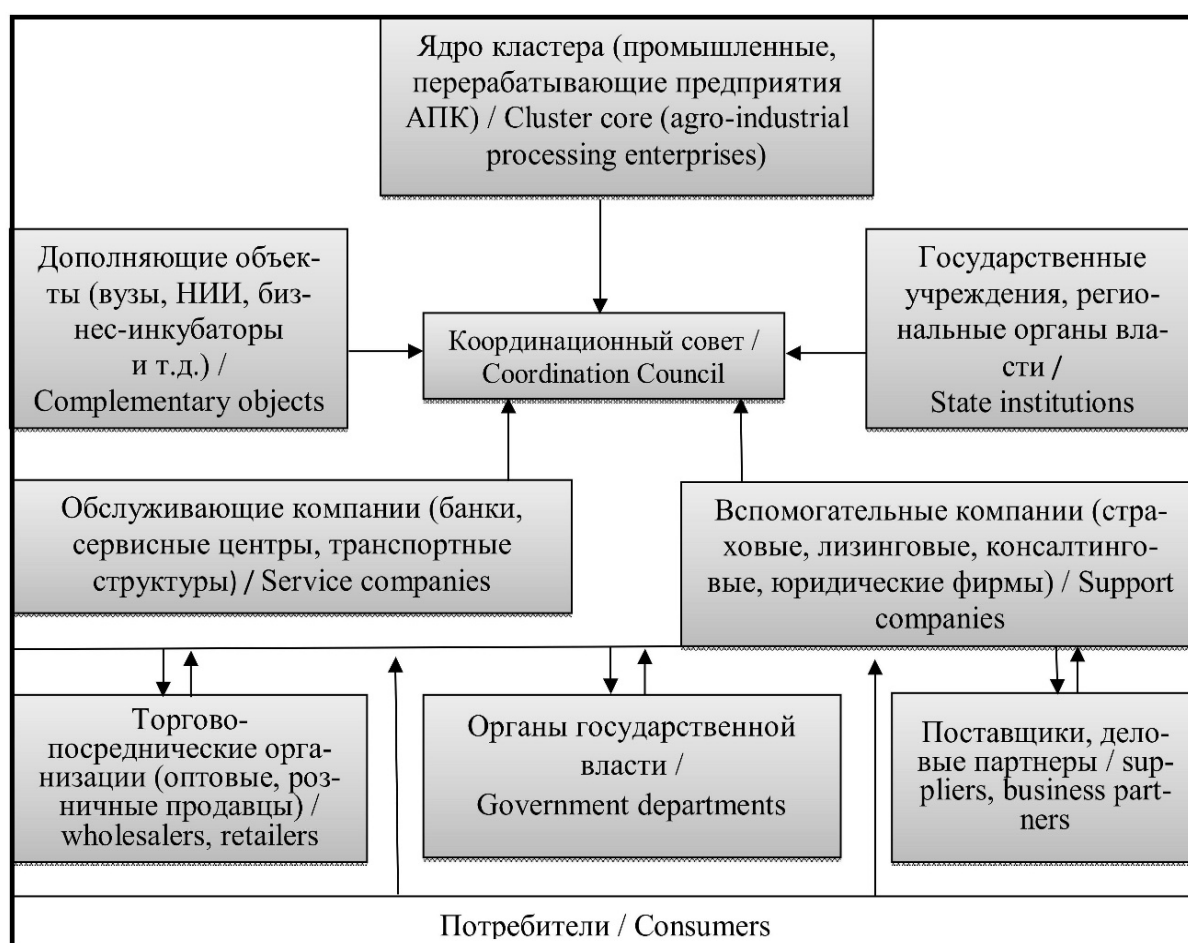


Рисунок 9 – Модель сельскохозяйственного кластера

Figure 9 – Agricultural cluster model

Программа развития кластеров на региональном уровне может быть оформлена в виде стратегий развития, в которых будут сведены воедино все элементы, направленные на создание таких кластеров, начиная от целей и задач, и заканчивая механизмами государственной поддержки.

Таблица 4 – Концептуальная модель программных мероприятий по развитию сельскохозяйственного кластера в Волгоградской области

Программные мероприятия по созданию кластеров	Программные мероприятия по развитию кластеров
Поднятие значимости, популярности и роли участие в кластерах; Разработка налоговых льгот для предприятий, а также для инвесторов; Организация рекламной и информационной деятельности по пропаганде кластеров путем применения современных цифровых технологий; Разработка и внедрение современных цифровых технологий в деятельность предприятия, адаптация и внедрения программы CRM, адаптация технологий Business Intelligence решений, Оказание целевой помощи в открытии стратегически важных предприятий в регионах из федерального бюджета; Разработка современных инструментов налоговой, инвестиционной, информационной поддержки сельскохозяйственных предприятий; Подготовка и переподготовка кадров, обучение цифровым технологиям Регулирование цен и ценовой политики с целью недопущения монопольного захвата рынка Развитие маркетинговой деятельности, направленной на популяризацию кластеров Разработка мероприятий, направленных на упрощение налогового режима; Разработка новых кредитных продуктов, адаптация к российскому рынку инфраструктурных облигаций; Разработка мероприятий, направленных на привлечение инвестиций; улучшение инвестиционной инфраструктуры	• Вывод на рынок новых уникальных продуктов и услуг; • Совершенствование методов и способов ведения бизнеса, организация обмена передовым опытом ведения бизнеса между участниками рынка; • Применение современных технологий обслуживания, производства, а также методов привлечения и поощрения инвесторов, производственных и торговых компаний; • Развитие сетевых форм организации бизнеса на рынке; • Постоянная работа по повышению квалификации сотрудников, по развитию программ мотивации и вовлеченности персонала в работу.
Средства управления: 1. Институты (органы) управления Российской Федерации; 2. Нормативно-правовые документы; 3. Организационно-методические материалы.	Методы управления: 1. Экономические; 2. Организационно-распорядительские (административные); 3. Социально-психологические.
Программные мероприятия для осуществления кластеризации малого и среднего предпринимательства - Поиск эффективных форм сотрудничества с целью дальнейшего развития кластеризации; - Совместная разработка направлений по преодолению негативных факторов, воздействующих на сельскохозяйственные предприятия, разработка мероприятий по выходу из сложившегося кризиса; - Рациональное использование земельных ресурсов региона; - Внедрение инвестиционных, налоговых, кредитных льгот.	

Составлено автором по материалам исследования.

Table 4 – Conceptual model of program activities for the development of an agricultural cluster in the Volgograd region

Cluster program activities	Cluster development program activities
Raising the importance, popularity and role of participation in clusters; Development of tax incentives for businesses as well as for investors; Organization of advertising and information activities to promote clusters through the use of modern digital technologies; Development and implementation of modern digital technologies in the activities of the enterprise, adaptation and implementation of the CRM program, adaptation of Business Intelligence solutions technologies; Providing targeted assistance in the opening of strategically important enterprises in the regions from the federal budget; Development of modern instruments for tax, investment, information support of agricultural enterprises; Training and retraining of personnel, training in digital technologies; Regulation of prices and pricing policy in order to prevent monopoly market capture; Development of marketing activities aimed at popularizing clusters; Development of measures aimed at simplifying the tax regime; Development of new credit products, adaptation to the Russian infrastructure bonds market; Development of activities aimed at attracting investment; improvement of investment infrastructure.	• Launching new unique products and services to the market; • Improvement of methods and ways of doing business, organizing the exchange of best practices in doing business between market participants; • Application of modern technologies of service, production, as well as methods of attracting and encouraging investors, manufacturing and trading companies; • Development of network forms of business organization in the market; • Continuous work to improve the qualifications of employees, to develop programs for motivation and staff involvement in work.
Controls: 1. Institutions (bodies) of government of the Russian Federation; 2. Regulatory and legal documents; 3. Organizational and methodological materials.	Control methods: 1. Economic 2. Organizational and managerial (administrative) 3. Socio-psychological
Program activities for the implementation of clustering of small and medium-sized businesses	
- Search for effective forms of cooperation for the further development of clustering; - Joint development of directions to overcome negative factors affecting agricultural enterprises, development of measures to overcome the current crisis; - Rational use of the region's land resources; - Introduction of investment, tax, credit incentives/	

Выводы. Подводя итоги можно сделать следующий вывод. Активное государственное участие в развитии сельскохозяйственной деятельности в Волгоградском крае позволит вывести предпринимательский сектор на новый уровень развития, и как следствие, повысить эффективность использования земель сельскохозяйственного назначения в области. Нереализованный потенциал сельскохозяйственных земель, на сегодняшний день, может быть реализован исключительно с активной помощью государства.

Библиографический список

1. Батманова В. В. Перспективы развития сельскохозяйственного комплекса Волгоградской области // Экономика и экологический менеджмент. 2015. № 3. С. 35-37.
2. Жилина В. И., Зверева Г. Н. Рациональное землепользование как фактор устойчивого развития сельских территорий // Известия НВ АУК. 2015. № 1 (29). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ratsionalnoe-zemlepolzovanie-kak-faktor-ustoychivogo-razvitiya-selskih-territoriy> (дата обращения: 01.09.2020).

3. Заглядова М. Х., Баландин Д. А. Сохранение сельскохозяйственных угодий как фактор устойчивого развития АПК // Российское предпринимательство. 2015. № 9 (231). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sohranenie-selskohozyaystvennyh-ugodiy-kak-faktor-ustoychivogo-razvitiya-apk> (дата обращения: 01.09.2020).

4. Липски С. А. Состояние и использование земельных ресурсов России: тенденции текущего десятилетия // Проблемы прогнозирования. 2020. № 4 (181). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-ispolzovanie-zemelnyh-resursov-rossii-tendentsii-tekuschego-desyatiletia> (дата обращения: 01.09.2020).

5. Обратная сторона земли: почему в России остаются невостребованными сельхозугодья. 2020 / Режим доступа: // <https://iz.ru/978156/evgeniia-priemskaa/oborotnaia-storona-zemli-pochemu-v-rossii-ostaiutsia-nevostrebovannymi-selkhozugodia> (дата обращения: 01.09.2020).

6. Развитие сельского хозяйства в России: реалии и перспективы. Электронный ресурс «газета Комсомольская правда» / Режим доступа: // <https://www.kp.ru/guide/razvitie-sel-skogo-khozjaistva-v-rossii.html> (дата обращения: 01.09.2020).

7. Родионова О. Крупный агробизнес в АПК: современные формы и эффективность // АПК : экономика, управление. 2017. N 4. С. 28-30.

8. Рулёв А. С., Пугачёва А. М. Развитие растениеводства на региональном уровне (на примере Волгоградской области) // Проблемы прогнозирования. 2019. № 5 (176). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-rastenievodstva-na-regionalnom-urovne-na-primere-volgogradskoy-oblasti> (дата обращения: 01.09.2020).

9. Семченкова С. В., Лазько О. В., Лукашева О. Л. Землеустройство как фактор рационализации организационно-экономического механизма хозяйствования // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2018. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zemleustroystvo-kak-faktor-ratsionalizatsii-organizatsionno-ekonomicheskogo-mehanizma-hozyaystvovaniya> (дата обращения: 01.09.2020).

10. Торопов Д. Малое предпринимательство: сельский аспект // АПК: экономика, управление. 2017. N 2. С. 39-42.

11. Устойчивое развитие агропромышленного комплекса и сельских территорий регионов / М. М. Шахмурзов [и др.] // Юг России: экология, развитие. 2018. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivoe-razvitie-agropromyshlennogo-kompleksa-i-selskih-territoriy-regionov> (дата обращения: 01.09.2020).

12. Холодов О. А. Комплексный мониторинг использования земель сельскохозяйственного назначения в современный период // Вестник ВолГУ. Серия 3: Экономика. Экология. 2019. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-monitoring-ispolzovaniya-zemel-selskohozyaystvennogo-naznacheniya-v-sovremennyy-period> (дата обращения: 01.09.2020).

13. Шишов Д. А., Козырева Е. В. Алгоритмы формирования и реализации Российской земельной политики (на примере динамики использования категории земель сельскохозяйственного назначения) // Известия СПбГАУ. 2017. № 2 (47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-formirovaniya-i-realizatsii-rossiyskoy-zemelnoy-politiki-na-primere-dinamiki-ispolzovaniya-kategorii-zemel> (дата обращения: 01.09.2020).

14. Babenko A., Vasilyeva O. Factors of labour productivity growth in agriculture of the agrarian region // Baltic Journal of Economic Studies. 2017. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/factors-of-labour-productivity-growth-in-agriculture-of-the-agrarian-region> (дата обращения: 01.09.2020).

Conclusions. Summing up, we can draw the following conclusion. Active state participation in the development of agricultural activities in the Volgograd Territory will help bring the business sector to a new level of development, and, as a result, increase the efficiency of agricultural land use in the region. The unrealized potential of agricultural land, today, can be realized only with the active assistance of the state.

Reference

1. Batmanova V. V. Prospects for the development of the agricultural complex of the Volgograd region // Economics and Environmental Management. 2015. No. 3. P. 35-37.

2. Zhilina V. I., Zvereva G. N. Rational land use as a factor of sustainable development of rural areas // Izvestia NV AUK. 2015. No. 1 (29). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ratsionalnoe-zemlepolzovanie-kak-faktor-ustoychivogo-razvitiya-selskih-territoriy> (date of access: 09/01/2020).
3. Zaglyadova M. H., Balandin D. A. Conservation of agricultural land as a factor of sustainable development of the agro-industrial complex // Russian Journal of Entrepreneurship. 2015. No. 9 (231). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sohranenie-selskohozyaystvennyh-ugodiy-kak-faktor-ustoychivogo-razvitiya-apk> (date of access: 09/01/2020).
4. Lipski S. A. STATE AND USE OF LAND RESOURCES IN RUSSIA: TRENDS OF THE CURRENT DECADE // Problems of forecasting. 2020. No. 4 (181). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-ispolzovanie-zemelnyh-resursov-rossii-tendentsii-tekuschego-desyatiletia> (date of access: 09/01/2020).
5. The reverse side of the land: why farmland remains unclaimed in Russia. 2020 / Access mode: // <https://iz.ru/978156/evgeniia-priemskaja/oborotnaya-storona-zemli-pochemu-v-rossii-ostaiutsia-nevostrebovannymi-selkhozugodiya> (date of access: 09/01/2020).
6. Development of agriculture in Russia: realities and prospects. Electronic resource "newspaper Komsomolskaya Pravda" / Access mode: // <https://www.kp.ru/guide/razvitie-sel-skogo-khoziajstva-v-rossii.html> (date of access: 01.09.2020).
7. Rodionova O. Large agribusiness in the agro-industrial complex: modern forms and efficiency // Agro-industrial complex: economics, management. 2017. N 4. P. 28-30.
8. Rulev A. S., Pugacheva A. M. DEVELOPMENT OF CROP GROWING AT THE REGIONAL LEVEL (ON THE EXAMPLE OF THE VOLGOGRAD REGION) // Problems of forecasting. 2019. No. 5 (176). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-rasteniievodstva-na-regionalnom-urovne-na-primere-volgogradskoy-oblasti> (date of access: 09/01/2020).
9. Semchenkova S. V., Lazko O. V., Lukasheva O. L. Land management as a factor in rationalizing the organizational and economic mechanism of management // International Journal of Applied Sciences and Technologies "Integral". 2018. No. 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zemleustroystvo-kak-faktor-ratsionalizatsii-organizatsionno-ekonomicheskogo-mehanizma-hozyaystvovaniya> (date of access: 09/01/2020).
10. Toropov D. Small business: rural aspect // AIC: economics, management. 2017. N 2. P. 39-42.
11. Sustainable development of the agro-industrial complex and rural areas of the regions / M. M. Shakhmurzov [et al.] // South of Russia: ecology, development. 2018. No. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustoychivoe-razvitie-agropromyshlennogo-kompleksa-i-selskih-territoriy-regionov> (date of access: 09/01/2020).
12. Kholodov O. A. COMPREHENSIVE MONITORING OF THE USE OF AGRICULTURAL LANDS IN THE MODERN PERIOD // Bulletin of VolSU. Series 3: Economics. Ecology. 2019. No. 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-monitoring-ispolzovaniya-zemel-selskohozyaystvennogo-naznacheniya-v-sovremennyy-period> (date accessed: 09/01/2020).
13. Shishov D. A., Kozyreva E. V. Algorithms for the formation and implementation of the Russian land policy (on the example of the dynamics of the use of the category of agricultural land) // Izvestiya SPbGAU. 2017. No. 2 (47). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-formirovaniya-i-realizatsii-rossiyskoy-zemelnoy-politiki-na-primere-dinamiki-ispolzovaniya-kategorii-zemel> (date of access: 01.09.2020).
14. Babenko A., Vasilyeva O. Factors of labour productivity growth in agriculture of the agrarian region // Baltic Journal of Economic Studies. 2017. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/factors-of-labour-productivity-growth-in-agriculture-of-the-agrarian-region> (дата обращения: 01.09.2020).

Authors Information

Zvereva Galina Nikolaevna - member of the International Association of Economists and Lawyers "CONSILIUM", Cand. econom. Sci., Associate Professor in the Department of Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetskaya Ave., 26), Professor of RAE. Tel. +7 (909) 389-50-89, e-mail gzvereva@list.ru

Popova Svetlana Alexandrovna - candidate of economic Sciences, associate Professor, associate Professor of the Department of economic security, Volgograd state agricultural University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetsky Ave., 26). Tel. +7 (8442) 41-81-98, e-mail popova_s_a@mail.ru

Berkaliev Violetta Vadimovna - master of Economics, Department of Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), Tel. +7 (905) 393-67-97, e-mail pettroova@gmail.com

Информация об авторах

Зверева Галина Николаевна – член международной ассоциации экономистов и юристов "CONSILIUM", кандидат экономических наук, доцент по кафедре менеджмента ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), профессор РАЕ. Тел. +7 (909) 389-50-89, e-mail gzvereva@list.ru

Попова Светлана Александровна – кандидат экономических наук, доцент по кафедре экономической безопасности ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). Тел. +7 (8442) 41-81-98, e-mail popova_s_a@mail.ru

Беркалиева Виолетта Вадимовна – магистр экономического факультета направления «Менеджмент» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), Тел. +7 (905) 393-67-97, e-mail pettroova@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-11

CALIFORNIA RED SCALE «*AONIDIELLA AURANTII*» AND NEW IMPROVED METHOD OF ITS PHEROMON SYNTHESIS

A.Yu. Lobur, N.G. Todorov, E.V. Sinitsyna, K.A. Kuznetsov

*All-Russian Center for Plant Quarantine –
«All-Russian Research Institute for Plant Quarantine», Moscow region*

Received 05.10.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

The article presents the research results on the methods of the California red scale *Aonidiella aurantii* sex pheromone synthesis under the laboratory conditions. This work was performed within the framework of the State task (R&D registration number: AAAAA 20-12071490011-8). To increase the effectiveness of the pheromone preparation, it is recommended to use a technological method for the synthesis of the main active component of the pheromone - acetate (3Z,6R)-6-Isopropenyl-3-methyldec-3,9-diene-1-ol in order to timely monitoring and capturing the dangerous quarantine pest.

Abstract

Introduction. For monitoring and control the abundance of the California red scale *Aonidiella aurantii* in plantings, it is recommended to use pheromone traps that catch males of this species. This control method allows to reduce or completely eliminate the chemical treatments at certain stages of growing when the pest population is low. **Object.** The object of this study was the sexual pheromone of the California red scale *Aonidiella aurantii*. **Materials and methods.** The development of synthesis methods and production of the California red scale synthetic pheromone samples were carried out in the laboratory of pheromone synthesis and application of the All-Russian Plant Quarantine Center. For this molecular entity the reaction of obtaining olefin from methyl ketone was used for the first time, which is one stage shorter and simpler than the acetylene compound. A modified Wittig reaction was used to synthesize a mixture of compound 3(Z,E)6R-6-Isopropenyl-3-methyldec-3,9-diene-1-ol. For separating the isomers of the 3(Z,E)6R-6-Isopropenyl-3-methyldec-3,9-diene-1-ol mixture the latest was converted to tetrahydropyranyl derivatives. Such derivatives were better separated by column chromatography on ordinary silica gel than alcohols or their acetates which is the most economical method compared to expensive high-performance liquid chromatography. **Results and conclusions.**

The technological method was developed for the synthesis of acetate (3Z,6R)-6-Isopropenyl-3-methyldec-3,9-diene-1-ol that is the main active component of the California red scale pheromone. Based on this active component the pheromone traps of California red scale can be used in practice by agricultural producers, scientific institutions for both preventive measures and pest control, also for identifying pests in regulated products during inspection and examinations by the Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Supervision.

Key words: *California red scale, Aonidiella aurantii, organic synthesis, monitoring, insect pheromones, quarantine, monitoring, invasion*

Citation. Lobur A.Yu., Todorov N.G., Sinitsyna E.V., Kuznetsov K.A. California red scale and new improved method of its pheromon synthesis. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 120-130 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-11.

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 632.91:595.752.3

КРАСНАЯ ПОМЕРАНЦЕВАЯ ЩИТОВКА И НОВЫЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА ЕЁ ФЕРОМОНА

А. Ю. Лобур, кандидат химических наук

Н. Г. Тодоров, Е. В. Синицына, К. А. Кузнецов

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

Дата поступления в редакцию 05.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Аннотация. Представлены результаты исследования методов синтеза полового феромона красной померанцевой щитовки в лабораторных условиях. Настоящая работа выполнена в рамках Государственного задания (регистрационный номер НИОКТР: АААА-А20-120071490011-8). Для повышения эффективности феромонного препарата рекомендовано применение технологичного метода синтеза главного действующего компонента феромона - ацетата (3Z,6R)-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола с целью своевременного мониторинга и отлова опасного карантинного вредителя.

Актуальность. Для мониторинга и контроля численности красной померанцевой щитовки *Aonidiella aurantii* в посадках рекомендуется применять феромонные ловушки, которые отлавливают самцов данного вида. Такой метод контроля позволяет сократить или вовсе исключить обработки химическими препаратами на определенных этапах выращивания при низкой численности вредителя. **Объект.** Объектом данного исследования являлся половой феромон красной померанцевой щитовки *Aonidiella aurantii*. **Материалы и методы.** Разработка методики синтеза и производство опытной партии синтетического феромона красной померанцевой щитовки проводились в лаборатории синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений. Для данного соединения впервые была применена реакция получения олефина из метилкетона, которая на одну стадию короче и проще чем ацетиленовое соединение. Была применена модифицированная реакция Виттига для синтеза смеси соединения 3(Z,E)6R-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола. Для разделения изомеров смеси 3(Z,E)6R-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола ее переводили в тетрагидропиранильные производные, которые лучше разделились методом колоночной хроматографии на обычном силикагеле, чем спирты или их ацетаты, что является наиболее экономичным методом по сравнению с дорогостоящей высокоэффективной жидкостной хроматографией. **Результаты и выводы.** В процессе работы была разработана технологичная методика синтеза ацетата (3Z,6R)-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола — главного действующего компонента феромона красной померанцевой щитовки *Aonidiella aurantii*. На основе данного действующего компонента феромонные ловушки красной померанцевой щитовки могут быть использованы на практике производителями сельскохозяйственной

продукции, научными учреждениями как для проведения превентивных мер, так и для борьбы с вредителем, а также для выявления вредителя в подкарантинной продукции при проведении досмотра и экспертиз службами Россельхознадзора.

Ключевые слова: красная померанцевая щитовка, *Aonidiella aurantii*, органический синтез, феромоны насекомых, карантин, мониторинг, инвазия

Цитирование. Лобур А. Ю., Тодоров Н. Г., Синицына Е. В., Кузнецов К. А. Красная померанцевая щитовка и новый усовершенствованный метод синтеза её феромона. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 120-130. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-11.

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. Красная померанцевая щитовка *Aonidiella aurantii* является опасным карантинным организмом, отсутствующим на территории Европейского экономического союза (ЕАЭС) (список А1), который вредит на более чем 300 видах культурных растений. Наибольший вред представляет цитрусовым культурам и растениям семейства Розоцветные. Питаясь соками растений, вызывает усыхание и опадение плодов, листьев и стеблей. Поврежденные красной померанцевой щитовкой растения слабеют, их урожайность снижается, плоды теряют свой товарный вид. Особенно опасным является распространение вредителя на молодых растениях и с посадочным материалом [6].

Основным путем распространения красной померанцевой щитовки является зараженный посадочный материал, включающий горшечные культуры. По данным Европейской и Средиземноморской организаций по карантину и защите растений (ЕРРО), вредитель распространен в США [8, 9, 21], странах Восточной Азии (Турция, Ливан) [6], Австралии [24], Океании [26], странах Европы (Испания, Италия, Великобритания, Франция) [7, 13, 22] и Африки (Алжир, Египет) [2, 3, 14].

Для мониторинга и контроля численности вредителя в посадках рекомендуется применять феромонные ловушки, которые отлавливают самцов данного вида [11]. Такой метод контроля позволяет сократить или вовсе исключить обработки химическими препаратами на определенных этапах выращивания при низкой численности вредителя. Метод выявления с помощью феромонных ловушек состоит в привлечении самцов красной померанцевой щитовки на синтетический половой феромон самки, который для данного вида является видоспецифичным [10]. Ловушки с диспенсером, на который предварительно был нанесен синтетический феромон, вывешивают в саду (поле, питомнике и др.). Самец, следуя за «сигналом», попадает в ловушку с энтомологическим клеем внутри, из которого он уже не может выбраться. При этом методе ловушки необходимо вывешивать до начала лёта самцов в соответствии с фенологическими особенностями вредителя для различных климатических зон.

В то время как взрослые самки ведут неподвижный образ жизни, имаго самцов активно летают в поисках партнера. Размножаются щитовки половым путем, при этом самки являются живородящими с количеством личинок от 70 до 150 штук [4, 17]. Самец, пролетая некоторое небольшое расстояние перед спариванием, иногда с помощью ветра, находит неоплодотворённую самку по запаху феромонов, которые те испускают. Продолжительность жизни взрослых самцов составляет от 1 до 6 суток [1, 27]. По другим данным, они умирают на следующее утро после вылета [5].

В странах, где вредитель широко распространен, получение экологически чистых продуктов питания затруднено в связи с интенсивными обработками цитрусовых плантаций химическими средствами защиты растений. Уже сейчас метод контроля

численности щитовки *A. aurantii* с помощью феромонных ловушек применяется во многих странах мира. Например, в штате Калифорния, США, производители цитрусовых культур контролируют распространение вредителя с помощью феромонных ловушек при его низкой и средней численности. Если же в период второго лёта численность самцов *A. aurantii* в ловушках достигает 13 000 особей на площадь 1 га, то проводятся химические обработки, которые эффективно сдерживают дальнейшее развитие и распространение вредителя в поле [18].

Половой феромон померанцевой щитовки идентифицирован как смесь равнозначных, проявляющих независимую активность, соединений: ацетата (3Z, 6R)-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола (I) и ацетата 3-метил-6-изопропенил-9-деценила (II) (насыщенный в 3-положении аналог соединения I) [23] (рисунок 1).

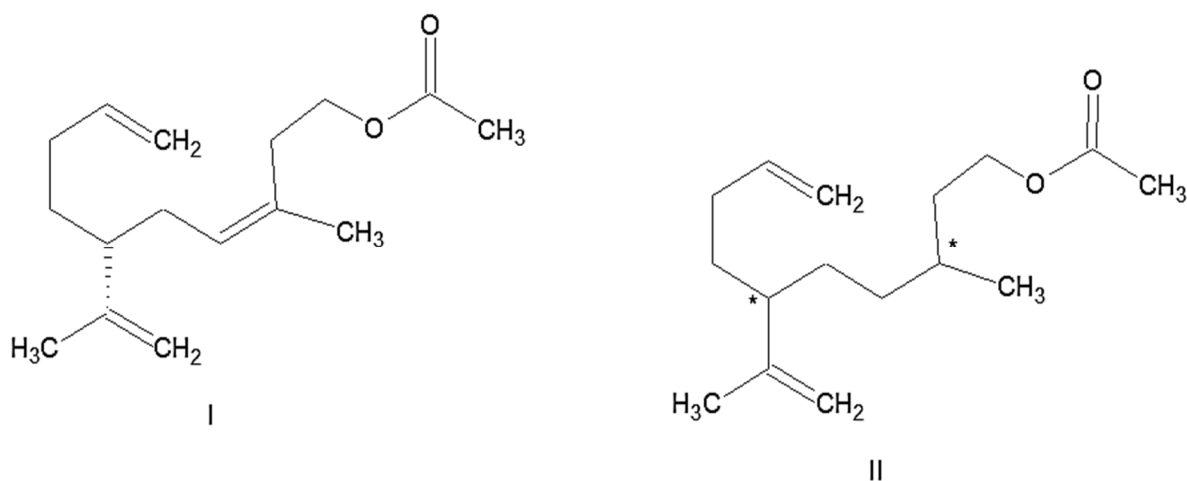


Рисунок 1 – Компоненты феромона красной померанцевой щитовки: ацетат (3Z, 6R)-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола (I) и ацетат 3-метил-6-изопропенил-9-деценила (II)

Figure 1 – Components of the California red scale pheromone: (3Z, 6R) - 6-Isopropenyl-3-methyldec-3,9-diene-1-ol (I) and 3-methyl-6-Isopropenyl-9-decenyl acetate (II)

Позднее были синтезированы все оптические изомеры соединения II и исследована их биологическая активность. Установлено, что только один оптически активный изомер соединения II, а именно, ацетат (3S,6R)-3-метил-6-изопропенил-9-деценила идентичен природному компоненту феромона и проявляет такую же биологическую активность, как и соединение I [10]. В полевых испытаниях было установлено, что ацетат (3S,6S)-3-метил-6-изопропенил-9-деценила проявлял аттрактивную активность, но в 3,5 раза менее эффективен природного (3S,6R)-изомера [16]. 3R-оптические изомеры соединения II биологической активности не проявляли. Смесь (3S,6R)-3-метил-6-изопропенил-9-деценила и соединения I в соотношении 1:1 проявляла примерно такую же биологическую активность, как и индивидуальные соединения [10]. Синтез хирального соединения (II) представлял интерес в плане научных исследований, но не целесообразен для массового производства феромонных ловушек, так как можно с успехом обойтись одним компонентом, синтез которого значительно проще.

Следует отметить, что синтез триена (I), хотя и проще, чем соединения (II), тем не менее, представляет собой довольно сложную синтетическую задачу. Дело в том, что необходимо обеспечить как высокую хиральную, так и стереочистоту целевого продукта. Большинство описанных методов в качестве исходного сырья использовали оптически активные природные соединения, такие как (L)-карвон, (+)-камфор, (R)-борнеол.

Швейцарские химики Опползер и Стивенсон описали стереоспецифичный синтез триена (I) с применением трибутилфосфата, стабилизированного 1-алкенилмедным реагентом [20]. Исходным соединением этой схемы, видимо, был борнеол или его производное. Недостатком метода является его высокая стоимость и недоступность исходного соединения.

Альтернативный пятнадцатистадийный метод синтеза триена (I) из (+)-камфоры через бромированные интермедиаты с расщеплением цикла предложили Хатчинсон и Маней [15]. Метод, на наш взгляд, довольно трудоёмкий, с низким суммарным выходом за счёт многостадийности, к тому же исходное соединение довольно дорогое.

При выборе схемы синтеза соединения (I) мы рассматривали также применимость методов получения близкого по структуре гомолога ацетата (I), феромона померанцевой щитовки, отличающегося наличием ещё одной метильной группы в положении 9 (соединение IA). Одним из известных способов получения соединения (IA) из (R)-(+)-лимонена является реакция Виттига с (R)-(+)-6-метил-3-изопропенил-6-гептеналем [12].

Тризамещенную двойную связь в соответствующем спирте авторы вводили нестереоселективно двумя модификациями реакции Виттига (методы а и b). В обеих реакциях соотношение между изомерами варьировало от 54:46 (Z:E) до 70:30 (Z:E), что требовало применения высокоэффективной жидкостной хроматографии для разделения изомеров. Общий выход при этом составлял около 70 %. Усложнением условий синтеза метода b удалось повысить стереоспецифичность до 98 %, но общий выход продукта упал до 14 %. Следует отметить, что наши неоднократные попытки воспроизвести этот синтез не увенчались успехом.

Для повышения стереоспецифичности реакции разработаны приёмы с применением трибутилфосфата, стабилизированного 1-алкенилмедным реагентом [20], а также с применением трибутилгалогеналкенил олова [25].

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)-(+)-7,7-диметокси-5-изопропенил-2-гептанона (III). В трехгорлую колбу объемом 500 мл, снабженную магнитной мешалкой, термометром, капельной воронкой, устройством для ввода газа и вывода газа, помещали 40,8 г (48,5 мл, 0,3 моль) (R)-(+)-лимонена, 300 мл абсолютного метилового спирта и охлаждали при помощи жидкого азота до температуры -68...-72°C. При перемешивании пропускали в реакционную смесь озон. Озон получали пропусканием кислорода через озонатор. Контроль осуществляли методом тонкослойной хроматографии (далее - ТСХ), используя пластинки «сорбфил». После того как исходный лимонен почти исчезал, пропускали через реакционную смесь аргон в течение 10 мин, чтобы удалить избыток озона. Прибавляли 1 г (5,26 ммоль) пара-толуолсульфокислоты моногидрата и 42,2 г (50 мл, 0,68 моль) диметилсульфида. Охлаждающую баню убирали, реакционной смеси давали медленно нагреться до комнатной температуры. Проверяли на наличие неразложившихся перекисей с помощью раствора иодида калия в 1 % растворе соляной кислоты. При отсутствии перекисей добавляли 5 г Na₂CO₃ и перемешивали в течение 30 мин. Упаривали метанол

на 2/3 и остаток растворяли в 200 мл воды, экстрагировали многократно гексаном, органический слой промывали холодной водой, высушивали над Na_2SO_4 . Растворитель отгоняли, остаток перегоняли в вакууме, используя длинный дефлегматор. Получили 46,5 г (78%) кетоацеталя (III), т. кип. 65-70 °C (0,12 mbar). Масс-спектр (m/e): 182 (M^+ -32), 150 (M^+ -64). Чистота по газожидкостному хроматографу (далее – ГЖХ) – 90%.

Получение 5-диэтилфосфата (3R)-(+)-3-(2,2-диметоксиэтил)-2-метилгепта-1,6-диен-5-ола (IV). В трехгорлой колбе под аргоном смешивали диизопропил амина (10,6 г 0,105 моля, перегнан над гидридом кальция), 150 мл ТГФ (перегнан над алюмогидридом лития). Охлаждали до -10...-5 °C и прикапывали раствор бутиллития в гексане (44 мл, $\text{c}=2,4 \text{ M}$, 0,1056 моля). Перемешивали при этой температуре 15-20 мин. Охлаждали до -78 °C, прикапывали раствор 19,8 г (0,1 моля) кетона III в 20 мл ТГФ. Раствор перемешивали 1-1,5 часа при этой температуре, и прикапывали раствор диэтил хлорфосфата (19 г, 15,9 мл, 0,11 моль) в 10 мл ТГФ при этой температуре. Перемешивали 0,5 часа и медленно нагревали до комнатной температуры. После проведения контроля на ТСХ получили раствор фосфата IV в смеси ТГФ-гексан, который пускали на следующую стадию без выделения.

Получение (3R)-(+)-3-(2,2-диметоксиэтил)-2-метилгепта-1,6-диена (V). В токе аргона наливали 0,6 л жидкого аммиака в реакционную колбу (2 л), снабженную вводом и выводом газа, термометром и механической мешалкой. Охлаждали до -80 °C, прибавляли 2,42 г (0,35) моля металлического лития. Приливали или прикапывали максимально быстро полученный ранее раствор фосфата IV (предварительно охлажденный до 0...-10 °C) с такой скоростью, чтобы температура не повышалась выше -60 °C и реакционная масса не пенилась. Перемешивали далее 10-15 минут (не более), реакционная масса должна остаться синей, если окрашивание исчезло, то добавляли литий до появления устойчивой синей окраски. Прибавляли в синий раствор аммония хлористого (5,35 г, 0,1 моль) до обесцвечивания. Убирали охлаждающую баню и позволяли испариться аммиаку (ТСХ в это время). При охлаждении и перемешивании добавляли воду до полного (или почти полного) растворения осадков, отделяли органический слой, водный экстрагировали петролейным эфиром марки 40-70°C (ПЭ) (2 x 100 мл), объединённый органический слой промывали ледяной водой (2 x 250 мл) и насыщенным раствором соли. Водные вытяжки еще раз экстрагировали 50 мл ПЭ. Объединённый органический слой сушили хлоридом кальция или сульфатом натрия. Упаривали и перегоняли с дефлегматором на масляном насосе. Температура кипения при этом составляла 45-55 °C (2,0 mbar). Получали 12,4 г диметилацеталя (V) с выходом 68 %.

Получение (3R)-(+)-3-изопропенилгептеналя-6 (VI). В трехгорлую колбу объемом 500 мл, снабженную магнитной мешалкой, термометром, капельной воронкой и устройством для ввода и вывода газа, помещали 12,4 г (93 % чистоты, 0,068 моль) диметилацеталя (V), заливали 140 мл тетрагидрофурана, продували аргон. Прибавляли 70 мг гидрохинона и по каплям раствор 1,7 мл (70 %, 20 ммоль) раствора хлорной кислоты в 30 мл воды. Перемешивали в течение 12 часов при температуре 20-22 °C. Контроль реакции осуществляли методом ТСХ и ГЖХ. Упаривали тетрагидрофуран и остаток экстрагировали пентаном (100 мл). Органический слой промывали насыщенным раствором гидрокарбоната натрия, сушили над Na_2SO_4 . Фильтровали, упаривали растворитель, остаток перегоняли в вакууме, используя короткий дефлегматор. Получали 8,9 г (86 %) альдегида (VI), температура кипения 50-53 °C (3,0 mbar). Чистота по ГЖХ – 94 %.

Получение смеси 3(Z,E) 6R-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола (VII). В трехгорлую колбу объемом 500 мл, снабженную механической мешалкой, термометром, капельной воронкой и устройством для ввода и вывода газа, помещали 43,5 г (0,117 моль) растертого в порошок этилтрифенилфосфинбромида, заливали 210 мл тетрагидрофурана. В токе аргона охлаждали до температуры -10...-15°C и прикапывали

раствор н-бутила лития в гексане (74 мл, $c=2,4M$, 0,117 моля). Перемешивали при этой температуре 1,5 часа и прибавляли предварительно охлажденный до $-30-40^{\circ}C$ раствор окиси этилена 5,15 г (0,117 моль) в 20 мл тетрагирофурана. Температура поднималась до $+10^{\circ}C$ и опускалась до $-10...-15^{\circ}C$. Перемешивали при этой температуре 30 минут и прикапывали еще 74 мл ($C=2,4 M$, 0,117 моля) раствора бутиллития в гексане. Перемешивали 15 минут при $-15^{\circ}C$ и прикапывали раствор 8,9 гр (58,6 ммоль) альдегида (VI) в 10 мл тетрагидрофурана. Перемешивали 30 минут и нагревали до комнатной температуры. Упаривали на роторном испарителе, добавляли 50 мл насыщенного раствора хлористого аммония и 200 мл петролейного эфира, тщательно перемешивали и отделяли органический (петролейный) слой как от водного слоя, так и от осадка, выпавшего трифенилфосфиноксида. Водный слой и осадок трифенилфосфиноксида экстрагировали еще 3 раза по 75 мл петролейного эфира. Объединенный органический слой промывали водой, сушили сульфатом натрия в морозильнике. Фильтровали холодным, упаривали растворитель, остаток перегоняли в вакууме. Получали 8,4 г (69 %) спирта (VII), который представлял собой смесь изомеров - 3Z и 3E, температура кипения - $71-79^{\circ}C$ (0,1 mbar). Содержание суммы изомеров по ГЖХ составило 93 %.

Получение смеси тетрагидропиранильных эфиров 3(Z,E) 6R-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола (VIII) и выделение (IX). В двухгорлую колбу объемом 50 мл, снабженную магнитной мешалкой, термометром, капельной воронкой, помещали 8,4 г (40,4 ммоль) смеси спиртов (VII), добавляли 50 мг пара-толуолсульфокислоты моногидрата и при охлаждении водой, прикапывали быстро 4 мл (3,96 г, 47 ммоль) 3,4-дигидропирана. Перемешивали ночь при комнатной температуре и упаривали избыток 3,4-дигидропирана. Остаток сырого (VIII) очищали на колонке с силикагелем (1200 г), вымывая продукт смесью петролейного и диэтилового эфира, в соотношении от 98 к 2 до 96 к 4. Z-изомер менее полярный, и выходит с колонки раньше. Фракции, содержащие чистый продукт (IX), упаривали. Получали 7,3 г (62 %) тетрагидропиранильного эфира (IX).

Получение (3Z, 6R)-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола (X). В одногорлую колбу объемом 250 мл, снабженную магнитной мешалкой и устройством для ввода и вывода газа, помещали 7,3 г (25 ммоль) тетрагидропиранильного эфира (IX), заливали 140 мл метанола и прибавляли 100 мг пара-толуолсульфокислоты моногидрата. Продували аргоном и перемешивали ночь при комнатной температуре. Добавляли раствор 200 мг поташа в 3 мл воды и перемешивали 30 минут. Упаривали растворитель. Остаток перемешивали с 100 мл воды и 100 мл петролейного эфира, органический слой отделяли, промывали 100 мл воды и сушили сульфатом натрия. Упаривали и получали 4,9 г (94 %) гомоаллильного спирта (IX), температура кипения - $68-7^{\circ}C$ (0,08 mbar), изомерная чистота - 95 %.

Получение ацетата (3Z, 6R)-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола (I). В трехгорлую колбу объемом 100 мл, снабженную магнитной мешалкой, термометром, капельной воронкой и устройством для ввода и вывода газа, помещали раствор 4,9 г (0,0235 моль) спирта (IX) в 40 мл бензола, прибавляли 2,4 мл (0,029 моль) пиридина, охлаждали холодной водой. Прикапывали раствор 2,51 г (0,029 моль) ацетилхлорида в 5 мл бензола. Перемешивали 3 часа при комнатной температуре. К реакционной смеси добавляли лед, перемешивали 10 мин, органический слой отделяли, водный экстрагировали 10 мл бензола и объединенный органический слой промывали последовательно насыщенными растворами гидрокарбоната натрия и хлорида натрия. Сушили над хлоридом кальция. Фильтровали, отгоняли растворитель, остаток перегоняли в вакууме. Получали 5,5 г (93,6 %) ацетата (I), температура кипения - $93-96^{\circ}C$ (0,084 mbar), химическая чистота по ГЖХ (сумма изомеров) - 99,2 %, изомерная чистота - 95 %.

Результаты и обсуждение. Известен удобный метод превращения метилкетонов в терминальные ацетилены с использованием диэтилхлорфосфата [19]. Этот приём мы применили для получения олефина (V), для этого вместо прибавления двух эквивалентов основания (LDA) к енольному фосфату мы использовали избыток металлического лития в жидком аммиаке, который восстанавливает промежуточный енольный фосфат (IV) сразу в олефин (V).

Далее гидролиз ацетата (V) и модифицированная реакция Виттига проводилась в соответствии с ранее описанным синтезом аналогичного соединения [12]. Однако попытка разделить Z:E изомеры на стадии спирта (VII) или его ацетата на длинной колонке с обычным силикагелем (0,063-0,200 мм) не увенчалась успехом. Для эффективного разделения мы перевели смесь спиртов (VII) в тетрагидропиранильные производные. Хроматографическое разделение на колонке с силикагелем позволило разделить Z:E изомеры, так как, предположительно, R_f тетрагидропиранильных (ТПП) производных уже сильно отличались друг от друга. Последующее снятие тетрагидропиранильной защиты и ацилирование привели к необходимому нам продукту (I) с высокой изомерной чистотой.

В результате лабораторной работы нами был разработан метод синтеза соединения ацетата (3Z, 6R)-6-изопропенил-3,9-диметилдека-3,9-диен-1-ола (I) на основе модификации реакции Виттига [12], представленная на рисунке 2:

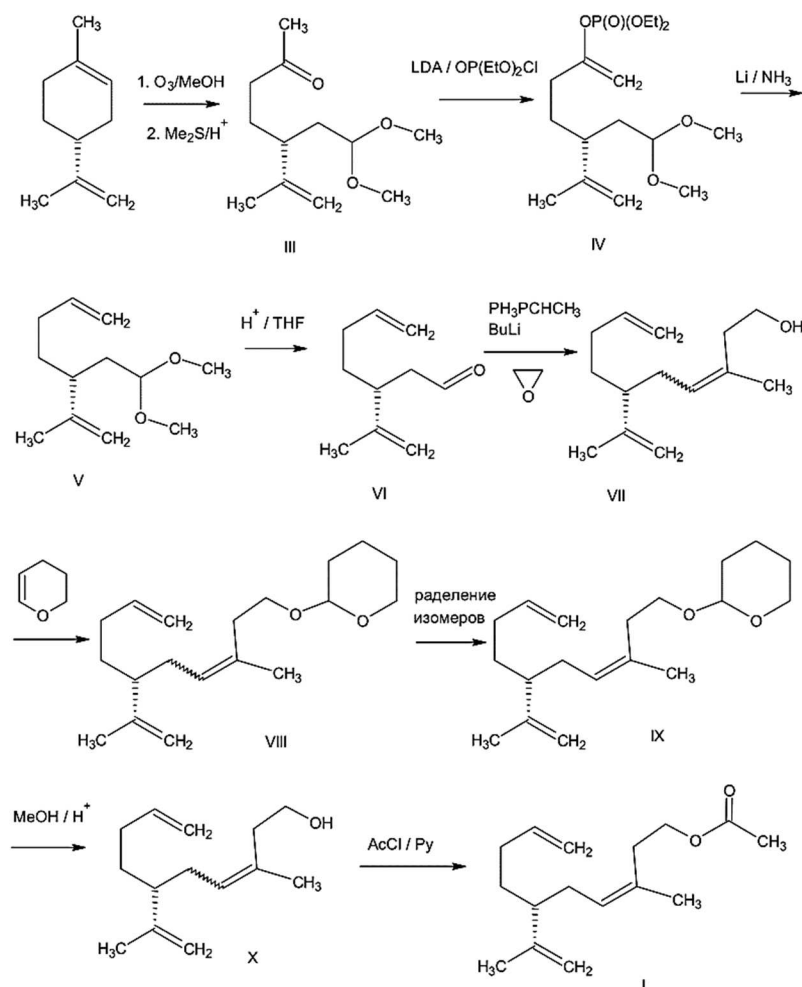


Рисунок 2 – Схема синтеза ацетата (3Z, 6R)-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола (I)

Figure 2 – Scheme of synthesis of acetate (3Z, 6R)-6-Isopropenyl-3-methyldeca-3,9-diene-1-ol (I)

Озонированием (R)-(+)-лимонена в метаноле при низкой температуре получили моноозонид, который в кислой среде, в присутствии диметилсульфида, при комнатной температуре превращали в кетоацеталь (III). Кетоацеталь енолизировали при низких температурах литийдиизопропиламином и обрабатывали диэтилхлорфосфатом и полученный фосфат (IV) с помощью лития в жидком аммиаке восстанавливали в диеновый ацеталь (V), который гидролизировали в кислой среде до диенового альдегида (VI). Альдегид (VI) прикапывали к илиду, полученному из этилтрифенилфосфинбромидом и бутиллития, полученный бетаин обрабатывали еще одним эквивалентом бутила лития и окисью этилена. Получали смесь 3-Z и 3-E спиртов (VII). Эту смесь обрабатывали 3,4-дигидропираном и полученную смесь защищенных спиртов (VIII) разделяли на длинной колонке с силикагелем и получали изомерно чистый (IX). В кислой среде, в метаноле снимали тетрагидропиранильную защиту и получали изомерно чистый первичный спирт (X). Ацилировали полученный спирт ацетилхлоридом в присутствии пиридина в ацетат (3Z,6R)-6-изопропенил-3-метилдека-3,9-диен-1-ола (I). Суммарный выход целевого соединения на девять стадий составил 25 %, химическая чистота по ГЖХ (сумма изомеров) – 99,2 %, изомерная чистота – 95 %.

Выводы. Авторы полагают, что разработанная улучшенная методика синтеза ацетата (3Z, 6R)-6-изопропенил-3,9-диметилдека-3,9-диен-1-ола с использованием двух различных методов синтеза: первый – на основе [2,3]-сигматропной перегруппировки Виттига, второй – на основе модификации реакции Виттига позволит сделать феромон красной померанцевой щитовки *Aonidiella aurantii* более доступным для практического применения.

В свою очередь использование улучшенной методики приведет не только к более качественному мониторингу фитосанитарного состояния сельскохозяйственных территорий, но и к более широкому использованию феромонных ловушек как биологического метода борьбы с вредителем на производстве с целью получения экологически чистых продуктов питания в странах его распространения.

Conclusion. The authors believe that the developed improved method for the synthesis of (3Z, 6R)-6-Isopropenyl-3,9-dimethyldec-3,9-diene-1-ol acetate by using two different synthesis methods: the first one is based on the [2,3] - sigmatropic Wittig rearrangement, and the second one is based on the modification of the Wittig reaction will make the pheromone of the California red scale *Aonidiella aurantii* more accessible for practical use.

In turn, the use of improved methods will lead to a better monitoring of the phytosanitary condition of agricultural territories as well as to an extensive use of pheromone traps for the biological pest control in production site in order to obtain environmentally friendly food in the countries of scales' distribution.

Библиографический список / Reference

1. Atkinson P. R. Preliminary analysis of a field population of citrus red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell), and the measurement and expression of stage duration and reproduction for life tables // Bulletin of Entomological Research. 1977. V. 67. №. 1. P. 65-87.
2. Bedford E. C. G., Van den Berg M. A., De Villiers E. A. Red scale *Aonidiella aurantii* (Maskell) // ECG Bedford, MA Van den Berg, and EA De Villiers, 1998. P. 132-134.
3. Belguendouz-Benkhef R., Biche M., Adda R. Bio-ecology of a citrus pest (*Aonidiella aurantii* Maskell) (Hemiptera, Diaspididae): spatiotemporal relationship with its host plants Citruslimon and C. sinensis in Algiers region // American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 2013. P. 14-21.
4. Ben-Dov Y. Classification of diaspidoid and related Coccoidea // World Crop Pests. 1990. V. 4. P. 97-128.
5. Bliss C. I., Broadbent B. M., Watson S. A. The life history of the California red scale *Chrysomphalus aurantii* Maskell: progress report // Journal of Economic Entomology. 1931. V. 24. №. 6. P. 1222-1229.

6. Bodenheimer F. S. Citrus entomology in the Middle East // Citrus Entomology in the Middle East, 1951.
7. Correa M. C. G. Molecular characterization of parasitoids from armored scales infesting citrus orchards in Corsica, France // BioControl. 2016. V. 61. №. 6. P. 639-647.
8. Ebeling W. Subtropical fruit pests // Subtropical Fruit Pests. 1959.
9. Ferris G. F. Atlas of the Scale Insects of North America. Series IV. The Diaspididae (Part IV) // Atlas of the Scale Insects of North America. Series IV. The Diaspididae (Part IV), 1942.
10. Gieselmann M. J., Henrick C. A., Anderson R. J. Responses of male California red scale to sex pheromone isomers // Journal of Insect Physiology. 1980. V. 26. №. 3. P. 179-182.
11. Grout T. G., Richards G. I. Three methods of monitoring male red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell), with synthetic pheromone // Citrus Subtrop. Fruit J. 1989. V. 645. P. 11-13.
12. 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.
13. Hely P. C. Insect pests of fruit and vegetables in NSW. Department of Agriculture, New South Wales, 1982.
14. Hosny M. M., Amin A. H., El Saadany G. B. The damage threshold of the red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) infesting mandarin trees in Egypt // Zeitschrift für Angewandte Entomologie. 1972. V. 71. №. 14. P. 286-296.
15. Hutchinson J. H., Money T. A formal enantiospecific synthesis of California red scale pheromone // Canadian journal of chemistry. 1985. V. 63. №. 11. P. 3182-3185.
16. Ishmuratov G. Y., Kharisov R. Y., Yakovleva M. P. Synthesis of (3S, 6RS)- and (3RS, 6RS)-analogs of component AI of the *Aonidiella aurantii* sex pheromone by stepwise alkylation of acetoacetic ester // Chemistry of natural compounds. 2005. V. 41. №. 6. P. 715-718.
17. Kennett C. E., Hoffmann R. W. Seasonal development of the California red scale (Homoptera: Diaspididae) in San Joaquin Valley citrus based on degree-day accumulation // Journal of economic entomology. 1985. V. 78. №. 1. P. 73-79.
18. Luck R. F. 37/California Red Scale // Biological Control in the Western United States: Accomplishments and Benefits of Regional Research Project W-84, 1964-1989. 1995. V. 3361. P. 155.
19. Negishi E., King A. O., Klima W. L. Conversion of methyl ketones into terminal acetylenes and (E)-trisubstituted olefins of terpenoid origin // The Journal of Organic Chemistry. 1980. V. 45. №. 12. P. 2526-2528.
20. Oppolzer W., Stevenson T. Asymmetric additions of 1-alkenylcopper reagents to chiral enoates: Enantioselective synthesis of California red scale pheromone // Tetrahedron letters. 1986. V. 27. №. 10. P. 1139-1140.
21. Quayle H. J. Insects of citrus and other subtropical fruits // Insects of Citrus and other Subtropical Fruits, 1938.
22. Rivela J. M. C., Ferrer M. T. M., Queralt J. M. F. Population dynamics and seasonal trend of California red scale ("*Aonidiella aurantii*" Maskell) in citrus in Northern Spain // Spanish journal of agricultural research. 2012. №. 1. P. 198-208.
23. 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.
24. Smith D., Beattie G. A., Broadley R. Citrus pests and their natural enemies: integrated pest management in Australia, 1997.
25. Still W. C., Mitra A. A highly stereoselective synthesis of Z-trisubstituted olefins via [2, 3]-sigmatropic rearrangement. Preference for a pseudoaxially substituted transition state // Journal of the American Chemical Society. 1978. V. 100. №. 6. P. 1927-1928.
26. Williams D. J. The scale insects of the tropical South Pacific region. Part 1. The armoured scales (Diaspididae). CAB International, 1988.
27. Yan J. Y., Isman M. B. Environmental factors limiting emergence and longevity of male California red scale (Homoptera: Diaspididae) // Environmental entomology. 1986. V. 15. №. 4. P. 971-975.

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.

Sinitsyna Ekaterina Vital'evna – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscow, Bykovo, ul. Pogranichnaya 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, Research Assistant, tel. +7 916 111-20-55; e-mail: katesinitsyna@gmail.com.

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: kuznetsov88@ro.ru.

Информация об авторах

Лобур Александр Юрьевич – к. х. н., старший научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИР» (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 «ВНИИР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 905 521-19-46; e-mail: todor-kol@mail.ru.

Синицына Екатерина Витальевна – научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 916 111-20-55; e-mail: katesinitsyna@gmail.com.

Кузнецов Константин Алексеевич – младший научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 915 493-28-24; e-mail: kuznetsov88@ro.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-12

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF REPRODUCTION OF HEALTHY PLANTING MATERIAL IN CONDITIONS OF HYDROPONIC CULTURE AND NURSERY OF THE FIRST FIELD GENERATION

I.S. Mardanshin, A.Kh. Shakirzyanov, R.S. Kirayev

*«Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture was established»
of Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences*

Received 05.10.2020

Submitted 02.12.2020

Abstract

Introduction. The production of quality original potato seed is the basis of primary potato seed production. Potato yield is 50% dependent on the seed planted. Therefore, it is necessary to develop, justify and use measures to increase the production of original potato seed material. **Object.** The object of research was the improved potato plants of the Bashkir variety. Purpose. The aim of the study was to improve the technology of reproduction of a healthy planting material in a hydroponic culture. Optimization of the planting scheme of mini-tubers when growing seed in a nursery of the first field generation. **Materials and methods.** The effect of the duration of the photoperiod and the growth hormone IAA (indoleacetic acid) on the root formation of green cuttings was studied. The influence of the regime of mineral nutrition according to the growth phases of potato plants on the structure and yield of potato mini-tubers was studied. In field experiments, the influence of the planting pattern and the size of mini-tubers on the structure of the yield and plant productivity were studied. **Results.** It was found that for the regular renewal of the reproduction cycle of the sanitized material, it is advisable to use green cuttings, the optimal conditions for root formation in cut green cuttings are determined. The cultivation of healthy planting material of mini-potato tubers in hydroponic culture must be carried out in three stages. Each stage of cultivation requires its own lighting regime and composition of mineral

nutrition. The optimal planting schemes have been established depending on the size of the potato mini-tubers. **Conclusions.** The use for accelerated reproduction of the primary healthier original seed material of potatoes under the conditions of hydroponic culture is a promising direction for solving the problem of providing primary seed production with high-quality source material.

Key words: *healthy potatoes, hydroponic system, cultivation regime, first field generation, planting scheme.*

Citation. Mardanshin I. S. Shakirzyanov A. H., Kireev R. S. Improvement of technology propagation of improved planting material in a hydroponic culture and field nursery of the first generation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 130-143 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-12.

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

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

УДК 633.491:632.931

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗМНОЖЕНИЯ ОЗДОРОВЛЕННОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ ГИДРОПОННОЙ КУЛЬТУРЫ И ПИТОМНИКА ПЕРВОГО ПОЛЕВОГО ПОКОЛЕНИЯ

И. С. Марданшин, *заведующий лабораторией селекции и семеноводства картофеля*

А. Х. Шакирзянов, *главный научный сотрудник*

Р. С. Кираев, *главный научный сотрудник*

Башкирский НИИСХ УФИЦ РАН

Дата поступления в редакцию 05.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Производства качественного оригинального семенного материала картофеля является основой первичного семеноводства картофеля. Уровень урожайности картофеля на 50 % зависит от высаживаемых семян. Поэтому необходимо разрабатывать, обосновывать и использовать меры, способствующие повышению объёмов производства оригинального семенного материала картофеля. **Объект.** Объектом исследований являлись оздоровленные растения картофеля сорта Башкирский. **Цель.** Целью исследования являлось совершенствование технологии размножения оздоровленного посадочного материала в условиях гидропонной культуры. Оптимизация схемы посадки мини-клубней при выращивании семенного материала в питомнике первого полевого поколения. **Материалы и методы.** Проведено изучение влияние продолжительности фотопериода и гормона роста ИУК на корнеобразование зелёных черенков. Изучено влияние режима минерального питания по фазам роста растений картофеля на структуру и урожай мини-клубней картофеля. В полевых опытах изучено влияние схемы посадки и размера мини-клубней на структуру урожая и продуктивность растений. **Результаты.** Установлено, что для регулярного возобновления цикла размножения оздоровленного материала целесообразно использовать зелёные черенки, определены оптимальные условия для корнеобразования у срезанных зелёных черенков. Выращивание оздоровленного посадочного материала мини-клубней картофеля в гидропонной культуре необходимо проводить в три этапа. Для каждого этапа культивирования необходим свой режим освещения и состав минерального питания. Установлены оптимальные схемы посадки в зависимости от размера мини-клубней картофеля. **Выводы.** Использование для ускоренного размножения первично оздоровленного оригинального семенного материала картофеля в условиях гидропонной культуры является перспективным направлением решения задачи обеспечения первичного семеноводства качественным исходным материалом.

Ключевые слова: *картофель оздоровленный, гидропонные системы выращивания картофеля, посадочный материал, возделывание картофеля.*

Цитирование: Марданшин И. С., Шакирзянов А. Х., Кираев Р. С. Совершенствование технологии размножения оздоровленного посадочного материала в условиях гидропонной культуры и питомника первого полевого поколения. *Известия НВ АУК*. 4(60). 130-143. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-12.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Возделывание картофеля как в промышленных масштабах, так и на отдельном приусадебном участке требует использования качественного посадочного материала. Новые сорта картофеля необходимо быстро размножить для сохранения заложенных в него конкурентных преимуществ. Вегетативный способ размножения картофеля позволяет сохранить генетический потенциал культуры от расщепления, возникающего в процессе полового наследования, но одновременно способствует быстрому накоплению комплекса заболеваний различной этиологии. Повторное заражение картофеля и снижение его продуктивности – это естественный процесс [7, 9, 12].

В оригинальном семеноводстве картофеля уровень требований к качеству посадочного материала достаточно высокий, и для их обеспечения необходимо в течение 2-х полевых поколений получить достаточный объем качественного семенного материала, в связи с этим критически важное значение приобретает коэффициент размножения клубней на начальном этапе процесса.

Оригинальное семеноводство картофеля в настоящее время базируется на использовании традиционного метода клонального размножения *in vitro* оздоровленных растений в пробирках и получения мини-клубней в условиях, контролируемых от повторного заражения среды [4]. Но в то же время для решения данной задачи всё большее значение приобретает использование различного рода биотехнологических методов, воплощённых в современные технологические и конструкторские решения. Наиболее производительными и экономически оправданными считаются методы ускоренного размножения исходного оздоровленного материала и получения мини-клубней в условиях аэро- и гидропоники [3, 5, 15, 17].

Метод ускоренного размножения исходного оздоровленного материала в условиях аэропоники принципиально отличается от метода микроклонального размножения оздоровленных растений *in vitro* тем, что растения выращивают без субстратов, а их корневая система периодически опрыскивается питательным раствором [8]. Процесс осуществляется автоматически. Отсутствие требований к стерильности культивирования значительно снижает затраты и себестоимость проведения работ, повышает производительность труда.

Ускоренное размножение оригинального семенного материала и получение мини-клубней в условиях гидропоники является сравнительно недорогим компромиссным решением проблемы между классическим методом микроклонального размножения растений в защищенном грунте и высокотехнологичным методом размножения в аэропонной системе. Размножение и культивирование оздоровленных растений осуществляется в нестерильных вегетационных помещениях в течение холодного периода года в условиях искусственного освещения, в непрерывном или циклическом потоке питательного раствора. Выращивание оздоровленных растений на гидропонной установке позволяет регулировать световой и температурный режим, а также концентрацию и состав питательного раствора. Конечным продуктом данного технологического этапа является получение свободных от патогенов мини-клубней картофеля [3, 16].

Наиболее известной системой гидропонного выращивания мини- клубней картофеля является установка «Картофельное дерево-10» в различных модификациях [1, 10]. Получаемые в данных системах мини-клубни картофеля отвечают требованиям ГОСТ на качество оригинального посадочного материала. Полученный клубневой материал пригоден для высадки в открытом грунте в условиях полевого изолятора [5]. Производство мини-клубней на оздоровленной основе наиболее востребованных сортов с использованием водной культуры позволяет в отдаленных областях РФ удовлетворить спрос на качественный оригинальный посадочный материал [8].

Современные технологии ускоренного размножения оздоровленного оригинального семенного материала постоянно совершенствуются как в плане конструкторских решений, так и в отношении регламентов использования элементов питания и параметров освещения в процессе культивирования растений. Основной же задачей этих технологий было и остается получение максимального коэффициента размножения оздоровленного материала за один цикл при минимально допустимом уровне материальных и трудовых затрат. С целью совершенствования технологии размножения оздоровленного посадочного материала в условиях гидропонной культуры и питомника первого полевого поколения нами проведен комплекс исследований с использованием нового сорта картофеля Башкирский.

Материалы и методы. Исследования проводились в течение 2010-2019 гг. в Бирском научном подразделении Башкирского НИИСХ, расположенном в Предуральской северной лесостепной зоне. Объектом исследований был оздоровленный посадочный материал раннеспелого сорта картофеля Башкирский.

Технология гидропонного выращивания картофеля была создана на основе усовершенствования известного способа круглогодичного выращивания растений в изолированном помещении при искусственном освещении в водной культуре [6].

Для определения оптимального временного промежутка для среза черенков было изучено 10 различных сроков. Первые три срока среза зеленых черенков проводили соответственно через 15, 25 и 27 суток культивирования растений при световом режиме освещения: 16 ч – свет и 8 ч – темноты («длинный день»). К концу этого периода растения находились в фазе бутонизации – начала цветения. С 27-х суток культивирования режим освещения изменяли на короткий день: 12 ч – свет и 12 ч – темноты («короткий день»). При этом режиме освещения черенки нарезали на 3, 5, 7, 9, 11, 13 и 15-е сутки культивирования. Половину нарезанных черенков помещали в сосуды с чистой водопроводной водой, вторую половину выдерживали в растворе калиевой соли индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) в концентрации 1 мг/л в течение 12 часов, затем промывали водой и в дальнейшем также содержали в чистой водопроводной воде. Растения помещали на световую площадку с фотопериодом 16 ч света и 8 ч темноты. Подсчет количества корешков проводили на 15-е сутки после среза зеленых черенков.

Изучение эффективности линейки растворимых удобрений «Novalon» для выращивания оздоровленных мини-клубней картофеля в гидропонной культуре проводили по сравнению с классическим рецептом питательного раствора Мурасига-Скуга (МС). Опыты были заложены в четырёх временных повторях на двух типах питательных сред. Контрольный вариант питательный раствор МС оставался одинаковым в течение всего периода культивации растений. В опытном варианте использовали различные марки растворимых удобрений «Novalon» по фазам развития культуры. Марку 19-19-19+МЭ на этапе интенсивного роста, в период снижения продолжительности суточного освещения марку 03-07-37+МЭ, в заключительный период при формировании столонов и клубней марку 15-5-30+МЭ. Питательный раствор в течение всего периода культивирования в обоих вариантах поддерживался до значения удельной электрической проводимости раствора 1,0-1,2 миллисменсов и кислотности pH раствора 6,9-7,4.

Полевые исследования проводились в паропропашном севообороте. Предшественник – чистый пар. Почва темно-серая лесная. Содержание гумуса – 4,7-4,9 %, обменного калия – 22-28 мг/100 г почвы, фосфора – 15-19 мг/100 г почвы, pH – 5,8. Посадка картофеля проводилась в 1-2 декадах мая под лопату в предварительно нарезанные культиватором КОН-2,8 гребни. Уход за посадками состоял из одной до всходовой, одной после всходовой междурядных обработок и окучивания перед смыканием рядков культиватором КОН-2,8. Уборку проводили в 2-3 декаде августа. Закладку опытов по изучению оптимизации схемы посадки мини-клубней картофеля проводили на двух рядковых делянках по 20 растений в трёхкратной повторности. Были изучены четыре схемы посадки: 75x10 см, 75x20 см, 75x30 см и 75x40 см, трёх фракций мини-клубней весом до 10 г, 10-30 г и более 30 г. Гидропонные мини-клубни картофеля ежегодно высаживали в полевом питомнике пространственно удаленном от посадок картофеля более чем на 500 м и защищенном с одной стороны водной поверхностью, а с трёх других сторон – лесным массивом.

Результаты исследований. Совершенствование технологии получения мини-клубней в условиях гидропонной культуры. В отличие от технологии выращивания мини-клубней в пробирочной культуре на гидропонике появляется возможность регуляция роста и развития растений также путем изменения состава питательного раствора. Повышенная влажность воздуха, доступ кислорода и легкоусвояемых элементов минерального питания в питательном растворе окружающим корни и образующиеся клубни, определяют высокую скорость роста и развития растений, что позволяет в течение 56-60 дней с момента высадки рассады сформировать урожай мини-клубней (рисунок 1).

Основной задачей при выращивании мини-клубней картофеля в гидропонной культуре является получение оздоровленного клубневого материала, который можно высадить в условия открытого грунта. Использование мини-клубней для выращивания первого клубневого полевого поколения оригинального семенного материала не требует сооружения теплиц или тоннельных укрытий. Для защиты от повторного вирусного заражения достаточно использовать особенности природного ландшафта, что позволяет размещать питомник на участке с пространственной изоляцией от других посадок картофеля.

Усовершенствованная нами технология выращивания оздоровленных мини-клубней картофеля в гидропонной культуре включает три последовательных этапа.



Рисунок 1 – Мини-клубни картофеля Башкирский, полученные в гидропонной культуре

Figure 1 – Mini-tubers of Bashkir potatoes obtained in hydroponic culture

На первом этапе ставится задача добиться образования корневой системы у зеленых черенков (рисунок 2). Так, следует отметить, что если в технологии микроразмножения черенков *in vitro* процесс воспроизводства разработан детально, то в гидропонной культуре конкретные рекомендации об оптимальных сроках нарезки зеленых черенков по срокам развития материнского растения в научной литературе не встречаются. Вместе с тем, образование корней у зеленых черенков является критическим фактором их жизнеспособности, поэтому и исследование этого процесса имеет особую актуальность для функционирования данной технологии.



Рисунок 2 – Зелёные черенки с образовавшейся корневой системой

Figure 2 – Green cuttings with the formed root system

Исходным материалом для размножения оздоровленного материала были сертифицированные пробирочные растения сорта картофеля Башкирский, полученные из генобанка (*in vitro*) ВНИИКС. Многократное использование для возобновления цикла культивирования пробирочных растений в условиях зональной лаборатории микрочлонального размножения ограничено 2-3 пассажами, поэтому обновление исходного оздоровленного материала проводится только раз в год, а в остальное время для размножения используются зелёные черенки.

В результате исследований установлено, что зеленые черенки, срезанные с растения при «длинном дне», характеризуются высокой способностью к корнеобразованию. Суммарная длина образовавшихся корней первого порядка составила от 6 до 21 см в расчете на каждый черенок, при этом способность образовывать корни сохранялась еще 5 дней после перехода на короткодневный фотопериод 12/12 ч (рисунок 3). Необходимо также отметить, что после 7 суточных циклов роста материнских растений на коротком дне способность к формированию корневой системы у срезанных зеленых черенков критически падает и наблюдается образование лишь единичных корней у 10-15 % зеленых черенков.

Обработка ИУК зеленых черенков картофеля значительно стимулирует процесс образования корневой системы. При культивировании растений на «длинном дне» суммарная длина корневой системы зеленых черенков, обработанных ИУК, превышает, за счет стимулирующего действия гормона, контрольные значения в 3-11 раз. При переводе растений на короткодневный фотопериод стимулирующий эффект ИУК постепенно снижается и к 11-м суткам полностью прекращается.

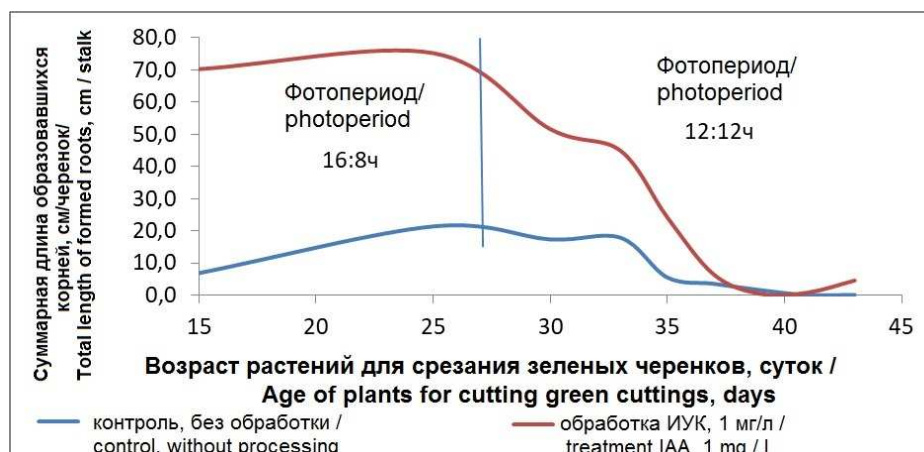


Рисунок 3 – Влияние фотопериода и обработки раствором калиевой соли индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) в концентрации 1 мг/л ИУК на суммарную длину образовавшихся корней у зеленых черенков картофеля сорта Башкирский

Figure 3 – Effect of photoperiod and treatment with a solution of potassium salt of indolyl-3-acetic acid (IAC) at a concentration of 1 mg / l of IAC on the total length of the formed roots in green cuttings of Bashkir potatoes

Таким образом, установлено, что оптимальным для корнеобразования у срезанных зеленых черенков временем развития растений является период культивирования на «длинном дне». При культивировании материнских растений в условиях «короткого дня» через 7 суток отмечается потеря способности зеленых черенков к корнеобразованию. После 11 суток культивирования растений в этих условиях теряется также и чувствительность растительной ткани зеленых черенков к стимулирующему действию ИУК.

Согласно существующим представлениям для формирования корневого зачатка необходим индольно-фенольный комплекс – ризокалин, образующийся в растительных тканях. Считается, что ризокалин продуцируется в листьях и вместе с ауксином перемещается к месту корнеобразования [18]. В нашем исследовании высокая способность зеленых черенков к инициации адвентивных корней при культивировании материнских растений в условиях «длинного дня» может быть связана с высоким содержанием комплекса гормональных факторов в их растущих частях черенка: верхушках и листовых пазухах.

Наблюдаемое нами полное прекращение корнеобразования через 7 суток и потеря чувствительности растительной ткани зеленых черенков к стимулирующему действию ИУК в процессе ризогенеза через 11 суток при выращивании материнских растений в условиях короткого дня, вероятно, объясняется процессом разрушения индольно-фенольного комплекса ризокалина. Снижение эффективности стимулирующего действия ИУК, возможно, происходит из-за быстрого ее окисления ИУК-оксидазой [14]. При этом следует отметить, что наличие определенного скрытого периода действия «короткого дня» на ризогенез вполне согласуется с существованием механизма фотопериодической индукции клубнеобразования коротким днем, продолжительностью не менее 6 циклов [13]. В течение этого периода происходит перестройка метаболизма растений к клубнеобразованию, что соответствует принципу опережающего отражения действительности в регуляции онтогенеза высших растений, который предполагает наличие у них аналогов афферентного синтеза на основе комплекса химических и физических воздействий [11].

Таким образом, установлено, что для получения зеленых черенков картофеля с хорошей способностью образовывать корни, черенки необходимо срезать с материнских растений, растущих в условиях «длинного дня».

Следующим этапом культивирования является подрощивание зеленых черенков до рассады высотой 35-45 см в условиях «длинного дня» в течение 20 суток. На этой стадии проводится выбраковка черенков, имеющих явную задержку роста, в среднем не более 3 % от общего их количества.

Третьим этапом выращивания растений является получение мини-клубней. Культивирование растений на заключительном этапе – самый сложный момент в выращивании мини-клубней в гидропонной культуре. Общая продолжительность культивирования составляет не более 60 суток, в течение которых растения формируют хорошую вегетативную массу, затем прекращают свой рост, образуют сначала столоны, а затем и клубни. Экспериментальные исследования показали, что если не обеспечить указанную последовательность прохождения фаз роста и развития растений, то продуктивность снижается в 10 и более раз. В частности, при попытке ограничить нарастание вегетативной массы в начальный период и сразу уменьшить длину дня, чтобы растения быстрее перешли к началу образования столонов и клубней, то растения останавливают рост и формируют незначительный урожай. Если рост вегетативной массы не ограничивать, то развитие растений сильно затягивается, в какой-то момент главный стебель в силу таксономических особенностей культуры начинает отмирать, что также негативно влияет на урожай.

Оптимальный график роста и развития растений в данной зоне был установлен с помощью регулирования режима освещенности и состава питательного раствора. Нами установлено, что режим освещения должен включать в себя три этапа. В начальный период сразу после высадки рассады длительностью не более 15 суток продолжительность освещения должна быть не менее 18 часов. К концу этого периода растения должны набрать вегетативную массу не менее 250-300 г/растение, иметь хорошую корневую систему светлого цвета. В середине этого периода растения подвергают очередной срезке зеленых черенков для возобновления следующего цикла размножения.

Во второй период (с 16 по 24-е сутки) проводят плавное ежедневное уменьшение суточной освещенности примерно на 1-1,5 часа в день. К концу этого периода длительность суточного освещения должна составлять не более 12 часов. При увеличении продолжительности этого переходного периода растения могут вступить в фазу интенсивного цветения, что нежелательно, поскольку это также затягивает процесс клубнеобразования.

Наиболее ответственным является начало третьего периода культивирования, в течение которого необходимо добиться инициации образования столонов, формирования и роста клубней. Следует иметь в виду, что, даже очень кратковременное, нарушение режима темной фазы фотопериода приводит к задержке инициации образования столонов. Продолжительность культивирования растений в третий период составляет 35-39 суток. При развитии растений на коротком дне на 15-18-е сутки культивирования должны массово появиться столоны. После появления столонов и начала формирования клубней наблюдается засыхание нижнего яруса листьев. В конце периода для стимуляции клубнеобразования можно сократить световую фазу дня до 6-8 часов, это усиливает отмирание ботвы и стимулирует дополнительный отток пластических веществ из ботвы в клубни.

Регуляция состава минерального питания является важным фактором управления ростом и развитием картофеля в условиях гидропонной культуры. Отсутствие факторов естественной регуляции развития, таких как сезонное изменение спектрального состава солнечной инсоляции, суточные колебания температурного фона и изменение сезонной активности почвенной сапрофитной микрофлоры серьезно нарушают как минеральное питание, так и связанные с фотопериодом нормы физиологических реакций растительного организма. Специфика гидропонной культуры картофеля состоит в том, что практически весь спектр минеральных элементов питания находится в растворенном в воде состоянии и фактически доступен корневой системе, поэтому растения доводят к образованию мощной вегетативной массы.

Изучение эффективности линейки растворимых удобрений «Novalon» для выращивания оздоровленных мини-клубней картофеля в гидропонной культуре по сравнению с классическим рецептом питательного раствора Мурасига-Скуга (МС) показало, что применение растворимого удобрения «Novalon» обеспечивает достоверное увеличение показателей продуктивности картофеля и выхода оздоровленных мини-клубней (таблица 1). Так, урожай клубней увеличивается достоверно на 11,4 % по количеству и на 12,5 % по массе в расчете на одно растение. При этом наблюдается изменение фракционного состава структуры урожая клубней. Применение растворимого минерального удобрения «Novalon» трех различных составов в зависимости по фазам развития значительно увеличивает (на 8,4 %) количественную долю крупных фракций массой 11-30 г и более 31 г (на 2,8 %). Полученные клубни хорошо сформированы и пригодны к посадке в условиях полевого питомника. Увеличение в урожае доли фракций клубней большего размера закладывает потенциально более высокие коэффициенты размножения исходного посадочного материала в полевых условиях. Проведенный анализ соотношения массы образовавшихся клубней к общей биологической массе растения показывает, что при выращивании картофеля на гидропонной установке с использованием трех различных составов растворимого удобрения «Novalon» удастся избежать затягивания фаз развития, значительно ограничить вегетативный рост и направить продукты ассимиляции на формирование клубней. Так, доля массы клубней в общей биологической массе растения составляет в контрольном варианте 24,5 %, а в опытном варианте – на 11,4 % больше.

Таблица 1 – Эффективность удобрения «Novalon» при выращивании оздоровленных мини-клубней картофеля сорта Башкирский на гидропонной установке

Table 1 – effectiveness of Novalon fertilizer for growing healthy mini-tubers of Bashkir potato varieties on a hydroponic plant

Показатель / Indicator	Вариант опыта / Experience option	
	Контрольная смесь МС / Reference compound MS medium (X±Sx)	Растворимое удобрение «Novalon» / soluble fertilizer «Novalon» (X±Sx)
Урожай клубней г на куст / Crop of tubers g per Bush	83,3±4,55	104,5±6,12
Урожай клубней шт. на куст / Crop of tubers PCs. on the Bush	8,5±1,12	9,7±1,22
Доля фракции клубней до 10 г по количеству / Fraction of tubers up to 10 g by quantity, %	64,3±3,44	53,1±3,56
Доля фракции клубней до 11-30 г по количеству / Fraction of tubers up to 11-30 g by quantity, %	33,9±4,12	42,3±3,01
Доля фракции клубней более 31 г по количеству / The proportion of the fraction of tubers of more than 31 g number, в %	1,8±0,66	4,6±0,94
Доля массы клубней в биологическом урожае растений / Share of tuber mass in the biological yield of plants, %	24,5± 3,22	35,1±4,01

На основе проведенных исследований рекомендуется для выращивания мини-клубней картофеля в гидропонной культуре использовать по этапам развития следующие формы и эффективные концентрации растворимых удобрений «Novalon»: марку 19-19-19+МЭ на этапе интенсивного роста, в период снижения продолжительности светового дня – марку 03-07-37+МЭ, в заключительный период при формировании столонов и клубней – марку 15-5-30+МЭ.

Сравнительная оценка различных схем посадки оздоровленных мини-клубней картофеля. Особенно ответственным моментом является получение первого клубневого поколения из мини-клубней картофеля. Оздоровленный материал обладает

исключительно высокой силой роста и при доступности минерального питания и света может сформировать клубни весом до 500 г. Изучение эффективности различных схем посадки мини-клубней картофеля позволило выявить, что максимальная продуктивность и коэффициент размножения клубней отмечается в варианте при посадке всех трёх изучаемых фракций по схеме 75х40 см (таблица 2). Так, коэффициент размножения в среднем за 3 года наблюдений составил 1: 5,9-11,0. При этом наблюдается уменьшение, как уровня продуктивности, так и коэффициента размножения растений картофеля при выращивании из более мелких мини-клубней. Это вполне объясняется меньшей энергией роста более мелких фракций клубней и как следствие этого замедленным темпом развития растений в начальный период вегетации.

Общий анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что с увеличением массы посадочного мини-клубня независимо от схемы посадки увеличивается как показатель продуктивности, так и коэффициент размножения.

Таблица 2 – Влияние схем посадки мини-клубней картофеля сорта Башкирский на коэффициент размножения (2015-2017 гг.)

Table 2-Effect of planting schemes for mini-tubers of Bashkir potato variety on the reproduction rate (2015-2017)

	Вариант опыта / Experience option		Урожай с 1 куста, г / Yield from 1 Bush, g				Коэффициент размножения / Multiplication factor			
	Масса клубня, г / The mass of a tuber, g	Схема посадки, см / The scheme of planting, cm	2015	2016	2017	Среднее за 3 года / Average for 3 years	2015	2016	2017	Среднее за 3 года / Average for 3 years
1	До 10 г / Up to 10 g	75х10	308	330	396	344,7	5,2	5,8	5,1	5,4
2		75х20	329	376	376	360,3	5,4	5,8	5,3	5,5
3		75х30	387	401	431	406,3	5,6	6,2	5,5	5,8
4		75х40	482	498	488	489,3	5,6	6,6	5,5	5,9
5	10-30 г / 10-30 g	75х10	402	360	380	380,7	6,7	6,6	5,2	6,2
6		75х20	435	475	575	495,0	8	8,4	7,8	8,1
7		75х30	504	629	629	587,3	8,5	8,7	8,2	8,5
8		75х40	589	696	710	665,0	9,1	8,9	8,5	8,8
9	более 30 г / more than 30 g	75х10	561	390	520	490,3	9,5	7	7,1	7,9
10		75х20	781	674	674	709,7	9,7	7,8	7,8	8,4
11		75х30	789	728	728	748,3	10,1	8,9	9,1	9,4
12		75х40	829	794	894	839,0	10,3	10,1	11	10,5

Анализ фракционного состава по массе и среднему размеру клубней показывает, что при увеличении площади питания наблюдается общая тенденция повышения доли фракции крупных клубней более 90 г и уменьшения доли фракции клубней меньше 10 г (таблица 3). В дальнейшем, при посадке клубней этих фракций на следующий год требуется применение ручного труда, и кроме того, такие клубни значительно хуже хранятся, так как сильнее травмируются при уборке.

В связи с этим, для обеспечения максимального выхода клубней размером 10-90 г мини-клубни разных фракций необходимо высаживать с разной площадью питания. Для фракции мини-клубней мельче 10 г оптимальной является схема 75х40 см, массой 10-30 г – 75х20-30 см, а массой более 30 г – 75х10-20 см.

Таблица 3 – Влияние схем посадки мини-клубней картофеля на распределение урожая клубней по массе и фракционному составу (2015-2017 гг.)

Table 3 – Influence of potato mini-tuber planting schemes on the distribution of tuber yield by weight and fractional composition (2015-2017)

	Вариант опыта / Experience option		Средний вес 1 клубня, г / Average weight of 1 tuber, g				Доля фракции по весу в среднем за 3 года / Fraction by weight on average for 3 years, %			
	Масса клубня, г / The mass of a tuber, g	Схема посадки, см / Landing scheme, cm	2015	2016	2017	Среднее за 3 года / Average for 3 years	крупнее 90 г / larger than 90 g	50-90 г	10-50 г	меньше 10 г / less than 10 g
1	До 10 г / Up to 10 g	75x10	59,2	56,9	77,6	64,6	-	20,6	67,3	12,1
2		75x20	60,9	64,8	70,9	65,6	-	21,3	68,6	10,1
3		75x30	69,1	64,7	78,4	70,7	-	23,1	68,5	8,4
4		75x40	86,1	75,5	88,7	83,4	-	25,2	68,6	6,2
5	10-30 г / 10-30 g	75x10	60,0	54,5	73,1	62,5	-	22,1	72,8	5,1
6		75x20	54,4	56,5	73,7	61,5	2,8	25,8	67,2	4,2
7		75x30	59,3	72,3	76,7	69,4	3,5	26,4	66,9	3,2
8		75x40	64,7	78,2	83,5	75,5	6,5	28,5	61,6	3,4
9	более 30 г / more than 30 g	75x10	59,1	55,7	73,2	62,7	-	22,6	70,9	6,5
10		75x20	80,5	86,4	86,4	84,4	5,2	26,8	62,2	5,8
11		75x30	78,1	81,8	80,0	80,0	12,9	29,4	54,5	3,2
12		75x40	80,5	78,6	81,3	80,1	15,2	35,2	46,6	3,0

На основании полученных данных можно констатировать, что загущение при посадке клубней картофеля всех фракций ведет к снижению, как весового коэффициента размножения, так и клубневой массы урожая. Фактор загущения, по всей видимости, ведет к повышению конкуренции между растениями картофеля за свет и минеральное питание, что и приводит к ограничению уровня продуктивности. При этом отчетливо проявляется тенденция усиления конкуренции с возрастанием массы посадочного клубня вследствие того, что из крупного клубня быстрее формируется растение.

Для оптимизации схемы посадки оздоровленных мини-клубней картофеля необходим баланс между оптимальным коэффициентом размножения и приемлемым фракционным составом получаемого в первом полевом поколении урожая клубней.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено, что для регулярного возобновления цикла размножения оздоровленного материала целесообразно использовать зелёные черенки. При этом оптимальные условия для корнеобразования у срезанных зеленых черенков складываются, когда их снимают с материнских растений, растущих на «длинном дне». Условия выращивания материнских растений при короткодневном фотопериоде блокируют образование корней.

Выращивание оздоровленного посадочного материала мини-клубней картофеля в гидропонной культуре необходимо проводить в три этапа. Каждый этап культивирования имеет свой режим освещения и состав минерального питания.

Установлено, что при получении первого полевого поколения из оздоровлённых мини-клубней картофеля, полученных в условиях гидропоники, и обеспечения максимального выхода клубней размером 10-90 г мини-клубни разных фракций необ-

ходимо высаживать с разной площадью питания. Для фракции мини-клубней мельче 10 г оптимальной является схема 75х40 см, массой 10-30 г – 75х20-30 см, а массой более 30 г – 75х10-20 см. Загущение при посадке клубней картофеля ведет к снижению как весового коэффициента размножения, так и клубневой массы урожая.

Библиографический список

1. Биотехнологическая установка по круглогодичному производству безвирусных миниклубней картофеля / С. Л. Рубцов [и др.] // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. № 5-1. С. 200-204.
2. Выращивание миниклубней картофеля и топинамбура в условиях водно-воздушной культуры с использованием искусственного освещения / О. С. Хутинаев [и др.] // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В. П. Горячкина». 2018. № 4 (86). С. 7-14.
3. Гордеев О. В., Соколова А. В., Гордеев В. О. Усовершенствованная гидропонная установка для производства мини-клубней картофеля из растений *in vitro* // Технические науки агропромышленному комплексу России. 2017. С. 68-71.
4. Овэс Е. В. Анисимов Б. В., Усков А. И. Методические рекомендации по тиражированию *in vitro* материала для оригинального семеноводства картофеля. М.: ФГБНУ ВНИИКС, 2017. 25 с.
5. Перспективы использования биотехнологических установок в безвирусном семеноводстве картофеля в среднем Поволжье / А. В. Милехин [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5(3). С. 1184-1191.
6. Продуктивность меристемного картофеля в искусственных средах аэропонных и гидропонных установок / Я. А. Нуриддинов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 102-106.
7. Семеноводство картофеля: современные технологии, нормативное регулирование, проверка качества: методическая рекомендация / Б. В. Анисимов [и др.]. М.: МСХ РФ, 2017. 36 с.
8. Терентьева Е. В., Ткаченко О. В. Получение мини-клубней картофеля аэропонным способом // Известия ТСХА. 2018. № 4. С. 61-72.
9. Фоминых Т. С., Медведева К. Д. Вирусные болезни картофеля на северо-западе России // Plant Protection News. 2018. № 4. С. 40-44.
10. Хутинаев О. С., Юрлова С. М., Анисимов Б. В. Особенности гидропонного выращивания мини и микро-клубней на установках КД-10 и «Минивит». Картофелеводство: сборник научных трудов. М.: Всероссийского НИИ картоф. хоз-ва, 2012. С. 125-131.
11. Черезов С. Н., Алексеева А. В., Шишкина Л. В. Динамика основных обменных процессов в онтогенезе растений картофеля // Сельхозбиология. 2007. № 1. С. 78-81.
12. Эффективность защитных обработок в снижении реинфекции У-вирусом семенного картофеля / Ф. Ф. Замалиева [и др.] // Защита картофеля. 2016. №. 1. С. 9-12.
13. Borna R. S., Hoque M. I., Sarker R. H. *In vitro* Microtuber Induction and Regeneration of Plantlets from Microtuber Discs of Cultivated Potato (*Solanum tuberosum* L.) // Plant Tissue Culture and Biotechnology. 2019. V. 29. №. 1. С. 63-72.
14. Hormonal regulation of tuber formation in potato.- Aksenova N.P., Sergeeva L.I., Kolachevskaya O.O., Romanov G.A..-В книге: Bulbous Plants: Biotechnology. 2016. С. 3-36.
15. Methods of pre-basic seed potato production with special reference to aeroponics (A review) / T. Buckseth [et al.] // Scientia horticulturae. 2016. V. 204. P. 79-87.
16. Rykaczewska K. Field performance of potato minitubers produced in aeroponic culture // Plant, soil and environment. 2016. V. 62. №. 11. P. 522-526.
17. Rykaczewska K. The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture // Plant, Soil and Environment. 2016. V. 62. №. 5. P. 210-214.
18. Study on the Mechanism of the Regulation of NAA Promoted the Adventitious Root Formation of the *Dalbergia Odorifera* / Hongxin Wang [et al.]. T. Chen Hardwood Cuttings 2017 5th International Conference on Mechatronics, Materials, Chemistry and Computer Engineering (ICMMC-CE 2017) September 2017.

Conclusions. As a result of the conducted research, it was found that it is advisable to use green cuttings for regular renewal of the reproduction cycle of the improved material. At the same time, the optimal conditions for root formation in cut green cuttings are formed when they are removed from the parent plants growing on the "long bottom". Conditions for growing mother plants with a short-day photoperiod block root formation.

Cultivation of healthy planting material of mini-potato tubers in a hydroponic culture should be carried out in three stages. Each stage of cultivation has its own lighting mode and composition of mineral nutrition.

It is established that when obtaining the first field generation from healthy mini-tubers of potatoes obtained under hydroponic conditions and ensuring the maximum yield of tubers 10-90 g in size, mini-tubers of different fractions must be planted with different nutrition areas. For a fraction of mini-tubers smaller than 10 g, the optimal scheme is 75x40 cm, weighing 10-30 g-75x20-30 cm, and weighing more than 30 g-75x10-20 cm. Thickening when planting potato tubers leads to a decrease in both the weight coefficient of reproduction and the tuber mass of the crop.

References

1. Biotehnologicheskaya ustanovka po kruglogodichnomu proizvodstvu bezvi-rusnyh mini-klubnej kartofelya / S. L. Rubcov [i dr.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2017. № 5-1. P. 200-204.
2. Vyraschivanie miniklubnej kartofelya i topinambura v usloviyah vodno-vozdushnoj kul'tury s ispol'zovaniem iskusstvennogo osvescheniya / O. S. Hutinaev [i dr.] // Vestnik Federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj uni-versitet im. V. P. Goryachkina". 2018. № 4 (86). P. 7-14.
3. Gordeev O. V., Sokolova A. V., Gordeev V. O. Uovershenstvovannaya gid-roponnaya ustanovka dlya proizvodstva mini-klubnej kartofelya iz rastenij in vitro // Tehnicheskie nauki-agropromyshlennomu kompleksu Rossii. 2017. P. 68-71.
4. Ov's E. V., Anisimov B. V., Uskov A. I. Metodicheskie rekomendacii po tirazhirovaniyu in vitro materiala dlya original'nogo semenovodstva kartofelya. M.: FGBNU VNIKH, 2017. 25 p.
5. Perspektivy ispol'zovaniya biotehnologicheskikh ustanovok v bezvirusnom semenovodstve kartofelya v srednem Povolzh'e / A. V. Milehin [i dr.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2014. T. 16. № 5(3). P. 1184-1191.
6. Produktivnost' meristemnogo kartofelya v iskusstvennyh sredah a]ro-ponnyh i gidroponnyh ustanovok / Ya. A. Nuriddinov [i dr.] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 6 (80). P. 102-106.
7. Semenovodstvo kartofelya: sovremennye tehnologii, normativnoe regulirovanie, proverka kachestva: metodicheskaya rekomendaciya / B. V. Anisimov [i dr.]. M.: MSX RF, 2017. 36 p.
8. Terent'eva E. V., Tkachenko O. V. Poluchenie mini-klubnej kartofelya ajeroponnym sposobom // Izvestiya TSXA. 2018. № 4. S. 61-72.
9. Fominyh T. S., Medvedeva K. D. Virusnye bolezni kartofelya na severo-zapade Rossii // Plant Protection News. 2018. № 4. S. 40-44.
10. Hutinaev O. S., Yurlova S. M., Anisimov B. V. Osobennosti gidroponnogo vyraschivaniya mini i mikro-klubnej na ustanovkah KD-10 i "Minivit". Kartofelevodstvo: sbornik nauchnyh trudov. M.: Vserossijskogo NII kartof. hoz-va, 2012. P. 125-131.
11. Cherezov S. N., Alekseeva A. V., Shishkina L. V. Dinamika osnovnyh obmennyh processov v ontogeneze rastenij kartofelya // Sel'hozbiologiya. 2007. № 1. P. 78-81.
12. Jefferktivnost' zaschitnyh obrabotok v snizhenii reinfekcii U-virusom semennogo kartofelya / F. F. Zamalieva [i dr.] // Zashita kartofelya. 2016. № 1. P. 9-12.
13. Born R. S., Hoque M. I., Sarker R. H. In vitro Microtuber Induction and Regeneration of Plantlets from Microtuber Discs of Cultivated Potato (*Solanum tuberosum* L.) // Plant Tissue Culture and Biotechnology. 2019. V. 29. № 1. C. 63-72.
14. Hormonal regulation of tuber formation in potato.- Aksenova N.P., Sergeeva L.I., Kolachevskaya O.O., Romanov G.A..-В книге: Bulbous Plants: Biotechnology. 2016. C. 3-36.

15. Methods of pre-basic seed potato production with special reference to aeroponics (A review) / T. Buckseth [et al.] // *Scientia horticulturae*. 2016. V. 204. P. 79-87.
16. Rykaczewska K. Field performance of potato minitubers produced in aeroponic culture // *Plant, soil and environment*. 2016. V. 62. №. 11. P. 522-526.
17. Rykaczewska K. The potato minituber production from microtubers in aeroponic culture // *Plant, Soil and Environment*. 2016. V. 62. №. 5. P. 210-214.
18. Study on the Mechanism of the Regulation of NAA Promoted the Adventitious Root Formation of the *Dalbergia Odorifera* / Hongxin Wang [et al.]. T. Chen *Hardwood Cuttings 2017 5th International Conference on Mechatronics, Materials, Chemistry and Computer Engineering (ICMMC-CE 2017)* September 2017.

Authors Information

Mardanshin Ildar Salimyanovich, head of the laboratory of potato breeding and seed production of Bashkir Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa 450059, Russia, Richard Sorge street, 19, candidate of biology. E-mail: ildar.mardanshin1966@yandex.ru

Shakirzyanov Anvar Hafizovich, chief researcher of Bashkir Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa 450059, Russia, Richard Sorge street, 19, doctor of agricultural Sciences. E-mail: bniish@rambler.ru

Kireev Rustam Sultangazieva chief researcher of Bashkir Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa 450059, Russia, Richard Sorge street, 19, doctor of agricultural Sciences. E-mail: bniish@rambler.ru

Информация об авторах:

Марданшин Ильдар Салимьянович, заведующий лабораторией селекции и семеноводства картофеля Башкирского НИИ сельского хозяйства УФИЦ РАН (400059, г. Уфа, ул. Р.Зорге, 19), кандидат биологических наук. E-mail: ildar.mardanshin1966@yandex.ru

Шакирзянов Анвар Хафизович, главный научный сотрудник Башкирского НИИ сельского хозяйства УФИЦ РАН (400059, г. Уфа, ул. Р.Зорге, 19), доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: bniish@rambler.ru

Кираев Рустям Султангареевич главный научный сотрудник Башкирского НИИ сельского хозяйства УФИЦ РАН (400059, г. Уфа, ул. Р.Зорге, 19), доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: bniish@rambler.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-13

SOIL RECLAMATION CONDITIONS FOR CULTIVATION OF VEGETABLE CROPS IN THE LOWER VOLGA REGION

N.I. Matveeva¹, V.P. Zvolinsky¹, N.Yu. Petrov²

¹*Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»*

²*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Agrarian University»*

Received 29.09.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

The study of soil-reclamation conditions in the cultivation of vegetable crops in the Lower Volga region in the Astrakhan and Volgograd regions are of great importance. When studying and comparing the states of the natural complexes of the Ergeninskaya Upland and the Caspian Lowland, a clearly manifested pattern is clearly observed, which consists in the fact that the processes of climate aridization and a decrease in the productivity of natural lands in the Northern Caspian region are activated.

Abstract

Relevance. The relevance is presented by the analysis of scientific research on the study of the relationship of the indicators of relief, soils and vegetation of the Northern Caspian region in the Chernoyarsk district of the Astrakhan region and the Volga-Don interfluvium of the Gorodishchensky district of

the Volgograd region when growing vegetables, as well as the results of long-term observations of climatic conditions in these territories from 2011 to 2020 years. **Object.** The object is the development of climate aridization on the territory of the Caspian lowland and its difference from similar processes on the Ergeninskaya Upland. The purpose of the work is to analyze important aspects of the characteristic features of climatic changes over a decade in the Chernoyarsk and Gorodishchensky districts, to summarize the presented characteristic features of the relief, vegetation and soils of the studied territories. **Materials and methods.** Chernoyarsk district of the Astrakhan region and the Gorodishche district of the Volgograd region were chosen as the research sites. The main methods of studying the differences and interrelationships of the natural complexes of the Lower Volga were ecological monitoring, zoning, comparative cartographic, the method of system analysis and mathematical processing of statistical data, an integrated ecological-geographical approach were also used. As a guide during our research, we applied the Classification and Diagnostics of Soils of the USSR by V.V. Egorov, V.M. Fridland, E.N. Ivanova, and others (1977). **Results and conclusions.** It was found that the sum of positive temperatures over the past ten years from 2010 to 2020 has significantly increased - by 7000C and reached 39000C, in 1926-1935 the amount was 32000C; decreased average annual precipitation. With climate change, the plant composition of the studied areas also changes: mainly white wormwood associations, black wormwood vegetation on the territory of the Chernoyarsk region, in the Gorodishchensky region, wormwood-cereal vegetation predominates. For the first time in the presented natural areas, geomorphology was studied about modern patterns of relief, vegetation, soil, and the distinctive features of development and relationships were shown. Comparing the state of the natural complexes of the Ergeninskaya Upland and the Caspian Lowland, a clearly manifested pattern is clearly observed, which consists in the fact that the processes of climate aridization and a decrease in the productivity of natural lands in the Northern Caspian Sea region are activated.

Key words: Caspian lowland, Ergeninskaya upland, aridization, Sarpinskaya lowland, subzone of light chestnut soils, late Khvalynskaya terrace, natural complex.

Citation. Matveeva N.I., Zvolinsky V.P., Petrov N.Yu. Soil reclamation conditions for cultivation of vegetable crops in the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(56). 143-153 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-13.

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

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

УДК 631.67:631.4:635(470.45)

ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ УСЛОВИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Н. И. Матвеева¹, кандидат педагогических наук

В. П. Зволинский¹, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

Н. Ю. Петров², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук

Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище

²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный университет, г. Волгоград,

Дата поступления в редакцию 29.09.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Актуальность представлена анализом научных исследований по изучению взаимосвязей показателей рельефа, почв и растительности Северного Прикаспия на территории Черноярского района Астраханской области и Волго-Донского междуречья Городищенского района Волгоградской области при выращивании овощных культур, а также результаты многолетних наблюдений климатических условий на указанных территориях с 2011 по 2020 годы. **Объект.** Объектом является процесс развития аридизации климата на территории Прикаспийской низменности и его отличие от подобных процессов на Ергенинской возвышенности. Цель работы – проанализировать важные аспекты характерных особенностей климатических изменений за десятилетие в

Черноярском и Городищенском районах, обобщить представленные характерные признаки рельефа, растительности и почв изучаемых территорий. **Материалы и методы.** Местом проведения исследований были выбраны Черноярский район Астраханской области и Городищенский район Волгоградской области. Основными методами изучения различий и взаимосвязей природных комплексов Нижней Волги были экологический мониторинг, зонирование, сравнительно-картографический, также использовался метод системного анализа и математической обработки статистических данных, комплексный эколого-географический подход. В качестве руководства при проведении наших изысканий мы применили Классификацию и диагностику почв СССР Егорова В. В., Фридланда В. М., Ивановой Е. Н. и др. (1977). **Результаты и выводы.** Установлено, что сумма положительных температур за последние десять лет с 2010 по 2020 годы стала выше на 700°C и достигла 3900°C , в 1926-1935 года сумма составляла 3200°C ; уменьшилось среднегодовое количество осадков. С изменением климата меняется и растительный состав изучаемых местностей: в основном преобладают белополынные ассоциации, чернополынная растительность на территории Черноярского района, в Городищенском районе преобладает полынно-злаковая растительность. Впервые в представленных природных областях изучалась геоморфология современных закономерностей рельефа, растительности, почвы, показаны отличительные особенности развития и взаимосвязей. При сравнении состояния природных комплексов Ергенинской возвышенности и Прикаспийской низменности отчетливо наблюдается проявившаяся закономерность, которая заключается в том, что процессы аридизации климата и снижение продуктивности естественных угодий Северного Прикаспия активизируются.

Ключевые слова: условия возделывания овощных культур, почвенные условия возделывания, аридизация климата, Сарпинская низменность, подзона светло-каштановых почв, позднехвалынская терраса, природные комплексы, возделывание овощных культур.

Цитирование. Матвеева Н. И., Зволинский В. П., Петров Н. Ю. Почвенно-мелиоративные условия при возделывании овощных культур в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60).143-153. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-13.

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. Природные комплексы Астраханской и Волгоградской областей имеют различия по своим погодным условиям, климату, растительности, рельефу и другим признакам. Астраханская область представляет собой резко континентальную, острозасушливую часть Европейской территории Российской Федерации – с высокими температурами воздуха летом, низкими – зимой, очень малым количеством осадков и огромной испаряемостью. Волгоградская область расположена на юго-востоке Русской равнины, далеко от морей и океанов, находится в южной половине умеренного климатического пояса с континентальным климатом, с жарким летом и малоснежной зимой. Такие условия определяют и растительный состав, и рельеф, и почвы данных территорий.

Материалы и методы. Местом проведения исследований были выбраны Черноярский район Астраханской области и Городищенский район Волгоградской области. Основными методами изучения различий и взаимосвязей природных комплексов Нижней Волги были экологический мониторинг, зонирование, сравнительно-картографический, также использовался метод системного анализа и математической обработки статистических данных, комплексный эколого-географический подход. В качестве руководства при проведении наших изысканий мы применили Классификацию и диагностику почв СССР Егорова В. В., Фридланда В. М., Ивановой Е. Н. и др. (1977) [8].

Таблица 1 – Взаимосвязь показателей рельефа, почв и растительности Северного Прикаспия (Астраханская область, Черноярский район)

Table 1 – The relationship between relief, soil and vegetation indicators Northern Caspian region (Astrakhan region, Chernoyarsk district)

Геоморфология / Geomorphology	Рельеф / Relief	Формы рельефа / Landforms	Растительность / Vegetation	Почвы и почвенные комплексы* / Soils and soil complexes*
Прикаспийская низменность, прикаспийская впадина. Аллювиальная равнина. Современная Волго-Ахтубинская пойма / Caspian lowland, Caspian depression. Alluvial plain. Modern Volgo-Akhtubinskaya floodplain	Аллювиальная равнина с высотами минус 15 м – минус 1 м. / Alluvial plain with heights of minus 15 m - minus 1 m	Аллювиальные пески, супеси, суглинки, глины. Песчаные гривы, косы, озерные депрессии / Alluvial sands, sandy loams, loams, clays. Sandy manes, spits, beaches, lake depressions	Пойменные злаково-разнотравные луга в сочетании с кустарниковой и лесной растительностью / loodplain cereal-forb meadows in combination with shrub and forest vegetation	Lз + Ал + Ад / Lz + Al + Hcll
Морская аккумулятивная равнина. Нижнехвалынская морская терраса р. Волга / Marine accumulative plain. Nizhnekhvalyn sea terrace r. Volga	Пологоволнистая, плоская слабо-наклонная равнина с высотами плюс 1м – плюс 10 м. / Gently undulating, flat slightly sloping plain with heights of plus 1 m - plus 10 m	Редкие микроповышения и микрозападины / Rare micro-highs and microdepressions	Белопольные ассоциации / White wormwood associations	K _л +K _{сч} -K _{сб} K _{сб} K _л C _л z (10-15%)+ K _л (10%) / K _л + K _{лSn} + K _{лIsnSk} + CN2 (10-15%) + KL (10%)
Сарпинская излучина, сарпинский прогиб, припобережье р. Волга / Sarpinskaya lowland, sarpinian deflection, right bank of the river. Volga	Увалисто-буристая равнина / Rugged hilly plain Пониженная лиманная / Lowered estuary	Округло-вытянутые бугры в сочетании с котловинами выдувания / Rounded elongated knolls in combination with blowing hollows Округлые и округло-вытянутые лиманные депрессии (диаметром более 400 м) / Rounded and rounded elongated estuary depressions (more than 400 m in diameter) Круглые и округло-вытянутые мезозападины (диаметром 100-400 м) / Round and rounded elongated meso-depressions (100-400 m in diameter)	Прутьяково-белополяннная / Prutyak-white wormwood Разнотравно-злаковая, краевые части – полынь, кохия / Forb-cereal, marginal parts - wormwood, Kochia Полынно-злаковая с разнотравьем / Wormwood-cereal with herbs	B + Бл (10%) / B + BL (10%) Л _л + Л _л C _к K _л / LL + LL S _{sk} Sk K _л + K _л C _л / K _л + K _л K _л Sn
Межтеррасное понижение, Сарпинская низменность / Mezhterrasnoe decrease, Sarpinskaya lowland	Равнина с широко развитыми макро-, мезо- и микропонижениями / Plain with widespread macro, meso and micro depressions	Выровненные слабонаклонные плакоры с микрозападинами (диаметром менее 100 м), чередующиеся с относительно повышенными поверхностями / Aligned slightly sloping uplands with micro-depressions (less than 100 m in diameter) alternating with relatively elevated surfaces Выровненные слабонаклонные плакоры с равномерно расположенными микрозападинами / Aligned slightly sloping plakors with evenly spaced micro-depressions	Белополяннная с отдельными экземплярами чёрной полыни / White wormwood with individual pieces of black wormwood Чернополяннная-белополяннная с анабазисом / Black wormwood-white wormwood with anabasis Чернополяннная с анабазисом / Black wormwood with anabasis	K _л C _л z-C _л z (15%) / K _л CN + CN2 (15%) C _л N _л +C _л z (10%)+C _л H _л / CN1 + CN2 (10%) + CN0 C _л л+C _л л C _л (30%) / CH1 + CN0Sk (30%) Л _л C _к K _л / L S _{sk}

Источник: авторский составлен по материалам исследований.

С₀ – солонцы корковые; С₁ – солонцы средние; Л – луговые засоленные суглинистые; А – аллювиальные лугово-болотные глинистые, суглинистые почвы; Ад – аллювиальные дерново-бурые. Примечание: *К1 – подзона светло-каштановых почв; К1^{сн} – подзона светло-каштановых солонцеватых почв; КЛ – лугово-каштановые почвы западин; С₀ – солонцы корковые; С₁ – солонцы средние; Л – лугово-лиманские (часто заболоченные) часто осолоделые почвы; Лз – луговые засоленные суглинистые; А – аллювиальные лугово-болотные глинистые, суглинистые почвы; Ад – аллювиальные дерново-бурые.

Таблица 2 – Взаимосвязь показателей рельефа, почв и растительности Волго-Донского междуречья (Volgograd region, Gorodischensky district)

Table 2 – Relationship between relief, soil and vegetation indicators Volga-Don interfluvium (Volgograd region, Gorodischensky district)				
Геоморфология / Geomorphology	Рельеф / Relief	Формы рельефа / Landforms	Растительность / Vegetation	Почвы и почвен- ные комплексы* / Soils and soil complexes*
1	2	3	4	5
Приволжская возвышенность, аккумулятивно-денудационная южная часть. Ергенинская возвышенность, северное аккумулятивно-денудационное плато Ергеней. Поверхность водосбора реки Дон, долина реки Россошка / Volga Upland, accumulative-denudation southern part. Ergeninskaya Upland, northern accumulative-denudation plateau Ergeni. Don river catchment surface, Rossoshka river valley	Типично равнинный с возвышенностями: южная часть Приволжской и северной части Ергенинской, с овражно-балочным комплексом. С высотами плюс 50 м – плюс 100 м. / Typically flat with uplands: the southern part of the Volga and northern parts of the Ergeninskaya, with a gully-ravine complex. With heights plus 50 m - plus 100 m	Малые возвышенности, долины, овраги / Low hills, valleys, ravines	Злаковое разнотравье, осоковые с редкой кустарниковой растительностью / Cereals forbs, sedges with sparse shrub vegetation	П+А _л / P + AL
Раннехвалынская морская терраса р. Дон / Early Khvalynian sea terrace. Don	Плоская слабонаклоненная равнина с уклонами восток-запад / Flat, gently sloping plain with east-west slopes	Просматривающиеся долинные понижения и малозаметные возвышения / Visible valley depressions and subtle elevations	Белопопелковые ассоциации в сочетании с черной попопелкой / White wormwood associations with black wormwood	К+К ₁ +Б+Б _л (15%) / К + K ₁ + B + BL (15%)
Ергенинская возвышенность / Ergeninskaya Upland	Плоская слабоволнистая равнина / Flat, slightly undulating plain	Редкие понижения с микрозападинами / Rare Depressions with Micro Depressions	Узколистные дерновинные злаки в сочетании с белопопелковыми ассоциациями / Narrow-leaved turf grasses in combination with wormwood associations	К+К ₁ +К ₁ ^{сн} +К ₁ ^{сн} / К + K ₁ + K ₁ ^{sn} + K ₁ ^{sn} (10%) / K + K ₁ + K ₁ ^{sn} + K ₁ ^{sn} (10%)
Увалисто-бугристая равнина / Rugged hilly plain	Бугры в сочетании с эрозионными котловинами / Hillocks combined with erosional basins	Бугры в сочетании с эрозионными котловинами / Hillocks combined with erosional basins	Прутьяково-белопопелковая в сочетании с донником / White wormwood in combination with sweet clover	К+К ₁ +Л _л / К + K ₁ + LL
Позднехвалынская терраса, Ергенинская возвышенность / Late Khvalyn terrace, Ergeninskaya elevation	Балочно-лиманная равнина / Girder-estuary plain	Лиманные депрессии различных форм с заметными понижениями диаметром более 400 м / Estuary depressions of various forms with noticeable depressions with a diameter of more than 400 m	Разнотравно-злаковая, красные части попопелки, кохия, астрагал / Forb-cereal, marginal parts of wormwood, kochia, astragalus	К+К ₁ +К ₁ ^{сн} / К + K ₁ + K ₁ ^{sn}
		Мезозаплатины различных форм диаметром до 400 м / Mesosaples of various shapes up to 400 m	Попопелково-злаковая с разнотравьем / Wormwood-cereal with herbs	К+К ₁ +К ₁ / К + K ₁ + K ₁

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
Межтеррасные пространства и понижения, Ергенинская возвышенность / Inter-terrace spaces and depressions, Ergeninskaya elevation	Равнина с присутствием существенно развитых макро-, мезо- и микропонижениями / Plain with the presence of substantially developed macro-, meso- and microdepressions	Выровненные слабо наклоненные плакоры с чередующимися с различными понижениями и несущественными возвышенностями / Aligned slightly sloping plakors alternating with various depressions and insignificant elevated surfaces	Разнотравно-злаковая, ковыль, типчак, мягкий узколистный / Forbs and cereals, feather grass, fescue, narrow-leaved bluegrass	K+K ₁ /K+K ₁
		Выровненные слабо наклоненные плакоры с равномерно расположенными понижениями и микропонижениями / Aligned slightly inclined plakors with evenly spaced depressions and microdepressions	Белопольная с присутствием разнотравья и отдельными экземплярами черной полыни / White wormwood with the presence of herbs and individual specimens of black wormwood	K+K ₁ ^{Cx} +C _{N2} (20%) / K + K ₁ ^{CN} + C _{N2} (20%)
		Поверхность водоразделов современной овражно-балочной сети / The surface of the watersheds of the modern gully-girder network	Чернопольная-белопольная / Black wormwood-white wormwood	C _{N1} +C _{N2} (15%)+C _{N0} / CN1 + CN2 (15%) + CN0
	Крайняя часть пониженной лиманной равнины / The marginal part of the lowered estuary plain		Чернопольная / Black wormwood	C _{N1} +C _{N0} ^{Cx} (20%) / S _{N1} +S _{N0} ^{Sk} (20%)
			Чернопольно-солянковая / Black wormwood-saltwort	K + Л ^{Cx} / K + L ^{Ssk}

Источник: авторский составлен по материалам исследований.

Примечание: *К – каштановые почвы; K₁^{Cx} – подзона светло-каштановая; K₁^{CN} – каштановые солонцеватые почвы; C_{N1} – солонпы мелкие; C_{N2} – солонпы средние; Л – лугово-лиманские, часто осолоделые почвы; Б – бурые; БЛ – бурые лиманные; Ал – аллювиально-луговые; П – пойменные.

Таблица 3 – Климатические показатели территории Черноярского района

Показатель / Index	1926... 1935	1936... 1945	1945... 1955	1956... 1965	1966... 1975	1976... 1985	1986... 1995	1996... 2005	2006... 2009	2010... 2020
Сумма положительных температур выше 10°C / The sum of positive temperatures above 10°C	3200... 3220	3220... 3300	3300... 3350	3350... 3380	3380... 3400	3420... 3450	3450... 3480	3480... 3500	3500... 3600	3600... 3900
Максимальная температура воздуха / Maximum air temperature, °C	39	40	40	42	41	40	40	40	41	43
Среднее из абсолютных минимумов температур / Average of absolute minimum temperatures, °C	-29	-31	-27	-28	-29	-28	-28	-28	-27	-22
Абсолютный минимум температур / Absolute minimum temperatures, °C	-37	-36	-35	-32	-31	-32	-33	-30	-31	-24
Сумма осадков за год / Annual precipitation, mm	323	281	248	276	259	290	317	290	232	232

Таблица 4 – Климатические показатели территории Городищенского района

Показатель / Index	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Сумма положительных температур выше 10°C / The sum of positive temperatures above 10°C	3356,0	3665,0	3401,0	3305,0	3623,0	3457,0	4036,0	3095,0	3320,0	3350,0	3501,0	3335,0	3647,0	3303,0	3620
Максимальная температура воздуха / Maximum air temperature, °C	32,0	27,7	28,1	30,5	32,6	30,6	29,2	24,8	27,5	26,3	28,4	28,5	28,4	29,8	31,7
Среднее из абсолютных минимумов температур / Average of absolute minimum temperatures, °C	-12,7	-6,5	-14,0	11,6	12,7	-14,4	-17,1	-6,2	-12,7	-9,3	-9,4	-9,3	-9,0	-12,1	-14,1
Абсолютный минимум температур / Absolute minimum temperatures, °C	-13,4	-11,4	-19,0	-12,1	-15,1	-19,2	-21,0	-6,9	-18,6	-10,4	-10,4	-12,0	-10,6	-14,8	-16,3
Сумма осадков за год / Annual precipitation, mm	312,5	452,7	406,4	463,0	533,7	369,7	340,4	534,6	238,1	317,7	616,9	540,5	426,4	337,4	408,7

Результаты и обсуждение. Нижнее Поволжье, включая российскую составляющую Прикаспийской низменности, в составе Волго-Ахтубинской поймы и прилегающей к ней Сарпинской низменности и Приволжской возвышенности, с её южной частью, а также Ергенинская возвышенность, в состав севера которой входит плато Ергеней, имеет много общего по растительному составу [1], хотя они и существенно различаются по характеристикам почвенных комплексов. Так, Прикаспийская низменность характеризуется, в основном, подзоной светло-каштановых почв, а Приволжская возвышенность и Ергени – каштановыми почвами, но они имеют много общего по растительному составу [5]. Злаковое разнотравье, осоковые, редкая кустарниковая растительность и даже имеющаяся лесная растительность присущи геоморфологическим характеристикам вокруг пойм рек, мелких речушек, ручьев, крупных балок и понижений. Белопопынные ассоциации в сочетании с черной полыньей разместились на пологоволнистых, плоских слабонаклоненных равнинах [7, 10]. Полынно-прутняковая растительность, кохия, донники характерны на увалисто-бугристых равнинах и лиманных понижениях, в частности на Сарпинской низменности, являющейся составной частью более обширного природного образования, которым является Прикаспийская низменность [2, 9], а также на позднехвалынских террасах Ергенинской возвышенности (таблицы 1, 2).

Необходимо отметить, что за последние 80-90 лет данные наблюдений за климатическими условиями четко указывают, что на территории Прикаспийской низменности активно развиваются процессы аридизации климата. Так, сумма положительных температур выше 10°C возросла с 3200°C в десятилетие 1926-1935 годы до 3900°C – в 2010-2020 годы, то есть повысилась на 700°C . Максимальные температуры возросли с 39°C до 43°C за этот же период, при этом на 7°C снизился абсолютный минимум температур, а именно с минус 29°C до минус 22°C .

За указанный период уменьшилось среднегодовое количество осадков с 323 мм до 232 мм, или на 91 мм (таблица 3).

Отметим, что эти тенденции на территории Волгоградской области в описываемых нами регионах практически не наблюдаются (таблица 4).

В настоящее время Нижнее Поволжье подвержено различной степени антропогенным воздействиям и сейчас представляет собой остатки некогда очень богатых разнотравьем пастбищ в комплексе с распаханными земельными участками. Пастбищные участки как на территории Прикаспийской низменности, так и на Ергенинской возвышенности интенсивно эксплуатируются фермерскими хозяйствами, при этом нагрузка животных на 1 гектар повсеместно превышает двух-трёхкратную [9, 11]. Пашни этих регионов чаще всего орошаемые и входят в состав различной степени интенсивности полевых севооборотов, а также специализированных овощных, овоще-кормовых и овоще-зерновых севооборотов.

К концу 2020 года на севере Прикаспийской низменности в нативном состоянии находится лишь 53-61 % земель, на Ергенинской возвышенности доля целинных пастбищ составляет не более 7-9 %. Сложившееся положение существенно влияет на природно-климатические условия природопользования, включая эколого-мелиоративные факторы окружающей среды [3, 4].

Выводы. Приведенные материалы полевых экспедиционных исследований и многолетних метеорологических наблюдений, выполненных метеостанциями Астраханской области Черноярского района и Волгоградской области Городищенского района, показывают, что в настоящее время наиболее ярко проявляются элементы аридизации климата, собственно Прикаспийской низменности. Причем на территории Волгоградской области эти признаки и явления не так явны. Тот факт, что в 80

годы прошлого столетия антропогенная пустыня Черные земли под воздействием агролесомелиоративных мероприятий ежегодно сокращалась на 50 тыс. га, а с началом 21 века, и особенно в его втором десятилетии, этот процесс не только не приостановился, но и, наоборот, единственная рукотворная пустыня в Европе прирастает ежегодно на площадь более чем в 50 тыс. га., подтверждает эти процессы. Результат опустынивания ввиду аридизации климата, и, как следствие, снижение продуктивности овощных севооборотов Прикаспия все более активен, что влечет за собой целый набор негативных последствий.

Библиографический список

1. Атлас Астраханской области. Федеральная служба геодезии и картограмм России. М., 1997. 48 с.
2. 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.
3. Бунтова Е. В. Способы анализа результатов наблюдений методами математической статистики // Инновации в науке: научный журнал. 2017. № 1(62). С. 42-49.
4. Васильев Ю. И. Методология прогноза варьирования урожая зерновых культур в агролесоландшафте в связи с нестабильностью климатических характеристик // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 4. С. 54-57.
5. Географический атлас-справочник Волгоградской области / под ред. В. А. Брылёва. 3-е изд., исправл., дополн. М.: Планета, 2016. 64 с.
6. Инновационный и экологический аспекты перехода к адаптивно-ландшафтной системе земледелия / В. И. Нечаев, Г. Н. Барсуков, Н. Р. Сайфетдинова, Д. К. Деревенец // АПК: экономика, управление. 2016. № 11. С. 30-39.
7. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
8. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. Н. Иванова [и др.]. М., 1977.
9. Максютов 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.
10. Мелихова Е. В. Математическое моделирование солевого режима при фертигации в почвогрунтах фрактальной структуры // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 249-255.
11. Рулёв А. С., Юферов В. Г. Геоинформационный анализ рельефа южной части Ергенинской возвышенности // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 41-46.
12. Characterizing agricultural impacts of recent large-scale US droughts and changing technology and management / J. Elliott, M. Glotter, A. C. Ruane, K. J. Boofe, I. Foster // Agricultural Systems. 2018. V.159. P. 275-281.
13. Degradation of landscapes in the south of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Y. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // Journal of Forest Science. 2019. № 65. P. 195-202.
14. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop / M. Goosheh, E. Pazira, A. Gholami, B. Andarzian, E. Panahpour // Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754.
15. Modeling of horizontal water redistribution in an unsaturated soil / L. Zhuang, S. M. Hasanizadeh, M. Th. van Genuchten, A. Leijnse, A. Raoof, C. Qin // Vadose Zone J. 2016. V. 15 (3).
16. Oberholzer S., Hund A., Prasuhn V. Crop water use under swiss pedoclimatic conditions – evaluation of lysimeter data covering a seven-year period // Field Crops Research. 2017. V. 211. P. 48-65.

Conclusion. The cited materials of field expedition studies and long-term meteorological observations carried out by meteorological stations of the Astrakhan region of the Chernoyarsk region and the Volgograd region of the Gorodishchensky region show that at present, the elements of climate aridization are most clearly manifested, in the Caspian lowland itself. Moreover, on the territory of the Volgograd region, these signs and phenomena are not so obvious. The fact that in the 80s of the last century the anthropogenic desert of the Black Lands under the influence of agroforestry was annually reduced by 50 thousand hectares, and with the beginning of the 21st century and, especially, in its second decade, this process not only did not stop, but, on the contrary, the only man-made desert in Europe grows annually on an area of more than 50 thousand hectares, confirms these processes. The result of desertification due to aridization of the climate and, as a consequence, a decrease in the productivity of vegetable crop rotations in the Caspian region is more and more active, which entails a whole set of negative consequences.

References

1. Atlas of the Astrakhan region. Federal Service of Geodesy and Cartograms of Russia. M., 1997. 48 p.
2. Borodychev V. V., Lytov M. N. Technological functions of a technical system for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis and complex protection of crops from climatic risks // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2020. No. 2 (58). P. 307-319.
3. Buntova E. V. Methods for analyzing the results of observations by methods of mathematical statistics // Innovations in science: scientific journal. 2017. No.1 (62). P. 42-49.
4. Vasiliev Yu. I. Methodology for predicting variations in grain yield in agro-forest landscape due to instability of climatic characteristics // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2015. No. 4. P. 54-57.
5. Geographic atlas-reference book of the Volgograd region / Ed. V. A. Brylev. 3rd ed., revised, supplemented. M.: Planet, 2016. 64 p.
6. Innovative and ecological aspects of the transition to an adaptive landscape system of agriculture / V. I. Nechaev, G. N. Barsukov, N. R. Sayfetdinova, D. K. Derevenets // APK: economics, management. 2016. No. 11. P. 30-39.
7. 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.
8. Classification and diagnostics of soils of the USSR / V. V. Egorov, V. M. Friedland, E. N. Ivanova [and others]. M., 1977.
9. 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.
10. Melikhova E. V. Mathematical modeling of the salt regime during fertigation in soils of fractal structure // Bulletin of the Nizhnevolzhskiy agro-university complex: Science and higher professional education. 2017. No. 2 (46). P. 249-255.
11. Rulev A. S., Yuferev V. G. Geoinformation analysis of the relief of the southern part of the Ergeninskaya Upland // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2017. No. 1 (45). P. 41-46.
12. Characterizing agricultural impacts of recent large-scale US droughts and changing technology and management / J. Elliott, M. Glotter, A. C. Ruane, K. J. Boofe, I. Foster // Agricultural Systems. 2018. V.159. P. 275-281.
13. Degradation of landscapes in the south of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Y. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // Journal of Forest Science. 2019. No. 65. P.195-202.
14. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop / M. Goosheh, E. Pazira, A. Gholami, B. Andarzian, E. Panahpour // Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754.

15. Modeling of horizontal water redistribution in an unsaturated soil / L. Zhuang, S. M. Hasanizadeh, M. Th. van Genuchten, A. Leijnse, A. Raoof, C. Qin // Vadose Zone J. 2016. V.15 (3).

16. Oberholzer S., Hund A., Prasuhn V. Crop water use under swiss pedoclimatic conditions - evaluation of lysimeter data covering a seven-year period // Field Crops Re-search. 2017. V. 211. P. 48-65.

Author information:

Matveeva Natalya Ivanovna, Candidate of Pedagogical Sciences, Head of the Laboratory of Innovations and Social Development, FSBSI "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan Region, Chernoyarsk District, SolenoeZaymishche village, Severny Quarter, 8), t. 89275767686, e-mail: matni29@mail.ru

Zvolinsky Vyacheslav Petrovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of the Federal State Budgetary Scientific Institution "The Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan Region, Chernoyarsk District, SolenoeZaymishche village, Severny Quarter, 8), Doctor of Agricultural Sciences, professor, tel. 8 (8512) 25-439, e-mail: vpzvol@mail.ru

Petrov Nikolai Yurievich, Professor of the Department of "Technology of storage and processing of agricultural raw materials and public catering" Volga-Grad State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky prospect, 26), Doctor of Agricultural Sciences, vol. 89275767686, e-mail: npetrov60@list.ru

Информация об авторах:

Матвеева Наталья Ивановна, кандидат педагогических наук, заведующая лабораторией инноваций и социального развития, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (416251, Россия, Астраханская обл., Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, д.8), т.89275767686, e-mail: matni29@mail.ru

Зволинский Вячеслав Петрович, академик РАН, научный руководитель ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, д.8), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8(8512)25-439, e-mail: vpzvol@mail.ru

Петров Николай Юрьевич, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук, т.89275767686, e-mail: npetrov60@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-14

RESOURCE-SAVING DEVICE FOR LOCAL TILLAGE AND BELT APPLICATION OF FERTILIZERS FOR POTATOES

A.A. Novikov

Federal State Budget Scientific Institution

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

Received 05.08.2020

Submitted 25.10.2020

Summary

The article describes a device for local loosening of the soil in ridges with simultaneous belt application of calculated doses of mineral fertilizers and the formation of a new ridge. The results of the research showed that using the developed technology for preparing the soil for planting potatoes provides a reduction in the number of soil treatments, resource conservation, increased productivity and reduced production costs.

Abstract

Introduction. Potatoes are one of the most important food crops in Russia. The need to improve the efficiency of its cultivation is due to the importance of this crop in solving the country's food problem. When growing potatoes, the issues of developing equipment and technologies for their use, which reduce the number of soil treatments and resource saving, increase productivity and reduce production costs, are constantly relevant and in demand by production. The purpose of the research is to develop a

device and technology for its application for preparing the soil for planting potatoes. **Materials and methods.** The study was carried out in the 2014-2016 in Peasant Farming Murasova of Novonikolaevsky district, Volgograd region. The experiments were carried out using the method of B. A. Dospekhov, observations of the growth and development of potato plants were carried out using the method of State variety testing commission and A. G. Lorch. Irrigation was carried out by sprinkling Sprinkler Valley with maintaining soil moisture not less than 80 % NV in a layer of 0.6 m; mathematical data processing was performed using the computer program «Statistika» and Microsoft office Excel. **Results.** A combined device for local loosening of the soil under the ridge and belt application of fertilizers in the ridge was developed; the device was tested in production conditions and it was found that the bulk of fertilizers 94.1 % is distributed along the center of the ridge with a width of 0.2 m and only 5.9 % outside this belt; the depth of the fertilizer band in the crest is maintained in the appointed range of vibration amplitude with depth from +3.5 to -4.1 % introducing depth 0.1 m; from + 6.2 to -0.8 % at introducing to a depth of 0.15 m and from + 4.5 to -2.6 % when depositing at a depth of 0.2 m, i.e. deviations from the mean a given depth does not exceed 5 %. **Conclusions.** It was found that a higher yield of 60.8 t/ha and 61.7 t/ha was obtained on variants 4 and 6, where the soil was loosened by the developed device, compared to 49.1 t/ha on the control, and the yield increase was 11.7 t/ha and 12.6 t / ha, respectively, or 23.8 and 25.7 %. The economic and energy assessment showed that when using the developed device, the cost of tillage increased from 990.0 to 3 925.0 rubles/ha, however, due to higher yields, the income and rent of potato production increased, as compared to the control, the coefficient of energy efficiency also increased (to 3.7 from 3.0), and the total energy consumption per unit of production was itself low-1.78 and 1.76 GJ/t, against 2.18 GJ/ha at the control.

Key words: tillage for potatoes, combo device, local soil, band application of fertilizers, irrigation.

Citation. Novikov A.A. Resource-saving device for local tillage and belt application of fertilizers for potatoes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4 (60). 153-164 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-14.

УДК 633.491:631.319

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ЛЕНТОЧНОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД КАРТОФЕЛЬ

А. А. Новиков, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 05.08.2020

Дата принятия к печати 25.10.2020

Актуальность. Картофель – одна из важнейших продовольственных культур в России. Необходимость повышения эффективности его возделывания обусловлена важностью этой культуры в решении продовольственной проблемы страны. При выращивании картофеля постоянно остаются актуальными и востребованными производством вопросы разработки техники и технологий их использования, обеспечивающие сокращение количества обработок почвы и ресурсосбережения, повышения урожайности и снижения себестоимости продукции. **Цель** исследований – разработать устройство и технологию его применения для подготовки почвы под посадки картофеля. **Материалы и методы.** Исследования проводились в 2014-2016 годах в КФХ Мурасова Новониколаевского района Волгоградской области. Закладка опытов проводилась по методике Б. А. Доспехова, наблюдения за ростом и развитием растений картофеля проводились по методике госсортосети и А. Г. Лорха. Поливы проводились дождеванием ДМ Valley с поддержанием влажности почвы не ниже 80 % НВ в слое 0,6 м; математическая обработка данных проводилась с использованием программы ЭВМ statistika и Microsoft office Excel. **Результаты.** Разработано комбинированное устройство для локального рыхления почвы под гребнем и ленточного внесения удобрений в гребне; проведено испытание устройства в производственных условиях и установлено, что основная масса удобрений 94,1 % распределяется по

центру гребня шириной ленты 0,2 м и только 5,9 % за пределами этой ленты; глубина внесения удобрений лентой в гребне выдерживается в назначенных пределах с амплитудой колебаний по глубине от +3,5 до –4,1 % при внесении на глубину 0,1 м; от + 6,2 до – 0,8 % при внесении на глубину 0,15 м и от + 4,5 до –2,6 % при внесении на глубину 0,2 м, т.е. отклонения от среднего заданной глубины не превышают 5 %. **Выводы.** Установлено, что более высокая урожайность – 60,8 т/га и 61,7 т/га – была получена на вариантах 4 и 6, где проводилось рыхление почвы разработанным устройством, против 49,1 т/га на контроле и прибавка урожая составила соответственно 11,7 т/га и 12,6 т/га или 23,8 и 25,7 %. Экономическая и энергетическая оценка показали, что при применении разработанного устройства увеличивались затраты на обработку почвы от 0,990 до 3,925 тыс. руб./га, однако за счет более высокой урожайности выросли доход и рентабельность производства картофеля, также по сравнению с контролем вырос и коэффициент энергетической эффективности (до 3,7 с 3,0), а совокупные энергзатраты на единицу продукции были самими низкими – 1,78 и 1,76 ГДж/т против 2,18 ГДж/га на контроле.

Ключевые слова: обработка почвы под картофель, возделывание картофеля, локальная обработка почвы, ленточное внесение удобрений, орошение картофеля, почвообрабатывающие устройства.

Цитирование. Новиков А. А. Ресурсосберегающее устройство для локальной обработки почвы и ленточного внесения удобрений под картофель. *Известия НВ АУК*. 2020. 3(59). 153-164. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-14.

Введение. Успешное возделывание картофеля во многом связано с применением современных ресурсосберегающих техники и технологий возделывания. Анализ научной литературы показал, что уже проведено множество исследований и предложены типизированные регламенты технологии возделывания и уборки картофеля для большинства регионов России с применением отечественной и импортной техники и технологий [8, 10, 11]. Высокой урожайности и экономической эффективности можно достичь при применении специального комплекса машин и орудий в крупных фермерских хозяйствах и сельхозпредприятиях, имеющих достаточные средства для закупки необходимой техники для выращивания, уборки, сортировки и хранения клубней в современных картофелехранилищах [4, 9, 12].

Картофель требует наличия рыхлых почв, поэтому обработки почвы должны регулировать водно-физические и агрофизические свойства [6, 7, 14]. Способы подготовки почвы зависят от наличия техники в хозяйстве и сроков посадки картофеля. Во всех случаях обработка должна быть направлена на создание рыхлой почвы, совмещена с внесением удобрений и борьбой с сорной растительностью с применением агротехнических и химических средств [2, 14]. Подготовка почвы начинается после уборки предшественника и основной обработки зяби в осенний период [13, 15]. В весенний период на тяжелых суглинистых и глинистых почвах проводится повторное рыхление. Появились современные модели машин для картофелеводства, в том числе комбинированные, способные совмещать несколько операций возделывания и уборки урожая [1, 3, 5].

Вопросы разработки техники и технологий их использования, обеспечивающие сокращение количества обработок почвы и ресурсосбережения, повышения урожайности и снижения себестоимости продукции, постоянно остаются актуальными и востребованными производством. Поэтому нами было разработано устройство и технология локальной подготовки почвы под гребнем с одновременным ленточным внесением удобрений и формированием гребня для последующей посадки картофеля других культур.

Материалы и методы. Разработанное комбинированное устройство (патент 2685398 РФ) проходило производственные испытания на равномерность и глубину ленточного внесения расчетной нормы удобрений в гребень. В двухфакторном полевом опыте

изучалось влияние способа основной подготовки почвы в осенний период и способов рыхления почвы перед посадкой на рост, развитие и урожайность картофеля. По фактору А изучались три способа основной подготовки почвы в осенний период, в т.ч.: А1 – вспашка зяби лемешным плугом (ПЛН 4-35) на 0,27-0,30 м; А2 – обработка зяби плугом чизельным ПЧ-2,5 на 0,45 м; А3 – обработка зяби плугом чизельным ПЧ-2,5 на 0,45 м + нарезали гребни осенью КРН- 4,2 с окучниками. По фактору В изучались два варианта: В1 – весеннее сплошное рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м (по зональным рекомендациям); В2 – весеннее рыхление почвы устройством на глубину 0,45 м с формированием гребня. Опыты проводились в 2014-2016 годах в КФХ Мурасова Новониколаевского района Волгоградской области. Почвы представлены черноземами обыкновенными среднесиловыми, среднегумусными, сформированными на лессовидных тяжелых суглинках. Глинистых частиц в слое почвы 0–1,0 м больше 60 %. Толщина гумусового слоя составляет 58-65 см, содержание гумуса 4,55-5,47 %, содержание подвижного фосфора и калия среднее, почва не засолена и не солонцеватая (натрия в ППК менее 3 %). Глубина залегания грунтовых вод более 4-5 м. НВ в слое почвы 0,6 составляет 30,25 % от веса абсолютно сухой почвы. Плотность сложения почвы перед вспашкой составляла 1,23-1,25 г/см³. Условия увлажнения по годам: 2014 и 2015 сухие – ГТК=0,3-0,34, 2016 год средний – ГТК = 0,7. Влажность почвы в период обработки составляла 75- 80 % НВ в расчетном слое почвы 0,6 м. Закладка опытов проводилась по методике Б. А. Доспехова, размер опытных делянок 550 м² (110х50 м), учетных – 225 м², повторность трехкратная. Поливы проводились дождеванием ДМ Valley с поддержанием влажности почвы не ниже 80 % НВ в слое 0,6 м. Вносились расчетные нормы удобрений N₂₀₀P₁₈₀K₂₃₀ на планируемую урожайность 50 т/га клубней, в т.ч. на вариантах 1, 2 и 3 – фосфорные (аммофос) и калийные (хлористый калий) удобрения вносились осенью перед вспашкой на глубину 0,27-0,30 м (согласно рекомендациям зональных систем земледелия), а азотные (100 %) – весной перед рыхлением почвы чизелем ПЧ-2,5 на глубину до 0,2-0,25 м. Гребни нарезались при посадке картофелесажалкой КСМ-4А. На вариантах 2, 4 и 6 вносились удобрения осенью перед вспашкой калийные (хлористый калий) 100 % нормы, а весной: вносились азотные 50 % (N₉₀) перед первой обработкой почвы и фосфорные (аммофос, 100 % от нормы + азот 12 %) + аммиачная селитра (N₈₈) смешивались непосредственно перед внесением и вносились разработанным устройством ленточным способом в гребень. Одновременно в две емкости опытного устройства загружалось около 1,1 т туков. Высевался сорт картофеля Невский. Наблюдения за ростом и развитием растений картофеля проводились по методике госсортосети и по методике А. Г. Лорха.

Результаты и обсуждение. На Юге России почвы орошаемых угодий по гранулометрическому составу чаще всего тяжелосуглинистые и глинистые, поэтому требуют более тщательной обработки и рыхления не только в осенний период, но и в весенний для создания рыхлого верхнего слоя почвы. Особенно важно иметь рыхлый слой почвы в гребнях на глубину до 0,35-0,45 м, в котором будет развиваться основная масса корней, столоны и клубни. Для решения такой задачи разработано устройство для локального рыхления почвы в гребнях с одновременным ленточным внесением расчетных доз минеральных удобрений и формированием нового гребня. Схема устройства приведена на рисунке 1.

Комбинированное устройство для локального рыхления почвы и ленточного внесения удобрений в гребне содержит установленные на раме 1 плоскую металлическую лапу-стойку 2 для рыхления почвы 3, стабилизатор глубины хода 4, трубку для внесения удобрений 5, на металлической лапе-стойке 2 с двух сторон болтами 6 закреплена металлическая лапа-рыхлитель 7 трапецеидальной формы. Глубина рыхления почвы регулируется путем передвижения металлической лапы-рыхлителя вверх или вниз до совмещения отверстий 8 на лапе-стойке 2 и отверстий 9 на лапе-рыхлителе 7. На металлической лапе-стойке 2 с двух сторон в задней ее части и выше лапы-рыхлителя 7 крепятся болтами 10 металлические отвалы 11 прямоугольной формы в виде изогнутых планок, изменение

рабочей глубины отвалов осуществляется смещением отвала и совмещением отверстий. Отвалы 11 раздвигают почву и создают условия для прохода передних металлических сферических дисков 12 с гладкими краями, закрепленных болтом 13 скобой 14 и ступицами 15 к стойке 16, они раздвигают почву в междурядьях и создают ложе 17 для размещения ленты удобрений шириной 200-250 мм, которые дозировано из ящика 18 для удобрений емкостью 1 м³, закрепленного на раме 1, подаются через металлический трубопровод 5, прикрепленный хомутами 19 и болтами 20 к стойке 21, для рассева на ложе в виде ленты удобрений 17. Внизу стойки 21 шарнирно болтом 22 закреплен металлический отражатель-рассеиватель удобрений 23 трапецевидальной формы, подпружинен пружиной 24 и создает между плоскостью металлического отражателя-рассеивателя и поверхностью ложа 17 угол $\beta = 20-25$ градусов.

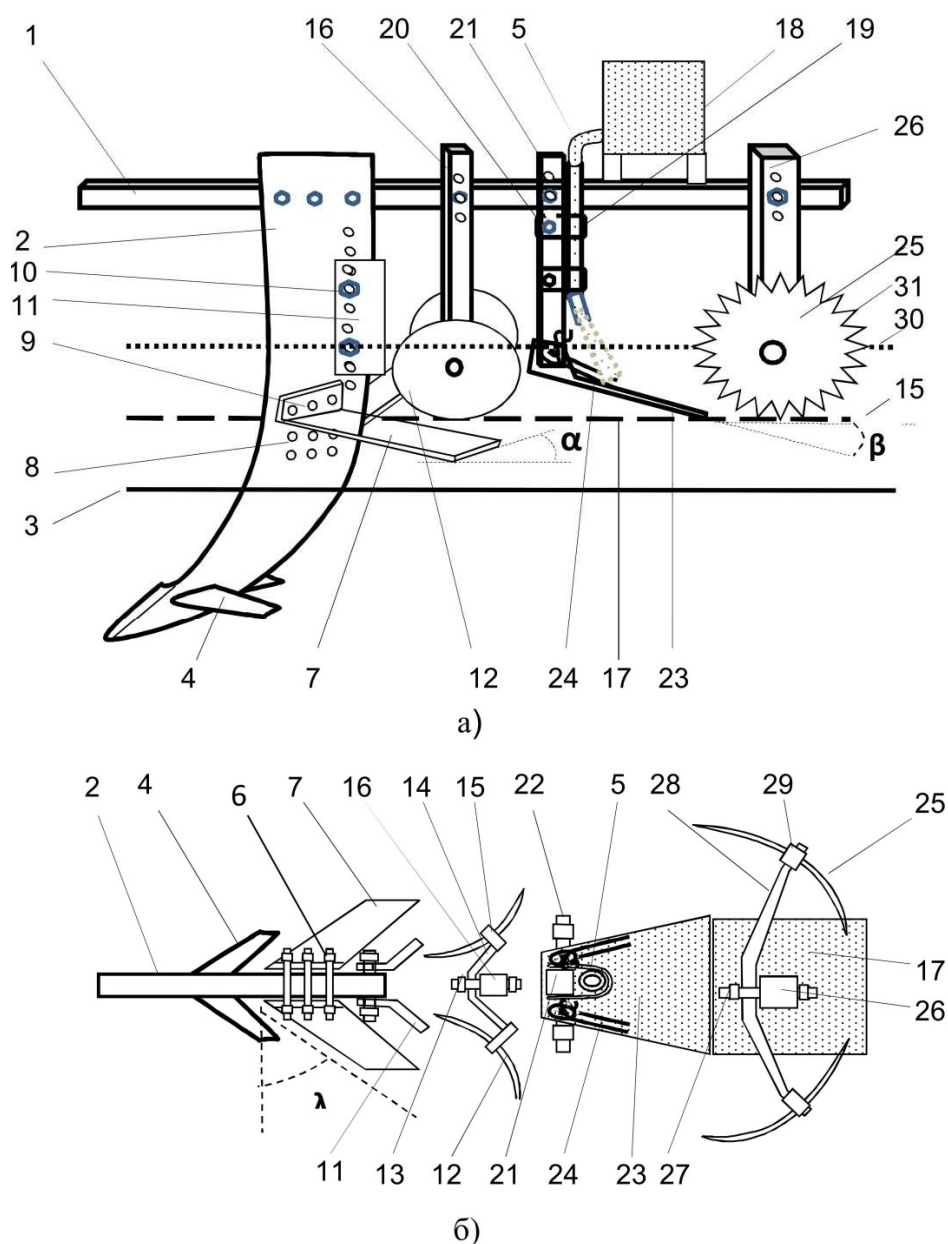


Рисунок 1 – Комбинированное устройство, а) вид сбоку, б) вид сверху

Figure 1 – Combined device, a) side view, b) top view

Широкое заднее основание металлического отражателя-рассеивателя упирается на поверхность ложа и выравнивает его для равномерного распределения удобрений. Идущие за рассеивателем противоположно расположенные задние металлические сферические диски 25, закрепленные к стойке 26 болтом 27, скобой 28 и ступицей 29 сгребают почву, раздвинутую в междурядьях передними металлическими сферическими дисками 12, и формируют гребень 30, высота которого регулируется опусканием или поднятием стойки 26. Края задних металлических сферических дисков 25 имеют разрезанные края 31, которыми крупные комки крошатся и заделываются в гребень, а мелкие, просеиваясь сквозь разрезанный край диска, остаются на поверхности гребня 30, образуя мульчирующий слой из рыхлой мелко комковатой почвы, снижающий испарение с поверхности почвы.

При движении комбинированного устройства лапа-стойка 2 с лапами рыхлителями 7 заглубляется в почву и рыхлит почву на глубину 0,45 м.

Прикрепленные вертикально в задней части лапы-стойки 2 отвалы 11 раздвигают почву в стороны от лапы-стойки 2, а следом расположенные передние сферические диски 12 крошат почву, расширяют пространство для внесения удобрений, отражатель-рассеиватель 23 подпружиненный пружиной 24 выравнивает поверхность ложа 17 и распределяет на нее лентой удобрения, поступающие по трубопроводу 5, следом идущие задние металлические сферические диски 25 с вырезами по краю засыпают удобрения почвой и формируют гребень для посадки сельскохозяйственных культур, возделываемых по гребневой технологии. Вырезы на задних дисках позволяют крошить, сгребать почву в гребень, при этом крупные комки почвы частично крошатся и остаются в центре гребня, а мелкие частицы почвы просыпаются через вырезы и остаются на поверхности гребня, образуя мульчирующий слой, что сокращает непроизводительные расходы влаги на испарение.

Применение устройства позволяет за один проход проводить глубокое рыхление почвы под гребнем, вносить удобрения лентой и формировать гребень с рыхлой почвой, в который производится посадка картофеля или посев других культур.

Равномерность глубины распределения удобрений при внесении устройством изучалось в трех вариантах с глубиной заделки 0,1; 0,15 и 0,20 м от вершины гребня, в 9-ти кратной повторности. Анализ распределения ленты удобрений в гребне после прохода устройства (учитывалась путем ручного отрытия и учета массы гранул по ячейкам размером 10x10 см) показал, что удобрения распределяются в границах заданной ширины 0,2 м и разброс удобрений за пределы границы составляет от 3,2 до 4,1 % от заданной нормы (рисунок 2).

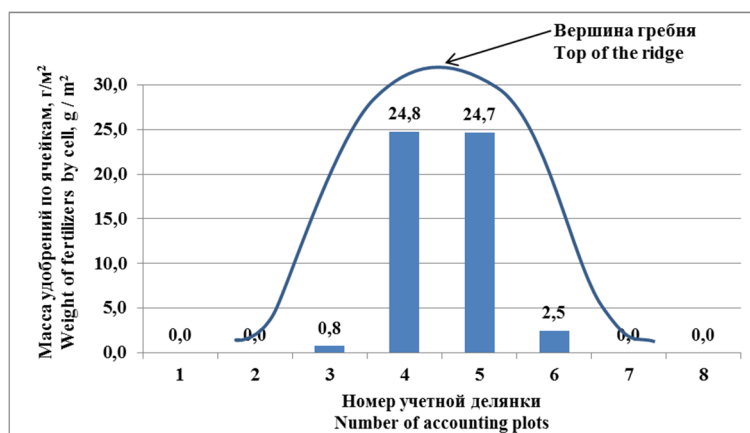


Рисунок 2 – Распределение удобрений по рядам ячеек поперек гребня, при ленточном внесении предлагаемым устройством, в пересчете на 1 м²

Figure 2 – Distribution of fertilizers in rows of cells across the ridge, when applied by the proposed device, in terms of 1 m²

Наблюдения также показали, что установленная глубина внесения удобрений лентой в гребне выдерживается в назначенных пределах с амплитудой колебаний от +3,5 до 4,1 % при внесении на глубину 0,1 м; от + 6,2 до – 0,8 % при внесении на глубину 0,15 м и от +4,5 до –2,6 % при внесении на глубину 0,2 м, т.е. отклонения от средней заданной глубины не превышает 5 % (рисунок 3).

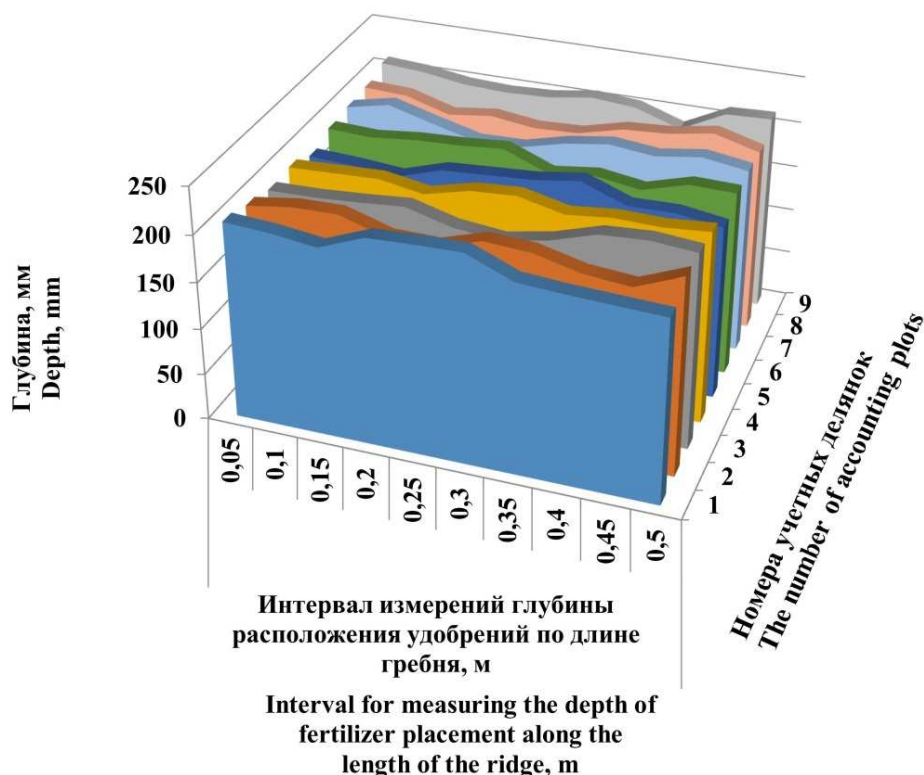


Рисунок 3 – Равномерность распределения удобрений по глубине при внесении их предлагаемым способом, 2014 г.

Figure 3 – Uniformity of distribution of fertilizers by depth when applying them by the proposed method, 2014

Для определения влияния способов обработки почвы на величину урожая проводился анализ данных влияния факторов А, В и их взаимное влияние (таблица 1).

Анализ данных по фактору А показал, что углубление основной обработки почвы в летне-осенний период с 0,27-0,30 м до 0,45 м устройством ПЧ-2,5 способствовало увеличению средней урожайности и, в среднем за три года прибавка урожая составила на 3 варианте 5,0 т/га и на 5 варианте – 6,1 т/га или соответственно 10,2 и 12,4 % по сравнению с контролем.

Более высокая достоверная урожайность – 60,8 т/га и 61,7 т/га – была получена на вариантах 4 и 6, против 49,1 т/га на контроле.

Анализ данных по фактору В на контроле и на варианте 2 показал, что весеннее глубокое рыхление почвы на 0,45 м в гребне предлагаемым устройством, по сравнению с обработкой почвы на глубину 0,27-0,30 м орудием ПЧ-2,5, также способствует повышению урожайности, прибавка составила 4,7 т/га, или 9,6 %.

Совместное взаимодействие способов обработки почвы по фактору А и фактору В, способствовало получению более высокого эффекта на 4 и 6 вариантах, где прибавка урожая составила 11,7 и 12,6 т/га или 19,2 и 20,7 % по сравнению с контролем.

Таблица 1 – Урожайность картофеля в зависимости от способов обработки почвы, 2014-2016 гг.

Table 1 – Potato yield depending on soil treatment methods, 2014-2016

Вариант / Option	Способ основной обработки (фактор А) / Main processing method (factor A)	Рыхление почвы перед посадкой картофеля (фактор В) / Loosening the soil before planting potatoes (factor B)	Урожайность по годам, т/га / Yield by year, t/ha				Отклонения от (К) / Deviations from (K)	
			2014	2015	2016	средняя / average	т/га / t/ha	%
1 (К)	Вспашка зяби плугом лемешным (ПЛН- 4-35) на 0,27-0,30 м / Plowing of the ploughland with a ploughshare (PLN-4-35) by 0.27-0.30 m	Весеннее рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное / Spring loosening of PCH-2.5 by 0.18-0.20 m continuous	50,4	48,7	48,2	49,1	0,0	0,0
2	Обработка зяби плугом с чизельным ПЧ-2,5 на 0,45 м / Processing of the ploughland with a chisel plough PCH-2.5 by 0.45 m	Весеннее рыхление почвы устройством на 0,45 м с формированием гребней / Spring soil loosening device at 0.45 m with the formation of ridges	51,9	54,7	54,8	53,8	4,7	8,7
3	Обработка зяби плугом с чизельным ПЧ-2,5 на 0,45 м / Processing of the ploughland with a chisel plough PCH-2.5 by 0.45 m	Весеннее рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное / Spring loosening of PCH-2.5 by 0.18-0.20 m continuous	53,0	53,8	55,5	54,1	5,0	9,2
4	Обработка зяби плугом с чизельным ПЧ-2,5 на 0,45 м / Processing of the ploughland with a chisel plough PCH-2.5 by 0.45 m	Весеннее рыхление почвы устройством на 0,45 м с формированием гребней / Spring soil loosening device at 0.45 m with the formation of ridges	59,7	61,2	61,5	60,8	11,7	19,2
5	Обработка зяби плугом с чизельным ПЧ-2,5 на 0,45 м + гребни КРН- 4,2 с окучниками / Processing of the ploughland with a chisel plough PCH-2.5 by 0.45 m + ridges KRN-4,2 with spudders	Весеннее рыхление ПЧ-2,5 на 0,18-0,20 м сплошное по диагонали / Spring loosening of PCH-2.5 by 0.18-0.20 m solid continuous diagonal	54,7	56,1	54,8	55,2	6,1	11,1
6	Обработка зяби плугом с чизельным ПЧ-2,5 на 0,45 м + гребни КРН- 4,2 с окучниками / Processing of the ploughland with a chisel plough PCH-2.5 by 0.45 m + ridges KRN-4,2 with spudders	Весеннее рыхление почвы устройством на 0,45 м с формированием гребней / Spring soil loosening device at 0.45 m with the formation of ridges	62,5	60,1	62,5	61,7	12,6	20,4
НСР _{0,05} (А)			1,2	2,8	1,2			
НСР _{0,05} (В)			1,7	2,3	1,1	-	-	-
НСР _{0,05} (АВ)			2,3	4,2	1,9			

Экономическая оценка различных способов основной подготовки почвы и рыхления перед посадкой картофеля показали, что при применении разработанного устройства, на вариантах 2, 4 и 6 увеличивались затраты соответственно на 0,990, 2,254 и 3,925 тыс. руб./га по сравнению с обработками, рекомендованными зональными системами земледелия (контрольный вариант 1, таблица 2).

За счет более высокой урожайности на вариантах 2, 4 и 6 с применением устройства для локальной обработки почвы под гребнем и ленточного внесения удобрений доход вырос с 166,8 тыс. руб./га на контроле до 194 тыс. руб./га на 2 варианте, до 234,7 тыс. руб./га на 4 варианте и до 238,5 тыс. руб./га на 6 варианте. Рентабельность выросла соответственно до 151, 180 и 181 %, против 130 % на контроле.

Таблица 2 – Экономическая оценка вариантов возделывания картофеля при различных способах обработки почвы

Table 2 – Economic assessment of potato cultivation options for different tillage methods

Вариант / Option	Всего затраты на возделывание по вариантам, тыс. руб./га / Total cost of cultivation by options, thousand rubles/ha	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Реализация, тыс. руб./га / Sales, thousand rubles/ha	Доход, тыс. руб./га / Revenue, thousand rubles / ha	Рентабельность, % / Profitability, %	Себестоимость клубней, тыс. руб./т / Cost of tubers, thousand rubles/t
1 (К)	127,8	49,1	294,6	166,8	130	2,60
2	128,8	53,8	322,8	194,0	151	2,39
3	128,9	54,1	324,6	195,9	152	2,38
4	130,1	60,8	364,8	234,7	180	2,14
5	130,4	55,2	331,2	200,8	154	2,36
6	131,8	61,7	370,2	238,5	181	2,14

Энергетическая оценка способов основной подготовки почвы и способов рыхления перед посадкой картофеля показала, что более высокие показатели накопления валовой энергии (406 ГДж/га) наблюдались на варианте 6 при основной обработке почвы плугом чизельным ПЧ-2,5 на 0,45 м, нарезке гребней с осени КРН-4,2 и весеннем рыхлении почвы на глубину 0,3 м в этих гребнях разработанным автором устройством (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели энергетической оценки способов основной подготовки почвы и способов рыхления почвы перед посадкой картофеля

Table 3 – Indicators of energy assessment of methods of basic soil preparation and methods of loosening the soil before planting potatoes

Вариант / Option	Урожайность клубней картофеля, т/га / Yield of potato tubers, t/ha	Полученная валовая энергия, ГДж/га / Gross energy received, GJ/ha	Совокупные энергозатраты всего, ГДж/га / Total energy consumption, GJ/ha		Коэффициент энергетической эффективности / Energy efficiency coefficient	Приращение валовой энергии, ГДж/га / The increment of gross energy, GJ/ha	Совокупные энергозатраты на 1 т клубней, ГДж/т / Total energy consumption per 1 t of tubers, GJ/t
			всего / in total	в т.ч. на обработку почвы / including for tillage			
1 (К)	49,1	323	107,3	2,35	3,0	216	2,18
2	53,8	354	107,3	2,38	3,3	247	1,99
3	54,1	356	108,2	3,27	3,3	248	2,00
4	60,8	400	108,2	3,30	3,7	292	1,78
5	55,2	363	108,7	3,75	3,3	255	1,97
6	61,7	406	108,7	3,78	3,7	298	1,76

Примечания – Затраты на технологию возделывания картофеля без учета затрат на подготовку почвы составляют 104,92 ГДж/га

На контроле, где обработка почвы проводилась по рекомендациям зональной системы земледелия, совокупные энергозатраты составили 2,35 ГДж/га. В вариантах 2, 4 и 6, где применялось устройство для обработки почвы, энергозатраты увеличились до 2,38, 3,30 и 3,78 ГДж/га, однако более высокая урожайность и полученная валовая

энергия обеспечивают более высокие показатели приращения энергии на 6 варианте до 298 ГДж/га против 216 на контроле. Коэффициент энергетической эффективности оказался более высоким на вариантах 4 и 6, где применялось предлагаемое устройство – по 3,7, против 3,0 на контроле. На этих вариантах и совокупные энергозатраты на единицу продукции были самими низкими, соответственно 1,78 и 1,76 ГДж/т против 2,18 ГДж/т на контроле.

Выводы. Исследование распределения удобрений предлагаемым устройством показало, что основная масса (94,1 %) распределяется по центру гребня лентой шириной 0,2 м и только 5,9 % за пределами этой ленты. Установленная глубина внесения удобрений лентой в гребне выдерживается в назначенных пределах с амплитудой колебаний по глубине от +3,5 до –4,1 % при внесении на глубину 0,1 м; от + 6,2 до – 0,8 % при внесении на глубину 0,15 м и от + 4,5 до –2,6 % при внесении на глубину 0,2 м, т.е. отклонение от среднего заданной глубины не превышает 5 %.

Установлено, что более высокая урожайность была получена на вариантах 4 и 6, соответственно 60,8 т/га и 61,7 т/га, где проводилось рыхление почвы разработанным устройством против 49,1 т/га на контроле, прибавка урожая составила соответственно 11,7 т/га и 12,6 т/га, или 23,8 и 25,7 %.

Экономическая оценка различных способов основной подготовки почвы и способов рыхления почвы перед посадкой картофеля показала, что при применении разработанного устройства на вариантах 2, 4 и 6 увеличивались затраты на 0,990, 2,254 и 3,925 тыс. руб./га по сравнению с обработками, рекомендованными зональными системами земледелия, на контрольном варианте. Но за счет более высокой урожайности доход вырос с 166,8 тыс. руб./га на контроле до 238,5 тыс. руб./га на 6 варианте с рентабельностью 181 % против 130 % на контроле.

Энергетическая оценка способов основной подготовки почвы и рыхления почвы показала, что высокие показатели накопления валовой энергии (406 ГДж/га) наблюдались на варианте 6 при основной обработке почвы плугом чизельным ПЧ-2,5 на 0,45 м, нарезке гребней с осени КРН-4,2 и весеннем рыхлении почвы на глубину 0,45 м в этих гребнях разработанным автором устройством. На варианте 6 увеличиваются и энергозатраты с 2,35 ГДж/га – на контроле до 3,78 ГДж/га. Более высокая урожайность и полученная валовая энергия обеспечивают более высокие показатели приращения энергии до 298 ГДж/га на вариантах 4 и 6, где применялось предлагаемое устройство. На этих вариантах коэффициент энергетической эффективности оказался также более высоким (3,7 против 3,0) и совокупные энергозатраты на единицу продукции были самими низкими – 1,78 и 1,76 ГДж/т против 2,18 ГДж/т на контроле.

Библиографический список

1. Алакин В. М., Никитин Г. С. Картофелекопатель с ротационной сепарирующей поверхностью // Картофель и овощи. 2018. № 5. С. 32-34.
2. Гаспарян И. Н., Дыйканова М. Е. Как повысить урожай раннего картофеля // Картофель и овощи. 2018. № 2. С. 29-31.
3. Калинин А. Б., Смелик В. А., Теплинский И. З. Создание профилированной поверхности почвы с заданными физико-механическими параметрами при возделывании овощей и картофеля // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (60). С. 90-92.
4. Картофель: адаптация голландской технологии в Волго-Вятском регионе / В. В. Ивнин [и др.] // Картофель и овощи. 2016. № 12. С. 26-28.
5. Колчин Н. Н., Пономарев А. Г., Зернов В. Н. Новая техника для картофелеводства // Картофель и овощи. 2019. № 6. С. 26-29.

6. Кружилин И. П., Мушинский А. А., Несват И. П. Совершенствование основных агроприемов возделывания картофеля при орошении в степной зоне Южного Урала // Аграрная Россия. 2012. № 5. С. 2-5.
7. Кулыгин В. А. Способы основной обработки почвы при возделывании картофеля // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2014. № 3 (15). С. 16-26.
8. Понамарев А. Г., Зернов В. Н. Обоснование конструктивной схемы сошниковой группы картофелесажалок // Картофель и овощи. 2018. № 12. С. 13-15.
9. Развитие отечественного с.-х. машиностроения определяет будущее России / С. С. Туболев [и др.] // Картофель и овощи. 2018. № 4. С. 6-8.
10. Ресурсосберегающая технология возделывания раннего картофеля / М. Е. Дыйканова [и др.] // Картофель и овощи. 2019. № 2. С. 26-28.
11. Технологии и техника для картофелеводства на выставке Potato Europe 2018 / Н. Н. Колчин [и др.] // Картофель и овощи. 2019. № 1. С. 27-29.
12. Шабанов А. Э., Киселев А. И. Комплекс агроприемов для раннего картофеля // Картофель и овощи. 2018. № 3. С. 34-36.
13. Advances in Variable Rate Technology Application in Potato in The Netherlands / C. Kempenaar, T. Been, J. Booi, F. van Evert, J. M. Michielsen, C. Kocks // Potato Research. 2017. V. 60. Iss. 3-4. Pp. 295-305.
14. Drakopoulos D., Scholberg J. M. S., Lantinga E. A. Influence of reduced tillage and fertilisation regime on soil quality indicators in an organic potato production system // Biological Agriculture & Horticulture. 2018. V. 34. Iss. 2. Pp. 132-140.
15. Impacts of Crop Rotation and Tillage Practices on Potato Yield and Farm Revenue / E. Y. Liu, S. Li, V. Lantz, E. Olale // Agronomy Journal. 2019. V. 111. Iss. 4. Pp. 1838-1848.

Conclusions. A study of the distribution of fertilizers by the proposed device showed that the main mass (94.1 %) is distributed along the center of the ridge with a width of 0.2 m and only 5.9% outside this belt. Set the depth of the fertilizer band in the crest is aged at the designated limits of the amplitude fluctuations with depth from +3.5 to -4.1 % introducing depth 0.1 m; from + 6.2 to - 0,8 % at introducing to a depth of 0.15 m and from + 4.5 to - 2,6% when depositing at a depth of 0.2 m, i.e. deviations from the mean a given depth does not exceed 5 %.

It was found that a higher yield was obtained on variants 4 and 6, respectively, 60.8 t / ha and 61.7 t / ha, where the soil was loosened by the developed device, compared to 49.1 t/ha on the control, the increase in yield was 11.7 t/ha and 12.6 t / ha, respectively, or 23.8 and 25.7 %.

Economic assessment of various methods of basic soil preparation and methods of loosening the soil before planting potatoes showed that when using the developed device on variants 2, 4 and 6, the costs increased by 0.990, 2,254 and 3,925 thousand rubles/ha compared to the treatments recommended by zonal farming systems on the control variant. But due to higher yields, revenue increased from 166.8 thousand rubles/ha on control to 238.5 thousand rubles/ha on 6% with a return of 181% against 130% on control.

Energy evaluation methods of basic tillage and loosening soil showed that the high rate of savings, gross energy (406 GJ/ha) was observed in variant 6, with primary tillage plow chisel FC-2.5 by 0.45 m, the cutting ridges in the fall KRN-4.2 and the spring loosening the soil to a depth of 0.45 m in these ridges developed by the author device. In option 6, energy consumption also increases from 2.35 GJ/hain control to 3.78 GJ/ha. Higher yields and the resulting gross energy provide higher energy increments of up to 298 GJ/ha on variants 4 and 6, where the proposed device was used. In these variants, the energy efficiency coefficient was also higher (3.7 vs. 3.0) and the total energy consumption per unit of production was itself low-1.78 and 1.76 GJ/t compared to 2.18 GJ/t in the control.

Energy evaluation methods of basic tillage and loosening soil showed that the high rate of savings, gross energy (406 GJ/ha) was observed in variant 6, with primary tillage plow chisel FC-2.5 by 0.45 m, the cutting ridges in the fall KRN-4.2 and the spring loosening the soil to a depth of 0.45 m in these ridges developed by the author device. In option 6, energy consumption also increases from 2.35 GJ / ha-in control to 3.78 GJ / ha. Higher yields and the resulting gross energy provide higher energy increments of up to 298 GJ / ha on variants 4 and 6, where the proposed device was used. In these variants, the energy efficiency coefficient was also higher (3.7 against 3.0) and the total energy consumption per unit of production was itself low-1.78 and 1.76 GJ/t compared to 2.18 GJ/t in the control.

References

1. Alakin V. M., Nikitin G. S. Potato digger with rotary separating surface // *Kartofel' i ovoshhi*. 2018. № 5. Pp. 32-34.
2. Gasparjan I. N., Dyjkanova M. E. How to increase the yield of early potatoes // *Kartofel' i ovoshhi*. 2018. № 2. Pp. 29-31.
3. Kalinin A. B., Smelik V. A., Teplinskij I. Z. Create a profiled surface of the soil with desired physical and mechanical parameters during the cultivation of vegetables and potatoes // *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. № 4 (60). Pp. 90-92.
4. Potatoes: adaptation of Dutch technology in the Volga-Vyatka region / V. V. Ivenin [et al.] // *Kartofel' i ovoshhi*. 2016. № 12. Pp. 26-28.
5. Kolchin N. N., Ponomarev A. G., Zernov V. N. New equipment for potato growing // *Kartofel' i ovoshhi*. 2019. № 6. Pp. 26-29.
6. Kruzhilin I. P., Mushinskij A. A., Nesvat I. P. Improvement of the main agricultural methods of potato cultivation during irrigation in the steppe zone of the southern Urals // *Agrarnaja Rossiya*. 2012. № 5. Pp. 2-5.
7. Kulygin V. A. Ways of the main processing of the soil in the cultivation of potatoes // *Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii*. 2014. № 3 (15). Pp. 16-26.
8. Ponomarev A. G., Zernov V. N. Justification of the design scheme of the Coulter group of potato planters // *Kartofel' i ovoshhi*. 2018. № 12. Pp. 13-15.
9. The development of domestic agricultural machinery determines the future of Russia / S. S. Tubolev [et al.] // *Kartofel' i ovoshhi*. 2018. № 4. Pp. 6-8.
10. Resource-saving technology of early potato cultivation / M. E. Dyjkanova [et al.] // *Kartofel' i ovoshhi*. 2019. № 2. Pp. 26-28.
11. Technologies and equipment for potato growing at Potato Europe 2018 / N. N. Kolchin [et al.] // *Kartofel' i ovoshhi*. 2019. № 1. Pp. 27-29.
12. Shabanov A. Je., Kiselev A. I. Complex of agricultural practices for early potatoes // *Kartofel' i ovoshhi*. 2018. № 3. Pp. 34-36.
13. Advances in Variable Rate Technology Application in Potato in The Netherlands / C. Kempenaar, T. Been, J. Booij, F. van Evert, J. M. Michielsen, C. Kocks // *Potato Research*. 2017. V. 60. Iss. 3-4. Pp. 295-305.
14. Drakopoulos D., Scholberg J. M. S., Lantinga E. A. Influence of reduced tillage and fertilisation regime on soil quality indicators in an organic potato production system // *Biological Agriculture & Horticulture*. 2018. V. 34. Iss. 2. Pp. 132-140.
15. Impacts of Crop Rotation and Tillage Practices on Potato Yield and Farm Revenue / E. Y. Liu, S. Li, V. Lantz, E. Olale // *Agronomy Journal*. 2019. V. 111. Iss. 4. Pp. 1838-1848.

Authors Information

Novikov Alexey Andreevich, Deputy Director for research Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture» (400002, Volgograd, Timijtaseva Street, 9), Candidate of agricultural sciences, e-mail: alexeynovikov@inbox.ru, tel.: +79050647100.

Информация об авторах

Новиков Алексей Андреевич, заместитель директора ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: alexeynovikov@inbox.ru, tel.: +79050647100.

EVALUATION OF ECOLOGICAL AND AGRICULTURAL WELL-BEING OF THE SOUTHERN PART OF THE COASTS OF THE VOLGOGRAD RESERVOIR AND THE NORTHWESTERN PART OF THE VOLGO-AKHTUBINSKAYA POOL

A. Yu. Ovcharova, N.N. Balashova

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

Received 25.05.2020

Submitted 25.11.2020

Summary

The article introduces the concept of ecological and agricultural well-being of the territory (ESBT). A method for assessing ESBT is proposed, according to which an analysis of the southern part of the Volgograd reservoir and the north-western part of the Volga-Akhtuba floodplain is carried out. Ecological and agricultural well-being of the upper and lower pools of the Volgograd reservoir is estimated as a territory with a high and very high level of pressure. This is due to economic activities and natural risks.

Annotation

Introduction. The Volgograd region is one of the leaders in agricultural production in the Russian Federation, despite the fact that most of it is located in the zone of dry steppes and belongs to the territory of risky agriculture. Agricultural land in our region occupies about 80% of the territory. **Object.** The objects of research are the coasts of the southern part of the Volgograd reservoir and the northwestern part of the Volga-Akhtuba floodplain. **Materials and methods.** The article introduces the concept of ecological and agricultural well-being of the territory. It is a complex indicator that characterizes the degree of involvement of a territory in agricultural activities and includes the shares of arable and fodder lands (arable facilities), irrigation and watering systems and transport routes (linear facilities). It also considers natural risks that can change and affect the quality of agricultural production. **Results and Conclusions.** The application of this technique made it possible to distinguish three levels of ecological and agricultural well-being of the territory: high, very high and extremely high. The lowest of the above indicators was recorded in Staropoltavsky, Kamyshevsky, Nikolaevsky, the northern part of Bykovsky, in the east of Gorodishchensky districts. Here the share of arable land ranges from 20 to 40%, and the share of forage lands is 25-50%. The highest ecological and agricultural well-being of the territory values are reached at the border of the Bykovsky and Sredneakhtubinsky districts - a very high load. For this area, the share of forage lands can reach 75%, and arable lands in some places - 60%. In the rest of the territory, the load is high. Transport arteries and irrigation and water supply canals are of great importance for the national economy of the territory, but, at the same time, contribute to the degradation of landscapes, leading to secondary salinization, waterlogging, destruction of soil cover, the development of erosion, landslides, suffusions and degradation of ecological systems in general. Within the study area, natural erosional and hydrometeorological risks are characteristic: river erosion, abrasion of the reservoir banks, landslides. The hydrological natural risks include: floods and flooding of areas during the spring flood on small rivers, low water levels below the design marks of water intake facilities, an increase in the level of groundwater. Among meteorological phenomena, squall-tornado wind intensifications, ice-rime phenomena, snowfalls, hail, heavy and prolonged precipitation, droughts, extreme air temperatures, extremely low precipitation, dust storms prevail. The combination of these factors leads to the fact that the study area is a zone of risky farming. Which contributes to the rapid depletion of the fertile soil layer.

Key words: *ecological and agricultural well-being of the territory, methodology for assessing the ecological and agricultural state of the territory, the coast of the Volgograd reservoir, agricultural land, arable land, forage land.*

Citation. Ovcharova A. Yu., Balashova N.N. Evaluation of ecological and agricultural well-being of the southern part of the coasts of the Volgograd reservoir and the northwestern part of the Volgo-Akhtubinskaya pool. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 165-172 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-15.

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

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

УДК 631.95

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ
ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПОБЕРЕЖИЙ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ****А. Ю. Овчарова**, кандидат географических наук, доцент**Н.Н. Балашова**, доктор экономических наук, профессор*ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 25.05.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Актуальность. Волгоградская область является одним из лидеров в РФ по производству сельскохозяйственной продукции, несмотря на то, что большая её часть располагается в зоне сухих степей и относится к территории рискованного земледелия. Сельскохозяйственные угодья на территории нашего региона занимают порядка 80 % территории. **Объект.** Объектом исследований являются побережья южной части Волгоградского водохранилища и северо-западная часть Волго-Ахтубинской поймы. **Материалы и методы.** В статье вводится понятие эколого-сельскохозяйственное благополучие территории (ЭСБТ). Оно является комплексным показателем, характеризующим степень вовлечения территории в сельскохозяйственную деятельность, и включает в себя доли пахотных и кормовых угодий (ареальные объекты), оросительно-обводнительные системы и транспортные магистрали (линейные объекты). Также рассматриваются природные риски, способные изменить и повлиять на качество ведения сельскохозяйственного производства. **Результаты и выводы.** Применение этой методики дало возможность выделить три уровня ЭСБТ: высокий, очень высокий и чрезвычайно высокий. Самый низкий из представленных выше показателей зафиксирован в Старополтавском, Камышинском, Николаевском, северной части Быковского, на востоке Городищенского районов. Здесь доля пахотных земель составляет от 20 до 40 %, а доля кормовых угодий – 25-50 %. Наибольших значений ЭСБТ достигает на границе Быковского и Среднеахтубинского районов – очень высокая нагрузка. Для данной местности доля кормовых угодий может достигать 75 %, а пашни местами – 60 %. На остальной территории нагрузка высокая. Транспортные магистрали и оросительно-обводнительные каналы имеют большое значение для народного хозяйства области, но в то же время способствуют деградации ландшафтов, приводя к вторичному засолению, заболачиванию, разрушению почвенного покрова, развитию эрозии, оползней, суффозий и деградации экологических систем в целом. В пределах изучаемой местности характерны эрозионные и гидрометеорологические природные риски: речная эрозия, абразия берегов водохранилища, оползни. К гидрологическим природным рискам относятся: паводки и подтопление районов в период весеннего половодья на малых реках, низкие уровни воды, ниже проектных отметок водозаборных сооружений, повышение уровня грунтовых вод. Среди метеорологических явлений преобладают шквалисто-смерчевые усиления ветра, гололедно-изморозевые явления, снегопады, градобития, сильные и продолжительные осадки, засухи, экстремальные температуры воздуха, экстремально низкое количество осадков, пыльные бури. Совокупность этих факторов приводит к тому, что район исследования является зоной рискованного земледелия. Это способствует быстрому истощению плодородного слоя почвы.

Ключевые слова: эколого-сельскохозяйственное благополучие территорий, методика оценки эколого-сельскохозяйственного состояния территории, побережья Волгоградского водохранилища, сельскохозяйственные земли.

Цитирование. Овчарова А.Ю., Балашова Н.Н. Оценка эколого-сельскохозяйственного благополучия южной части побережий Волгоградского водохранилища и северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 165-172. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-15.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Волгоградская область является одним из лидеров в РФ по производству сельскохозяйственной продукции, несмотря на то, что большая её часть располагается в зоне сухих степей и относится к территории рискованного земледелия. Сельскохозяйственные угодья на территории нашего региона занимают порядка 80 % территории. Из них на пашню приходится около 70 % [3]. В сельскохозяйственной структуре Волгоградской области ведущее место занимает растениеводство. Оно оказывает огромную геоэкологическую нагрузку на все компоненты ПТК нашей области.

Верхний бьеф Волжской ГЭС и северо-западная часть Волго-Ахтубинской поймы расположены в пределах таких районов, как Старополтавский, Николаевский, Быковский, Среднеахтубинский, Ленинский, Светлоярский и Камышинский, Дубовский и Городищенский – это 27 % сельскохозяйственных районов нашего региона.

Материалы и методы. Для оценки комплексного показателя эколого-сельскохозяйственного благополучия территории предложена следующая методика.

Эколого-сельскохозяйственное благополучие территории (ЭСБТ) является комплексным показателем, отражающим степень вовлечения территории в сельскохозяйственную деятельность, и включает в себя доли пахотных и кормовых угодий (ареалы их распространения), оросительно-обводнительные системы и транспортные магистрали (линейные объекты). При этом в методике пашенные земли не разделяются на богарные и орошаемые, поскольку нашей целью является показать ареалы её распространения в целом.

Также рассмотрены природные риски (не включенные в оценочную шкалу), изменяющие геоэкологическую ситуацию местности и влияющие на качество ведения сельскохозяйственного производства.

Для комплексной оценки эколого-сельскохозяйственного состояния побережий Волгоградского водохранилища и северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы были предложены две шкалы, учитывающие доли пашни и кормовых угодий:

Были присвоены следующие категории эколого-сельскохозяйственного благополучия территории исследуемого района:

- 1 категория – **нагрузка отсутствует** (отсутствие пашни и кормовых угодий), к ним можно отнести территории, абсолютно не пригодные для ведения сельскохозяйственных работ (горные, пустынные, болотные территории), а также местности, имеющие особый статус охраны (заповедники и национальные парки);
- 2 категория – **низкая нагрузка** (количество кормовых угодий до 50 %, или пашенных – до 40 %);
- 3 категория – **средняя нагрузка** (кормовые угодья – 50-75 %, или пашенные – 40-60 %);
- 4 категория – **высокая нагрузка** (доля пашенных земель достигает 60 % и более, или кормовых 50 %);
- 5 категория – **очень высокая нагрузка** (преобладают пастбища – более 75 %, или с очень высокой долей пашни – более 60 %).

Результаты и обсуждение. Эколого-сельскохозяйственное благополучие верхнего и нижнего бьефов Волгоградского водохранилища можно характеризовать как территории с высоким и очень высоким уровнем нагрузки.

Самый низкий из представленных показателей зафиксирован в Старополтавском, Камышинском, Николаевском, северной части Быковского, на востоке Городищенского районов. Здесь доля пахотных земель изменяется от 20 до 40 %, а доля кормовых угодий колеблется от 25 до 50 %. Наибольших значений ЭСБТ достигает на границе Быковского и Среднеахтубинского районов – очень высокая нагрузка. Для данной местности доля кормо-

вых угодий может достигать 75 %, или пашни – 60 %. На остальной территории (Дубовский, юго-западная часть Быковского, северо-западная часть Среднеахтубинского и северо-востоке Светлоярского районов) нагрузка высокая. Площадь, занимаемая пашней, здесь доходит до 65 % [5, 6, 10]. Полученные результаты позволили составить картосхему эколого-сельскохозяйственного благополучия территории (рисунок 1).

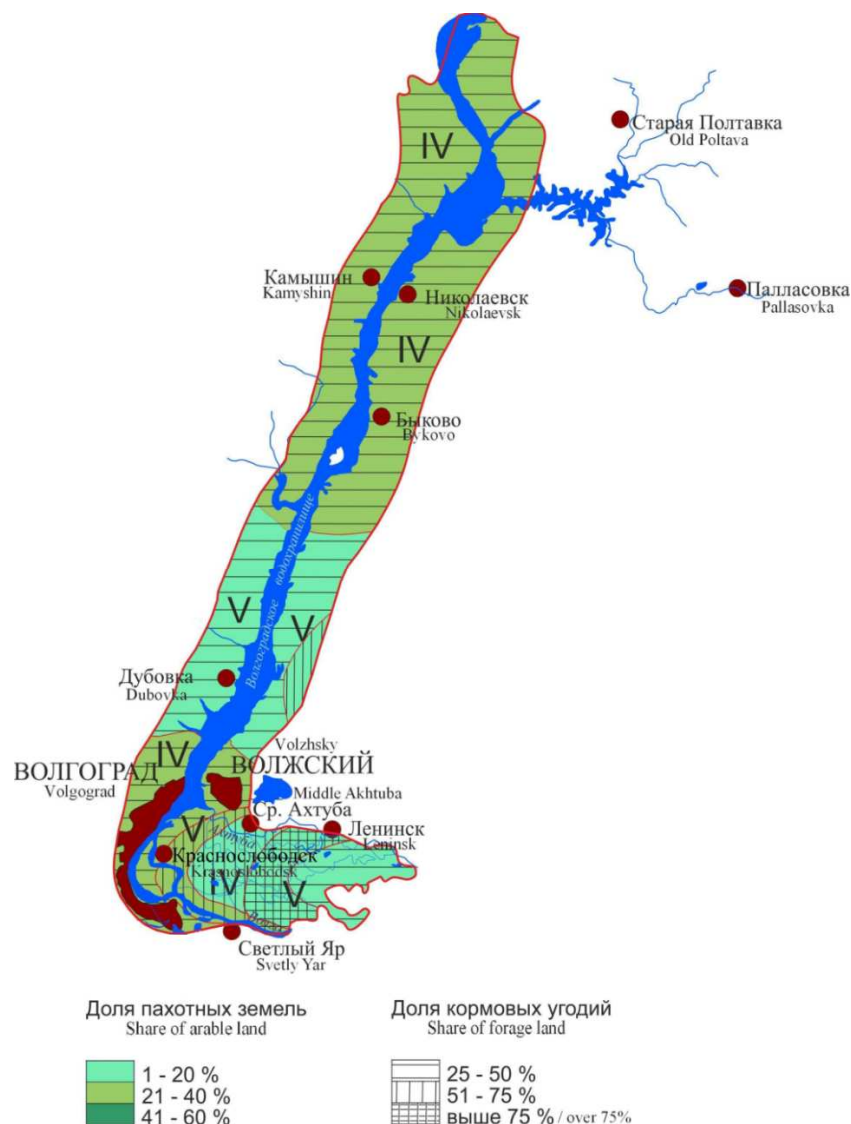


Рисунок 1 – Картосхема эколого-сельскохозяйственного благополучия побережий южной части Волгоградского водохранилища и северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы

Figure1 – Map of ecological and agricultural well-being of the coasts of the southern part of the Volgograd reservoir and the north-western part of the Volga-Akhtuba floodplain

Особо стоит отметить расположенные в пределах исследуемого района природные парки «Щербаковский» и «Волго-Ахтубинская пойма». Первый простирается вдоль правого берега Волгоградского водохранилища на севере Камышинского района и был основан в 2003 году. Второй расположен в нижнем бьефе Волгоградского водохранилища (Светлоярский, Среднеахтубинский и Ленинский районы) и был первым, кто получил охраняемый статус (2000 год). Их территория не однородна и включает в себя функциональные зоны: особо охраняемую, агрохозяйственную и туристскую [1, 2, 9].

Несмотря на то, что природные парки относятся к особо охраняемым природным территориям, присвоенный им охранный статус разрешает вести сельскохозяйственную деятельность практически без ограничений, за исключением заповедных ядер парка.

Немаловажное значение для развития региона имеют транспортные магистрали. Их количество и качество определяют уровень развития всех отраслей промышленности, сельского хозяйства, туризма и рекреации.

Вдоль правого и левого берегов Волгоградского водохранилища на север и на юг, а также на северной окраине Волго-Ахтубинской поймы протянулись автомобильные дороги с твердым покрытием. Железнодорожные магистрали идут вдоль Волгограда через Городищенский район на северо-запад области. Одна из ветвей данной железной дороги поворачивает в сторону Камышинского района и уходит в Саратовскую область, а другая, пересекая реку Волгу, проходит через г. Ленинск. Данные линейные объекты существенно меняют ландшафт и увеличивают антропогенное воздействие на окружающую природную среду, среди которых следует отметить: разрушение почвенно-растительного покрова, развитие и усиление геодинамических процессов (эрозия, оползни, суффозии), деградация экологических систем в целом, фрагментация ландшафтов.

Ещё одними рукотворными объектами, используемыми в сельском хозяйстве Волгоградского региона, являются оросительно-обводнительные системы. В пределах рассматриваемой территории отметим правобережный – Городищенский и левобережный – Палласовский каналы. Эти линейные объекты способны изменить уровень воды даже в крупных реках и озерах, а в Заволжье оросительные каналы особенно пагубно влияют на ландшафты, способствуя вторичному засолению и заболачиванию территории.

Не только активная хозяйственная деятельность человека влияет на геоэкологическое состояние сельскохозяйственных угодий, но и природные риски, которые оказывают большое влияние на качество сельхозпродукции, трудностью ведения сельскохозяйственного производства и экологическое благополучие территории.

Среди основных природных рисков выделим: для левобережья преобладание равнинного рельефа, для правобережья – неоднородный литологический состав пород, континентальный климат с малоснежной зимой, быстрое таяние снега, летние ливни и значительная техногенная нагрузка, активизирующая многие неблагоприятные природные процессы [4].

В пределах изучаемой местности характерны геологические и гидрометеорологические природные риски. Среди первых отметим речную эрозию, абразию берегов водохранилища, повышение уровня грунтовых вод и подтопление прибрежных территорий. Ярким примером абразии может служить береговая линия, расположенная у с. Караваинка и залива Стрельноширокое. Берега здесь сложены среднеразмываемыми породами – опоками, песками и палеогеновыми глинами [1]. У г. Камышин наблюдаются подтопления прибрежной территории, вызванные созданием самого водохранилища и подъёмом уровня грунтовых вод.

Паводки и подтопленные берега в период весеннего половодья на малых реках, уровни воды, ниже проектных отметок на водозаборных сооружениях относятся к гидрологическим рискам [4]. Например, в 2006 году в Волго-Ахтубинскую пойму было дано всего 18 100 м³/с воды в период весеннего половодья, а в 2015 году – 16 000 м³/с (вместо 25000–27 000 м³/с) [6], это способствует нарушению промывного режима в пойме.

Среди метеорологических явлений преобладают шквалисто-смерчевые усиления ветра, гололёдно-изморозевые явления, снегопады, градобития, сильные и продолжительные осадки, засухи, экстремальные температуры воздуха, экстремально низкое количество осадков, особенности ветрового режима. Так, летом температура воздуха может достигать +43 °С (в районе г. Волгограда). Зимой, напротив, аномально низкие тем-

пературы до -35, -38 °С, сменяющиеся оттепелями, приводя к гололёдам, промерзанию почвенно-растительного покрова. Небольшое количество осадков (250 – 350 мм) при высокой испаряемости (800 – 900 мм) способствует испарению капиллярной, почвенной влаги и верховодки [7, 8, 11].

Эти природные явления осложняют ведение сельскохозяйственных работ, тормозят развитие АПК области, требуют дополнительных финансовых вложений и трудовых ресурсов, а также наносят огромный ущерб природе, увеличивая нагрузку на природные и сельскохозяйственные ландшафты.

Выводы. Эколого-сельскохозяйственное благополучие верхнего и нижнего бьефов Волгоградского водохранилища и северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы можно оценивать как территории с высоким и очень высоким уровнем нагрузки. Наибольших значений нагрузка достигает на границе Быковского и Среднеахтубинского районов, наименьшая – Старополтавский, Камышинский, Николаевский, северная часть Быковского и восток Городищенского районов. Это обусловлено широким распространением сельскохозяйственных угодий и хозяйственной деятельностью человека. Оросительно-обводнительные каналы и транспортная инфраструктура способствуют деградации ландшафтов, приводя к заболачиванию и вторичному засолению, разрушению почвенно-растительного покрова, развитию и усилению геодинамических процессов (эрозия, оползни, суффозии) и т.д. Расположение рассматриваемой территории в зоне сухих степей делает регион более уязвимым к ведению сельского хозяйства. Природные риски усиливают антропогенную нагрузку на ландшафты и его компоненты. Среди геологических и гидрометеорологических рисков отметим: оползни, речную эрозию, абразию берегов водохранилища, повышение уровня грунтовых вод. К гидрологическим рискам относятся: паводки и подтопление районов в период весеннего половодья на малых реках, низкие уровни воды, ниже проектных отметок водозаборных сооружений. Метеорологические риски: шквалисто-смерчевые усиления ветра, гололёдно-изморозевые явления, снегопады, градобития, засухи, экстремальные температуры воздуха, низкое количество осадков, особенности ветрового режима и т.д. Совокупность этих факторов приводит к нестабильным урожаям, истощению плодородия почвы, ведению земледелия, требующего искусственного орошения. Геоэкологическая ситуация при этом приобретает негативный характер, а вся природно-антропогенная система АПК верхнего и нижнего бьефов Волжской ГЭС балансирует на грани выживания.

Библиографический список

1. Брылев В. А., Овчарова А. Ю. Формирование побережья нижней части Волгоградского водохранилища // Геоморфология. 2016. № 2. С. 18-26.
2. Водные ресурсы Волгоградской области и проблемы их использования / Д. А. Болотин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. Волгоград. 2018. № 4 (52). С. 191-197.
3. Волгоградская область. <http://www.agrien.ru/reg/volgoградская.html>.
4. Географический атлас-справочник Волгоградской области / под ред. В. А. Брылёва. 2-е изд., исправл., дополн. М.: Планета, 2014. 56 с.
5. Денисова Е. В. Геоинформационный анализ пахотных угодий черноземной зоны Волгоградской области // Современные исследования. 2019. С. 15-17.
6. Лобойко В. Ф., Овчарова А. Ю., Никитина Н. С. Особенности водного режима Нижней Волги и его влияние на состояние северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 89-96.
7. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. Изд. 2-е перераб. и доп. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 334 с.
8. Controls the total environment / B. Hoagland, C. Schmidt, T. A. Russo, R. Adams, J. Kaye // Sci Total Environ. 2019. № 649. P. 979-994.

9. Mode of Rice Drip Irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // ARPN J. of Eng. and Applied Sci. 2017. № 12 (24). P. 7118-7123.

10. Ecological Indicators / E. Wilk-Woźniak, E. Walusiak, L. Burchardt, S. Cerbin, D. Chmura, M. Gąbka, J. Żbikowski. 2019. № 98. P. 736-742.

11. The state of the small rivers of the Volga basin within the lower Volga / A. S. Ovchinnikov, V. F. Loboyko, V. S. Bocharnikov, A. Yu. Ovcharova, S. D. Fomin // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 341. 012107.

Conclusion. The ecological and agricultural well-being of the upper and lower reaches of the Volgograd reservoir and the northwestern part of the Volga-Akhtuba floodplain is assessed as areas with a high and very high level of pressure. The load reaches the highest values at the border of the Bykovsky and Sredneakhtubinsky districts, the smallest - Staropoltavsky, Kamyshinsky, Nikolaevsky, the northern part of Bykovsky and the east of the Gorodishchensky districts. This is due to the widespread use of agricultural land and human economic activities. Irrigation canals and transport infrastructure contribute to landscape degradation, leading to waterlogging and secondary salinization, destruction of soil and vegetation cover, development and intensification of geodynamic processes (erosion, landslides, suffusion), etc. The location of the area in question in the dry steppe zone makes the region more vulnerable to agriculture. Natural risks increase anthropogenic pressure on landscapes and its components. Among the geological and hydrometeorological risks, we note: landslides, river erosion, abrasion of the reservoir banks, an increase in the level of groundwater. Hydrological risks include: floods and flooding of areas during spring floods on small rivers, low water levels below the design elevations of water intake structures. Meteorological risks: squall and tornado wind intensifications, ice and frost phenomena, snowfalls, hail, droughts, extreme air temperatures, low precipitation, features of the wind regime, etc. The combination of these factors leads to unstable harvests, depletion of soil fertility, and artificially irrigated agriculture. In this case, the geoecological situation becomes negative, and the entire natural-anthropogenic system of the agro-industrial complex of the upper and lower reaches of the Volzhskaya HPP is balancing on the brink of survival.

Reference

1. Brylev V. A., Ovcharova A. Yu. Formirovanie poberezh'ya nizhnej chasti Volgogradskogo vodohranilisha // Geomorfologiya. 2016. № 2. P. 18-26.

2. Vodnye resursy Volgogradskoj oblasti i problemy ih ispol'zovaniya / D. A. Bolotin [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. Volgograd. 2018. № 4 (52). P. 191-197.

3. Volgogradskaya oblast'. <http://www.agrien.ru/reg/volgogradskaya.html>.

4. Geograficheskij atlas-spravochnik Volgogradskoj oblasti / pod red. V. A. Bryljova. 2-e izd., ispravl., dopoln. M.: Planeta, 2014. 56 p.

5. Denisova E. V. Geoinformacionnyj analiz pahotnyh ugodij chernozemnoj zony Volgogradskoj oblasti // Sovremennye issledovaniya. 2019. P. 15-17.

6. Lobjko V. F., Ovcharova A. Yu., Nikitina N. S. Osobennosti vodnogo rezhima Nizhnej Volgi i ego vliyanie na sostoyanie severo-zapadnoj chasti Volgo-Ahtubinskoj pojmy // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 4 (52). P. 89-96.

7. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasil'ev Yu. I. Pogoda i klimat Volgogradskoj oblasti. Izd. 2-e pererab. i dop. Volgograd: FNC agroekologii RAN, 2017. 334 p.

8. Controls the total environment / B. Hoagland, C. Schmidt, T. A. Russo, R. Adams, J. Kaye // Sci Total Environ. 2019. № 649. P. 979-994.

9. Mode of Rice Drip Irrigation / I. P. Kruzhilin [et al.] // ARPN J. of Eng. and Applied Sci. 2017. № 12 (24). P. 7118-7123.

10. Ecological Indicators / E. Wilk-Woźniak, E. Walusiak, L. Burchardt, S. Cerbin, D. Chmura, M. Gąbka, J. Żbikowski. 2019. № 98. P. 736-742.

11. The state of the small rivers of the Volga basin within the lower Volga / A. S. Ovchinnikov, V. F. Loboyko, V. S. Bocharnikov, A. Yu. Ovcharova, S. D. Fomin // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 341. 012107.

Author Information

Ovcharova Anzhelika Yuryevna, Volgograd State Agrarian University, Commercialization and Analytical Support Department, Department of Agritourism and Service Technologies, Candidate of Geographical Sciences, 8-917-646-00-24, 403003, Volgograd Region, Gorodishchensky district Settlement, st. Mechetinskaya, 11A, ovcharova_82@list.ru

Balashova Natalia Nikolaevna, Volgograd State Agrarian University, Dean of the Faculty of Economics, Head of the Department "Accounting and Audit", Doctor of Economics, Professor, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave. 26, balashova_nat@mail.ru

Информация об авторе

Овчарова Анжелика Юрьевна, ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ», отдел коммерциализации и аналитического обеспечения УНИД, кафедра «Агротуризм и сервисные технологии», кандидат географических наук, 8-917-646-00-24, (403003, Волгоградская область, Городищенский район, р.п. Городище, ул. Мечетинская, д. 11А), ovcharova_82@list.ru

Балашова Наталья Николаевна, ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ», декан экономического факультета, зав. кафедрой «Бухгалтерский учет и аудит», доктор экономических наук, профессор, (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), balashova_nat@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-16

PRODUCTION FEATURES OF WHEAT *TRITICUM PETROPAVLOVSKYI*

B. V. Romanov¹, K. I. Pimonov², D.D. Lipsky³

¹ Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Centre», Russia

² Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Don State Agrarian University», Russia

³ Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Agrarian University, Russia

Received 18.11.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

The morphostructural and production characteristics of the *Triticumpetropavlovskyi* are considered in comparison with the well-known ancient varieties of *T. aestivum*: Bezostaya 1 and Mironovskaya 808. A powerful habit, high production characteristics and good quality grain characteristics open up the prospect of *T. petropavlovskyi* as a fodder plant.

Abstract

Introduction. In connection with the expansion of the use of wheat as a raw material for processing industries, a great attention is paid to the species diversity of wheat. Along with varieties of soft (*Triticumaestivum* L.) and hard (*T.durum* Desf.) wheat, other types are already involved in production. Moreover, the so-called hexaploid synthetics are being created that have a genomic composition similar to common wheat. The study of these new species, including artificial-synthesized forms, will allow specialists to purposefully and, most importantly, effectively use the potential of the genus *Triticum* in agricultural production. *Triticumpetropavlovskyi* Udacz. et Miguschis a relatively new specimen of wheat. In 1992 it is included in the collection of wheat species of the Federal Rostov Agrarian Scientific Center. Its characteristic features are powerful habit and rather high production rates. **The purpose** of this work is to assess the production characteristics of *T. petropavlovskyi* in comparison with *T. aestivum*. **Materials and methods.** The object of study was the specimen *Triticumpetropavlovskyi* and the spontaneous macromutant form of typical common wheat that was splitted during cultivation, as well as the well-known ancient varieties as well as the well-known ancient varieties *T. aestivum* L.: Mironovskaya 808 and Bezostaya 1. The studies were carried out in the conditions of the Azov zone of the Rostov region, which is characterized as a zone of insufficient, unstable moisture, on the experimental field of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agrarian Scientific Centre», located in the village of Rassvet, Aksai district and in Persianovsky, Oktyabrsky district of the Rostov region, at the Educational and Scientific Production Complex of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University». The soil of the experimental plot is ordinary chernozem. The flag leaf area was determined at the beginning of flowering. At full ripeness, 25 productive shoots of each sample were taken and, after the caryopsis reached the

standard moisture content, structural analysis was performed. **Results and discussion.** Differences in the morphostructural parameters of an ear between *T. petropavlovskiy* and common wheat samples are quite well manifested. It should be noted that the macromutant form of common wheat isolated from it was also inferior in morphostructural parameters to the original *T. petropavlovskiy*. The latter has a much larger ear, stem and leaves in comparison with representatives of common wheat. The studies carried out also showed a higher grain productivity than that of the compared well-known classical varieties of soft wheat Mironovskaya 808 and Bezostaya 1. Thus, *T. petropavlovskiy* has very large caryopses and, in general, it significantly exceeds the ancient varieties of common wheat in terms of grain weight per ear. Comparative analysis showed its higher biological productivity. The new species of wheat was distinguished by good quality indicators: a relatively high content of protein and gluten. The main disadvantage of *Triticum petropavlovskiy* is the unsatisfactorily weak gluten, which does not allow it to compete with common wheat varieties. However, due to the excellent morphostructural characteristics of the whole plant and the corresponding high grain yield, *T. petropavlovskiy* can be used in the production of feed, as well in confectionery industry. **Conclusions.** A comparative analysis of the production traits of *T. petropavlovskiy* shows that, in terms of its economic, biological and morphostructural parameters, it is significantly superior to the well-known ancient varieties of common wheat. However, the unsatisfactorily weak gluten of this new species of wheat somewhat reduces its bakery value, but at the same time makes it very attractive as a feed crop.

Key words: wheat, species *Triticum petropavlovskiy*, morphostructure indicators, production features, macromutant form, soft wheat samples, comparative analysis

Citation. Romanov B. V., Pimonov K. I., Lipsky D.D. Production features of wheat «*Triticum petropavlovskiy*». *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 172-182 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-16.

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 633.11: 631.52

ПРОДУКЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПШЕНИЦЫ *TRITICUM PETROPAVLOVSKYI*

Б. В. Романов¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
К. И. Пимонов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Д. Д. Липский, аспирант

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Федеральный Ростовский аграрный научный центр», п. Рассвет, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Донской государственный аграрный университет»,
п. Персиановский, Ростовская область, Россия

³Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 18.11.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. В связи с расширением направлений использования пшеницы как сырья для перерабатывающих производств все большее внимание уделяется видовому разнообразию пшеницы. Наряду с сортами мягкой (*Triticum aestivum* L.) и твердой (*T. durum* Desf.), уже сейчас в производство вовлечены и другие виды пшеницы. Более того, создаются так называемые гексаплоидные синтетики, имеющие геномный состав, аналогичный мягкой пшенице и фенотипически её напоминающие. Изучение этих новых видов, включая и искусственно синтезированные формы, позволит специалистам целенаправленно, а главное результативно использовать потенциал рода *Triticum* в сельскохозяйственном производстве. Относительно новый видообразец пшеницы *Triticum petropavlovskiy* Udacz. et Migusch. в коллекции видов пшеницы Федерального Ростовского аграрного научного центра (ФГБНУ ФРАНЦ) с 1992 года. Он выделяется своим мощным

габитусом и достаточно высокими продукционными показателями. **Цель** настоящей работы – оценить продукционные характеристики *T.petropavlovskiy* в сравнении с представителями мягкой пшеницы. **Материалы и методы.** В качестве объектов исследования использовали видообразец *Triticum petropavlovskiy* и выщепившуюся из неё в процессе возделывания спонтанную макромутантную форму типичной мягкой пшеницы, а также известные стародавние сорта *T.aestivum* L.: Мироновская 808 и Безостая 1. Исследования проведены в условиях приазовской зоны Ростовской области, которая характеризуется как зона недостаточного, неустойчивого увлажнения, на опытном поле ФГБНУ ФРАНЦ, расположенном в посёлке Рассвет Аксайского района и в п. Персиановский Октябрьского района Ростовской области, в Учебно-Научном Производственном Комплексе (УНПК) ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет». Почва опытного участка – чернозём обыкновенный. Площадь флагового листа определяли в начале цветения. В полную спелость отбирали 25 продуктивных побегов каждого образца и после достижения зерновками стандартной влажности проводили структурный анализ. **Результаты и обсуждение.** Различия в морфоструктурных показателях колоса между *T.petropavlovskiy* и образцами мягкой пшеницы достаточно хорошо проявляются и преимущество здесь практически полностью за первой. Следует отметить, что и макромутантная форма мягкой пшеницы, выделенная из неё, также уступала по своим морфоструктурным параметрам исходной *T.petropavlovskiy*. У последнего значительно крупнее колос, стебель и листья по сравнению с представителями мягкой пшеницы. Проведенные исследования показали и большую зерновую продуктивность, чем у сравниваемых общеизвестных классических сортообразцов мягкой пшеницы Мироновская 808 и Безостая 1. Так, у *T.petropavlovskiy* весьма крупные зерновки и, в целом, он существенно превосходит стародавние сорта мягкой пшеницы по массе зерна с колоса. Сравнительный анализ показал и более высокую её биологическую урожайность. Новый вид пшеницы отличался и неплохими качественными показателями: относительно высоким содержанием белка и клейковины. Главным недостатком вида пшеницы *Triticum petropavlovskiy* является неудовлетворительно слабая клейковина, не позволяющая ей конкурировать с сортами мягкой пшеницы. Тем не менее, благодаря превосходным морфоструктурным показателям всего растения и соответствующему высокому урожаю зерна, *T.petropavlovskiy* можно использовать при производстве кормов, а также для изготовления кондитерских изделий. **Выводы и рекомендации.** Сравнительный анализ продукционных признаков *T.petropavlovskiy* показывает, что по своим хозяйственно-биологическим и морфоструктурным показателям он значительно превосходит известные стародавние сорта мягкой пшеницы. Однако неудовлетворительно слабая клейковина этого нового видообразца пшеницы несколько снижает её ценность как хлебопекарной, но в то же время делает весьма привлекательной как кормовой культуры.

Ключевые слова: виды пшеницы, видообразец *Triticum petropavlovskiy*, морфоструктурные показатели, продукционные признаки пшеницы, макромутантная форма пшеницы, образцы мягкой пшеницы.

Цитирование. Романов Б. В., Пимонов К. И., Липский Д. Д. Продукционные особенности пшеницы *Triticum Petropavlovskiy*. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 172-182. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-16.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В структуре зерновых культур озимая пшеница по площади занимает 74 %, а по валовым сборам – около 80 % (Копусь М. М. и др., 2018). В связи с расширением направлений использования культуры как сырья для перерабатывающих производств все большее внимание уделяется видовому разнообразию пшеницы (Зеленев А. В., 2020; Khan A. A., 2013). Наряду с сортами мягкой (*Triticum aestivum* L.) и твердой (*T.durum* Desf.), уже сейчас в производство вовлечены и другие виды пшеницы. Более

того, создаются так называемые гексаплоидные синтетики, имеющие геномный состав аналогичный мягкой пшенице, и фенотипически её напоминающие, а также ведётся работа по созданию интрогрессивных линий мягкой пшеницы (Хакимова А. Г. и др., 2019; Давоян Р. О. и др., 2019). С середины прошлого столетия по всему миру имеет место процесс обеднения генетического разнообразия селекционных сортов, порожденный ходом исторического развития программ селекции и методами отбора (Kahiluoto H., et al., 2019). С появлением технологии геномного редактирования возникает возможность улучшения культурных растений (Короткова А. М., 2019). Изучение генетического разнообразия весьма полезно при работе с генетическими ресурсами, в том числе и коллекциями соответствующих видов культурных растений, для селекционных программ (Aliu S. et al., 2016). Очевидно, что знания, полученные при работе с коллекцией видов пшеницы, включая и искусственно синтезированные формы, позволит специалистам более эффективно и, главное, результативно использовать имеющийся видовой потенциал рода *Triticum* в сельскохозяйственном производстве.

Вид пшеницы *Triticum petropavlovskyi* Udacz. et Migusch доставлен в Россию А. М. Горским в 1957 г. из Китая (Пшеницы мира, 1987). Исследования коллекционных образцов *T. petropavlovskyi*, проведенные Е. В. Зуевым (1992) в Среднеазиатском филиале ВИР, позволили сделать более подробное его описание. Были подчеркнуты следующие характеристики *T. petropavlovskyi*: вид слабозасухоустойчивый, высокосолеустойчив, среднеустойчив к полеганию, восприимчив к грибным болезням и вредителям. Имеет рыхлый колос, крупное зерно (масса 1000 зерен – 54,0 г), среднее число зерен в колосе – 35,3 шт. В зерне в среднем накапливалось от 13,6 % до 15,7 % белка. Кроме того, китайские образцы, в отличие от мексиканских, имели сравнительно высокую прочность макарон на излом (от 885 г до 678 г).

В коллекции видов пшеницы Федерального Ростовского аграрного научного центра (ФГБНУ ФРАНЦ) видообразец *T. petropavlovskyi* с 1992 года (ростагрнц.рф). Растения высокие, с мощным стеблем и соответствующим пропорционально развитым колосом. Соломина под колосом полая. Колосковые чешуи удлинённо-овальные с небольшим килем, переходящим в остевидный отросток. Наружная цветковая чешуя длиннее внутренней. Поэтому у *T. petropavlovskyi* своеобразный колос с относительно крупными зерновками, но не с трёхцветковыми колосками, как указано в известном источнике (Пшеницы мира, 1987). Нами показано, что в колосках у *T. petropavlovskyi*, также как и у многих видов пшеницы, по 6-8 цветков (Козлечков Г. А. и др., 2016). При проведении структурного анализа растений *T. petropavlovskyi* было обнаружено до 5 зерновок в колоске, чего не может быть даже теоретически при трёхцветковых колосках. В этой связи, следует отметить, что во многих более или менее развитых колосках, как правило, по 3 зерновки, что, по-видимому, автоматически было перенесено на цветки.

По мнению З. А. Морозовой и В. В. Мурашева (2017), *T. petropavlovskyi* могла образоваться при мутационном появлении гена Р у пшеницы мягкой. П. А. Гандилян называл её «персикоидом» азиатской спельты. По мнению же авторов вида, *Triticum petropavlovskyi* могла возникнуть при мутационном проявлении гена Р у пшеницы мягкой или же, в результате спонтанной гибридизации между *T. aestivum* L. и *T. polonicum* L. (Культурная флора СССР, I. Пшеница, 1979). Chen Q, et al., (2014) проведя филогенетический анализ на последовательностях экзон + интрон, экзон и интрон с использованием метода максимального правдоподобия, байесовского вывода и сети гаплотипов, также пришли к выводу, что скорее всего, *T. petropavlovskyi* произошёл от естественного скрещивания *T. aestivum* L. и *T. polonicum* L.

В процессе его культивирования в коллекции, были обнаружены спонтанные макромутантные формы: спельтоидные, «мягкоподобные» и практически неотличимые от типичной мягкой пшеницы (Романов Б. В. и др., 2019). Высокая мутабельность и мощный

габитус *T.petropavlovskiy*, особенно крупнозёрность и определённая многозёрность, представляют значительный интерес для практической селекции. Так, по предварительным данным одна из макромутантных форм мягкой пшеницы, при соответствующих погодных условиях, не уступала самой *Triticum petropavlovskiy*, поэтому необходимо было продолжить изучение продукционных характеристик последней в сравнении с мягкой пшеницей.

Цель работы – дать оценку продукционным характеристикам *T. petropavlovskiy* в сравнении с представителями *T.aestivum*.

Материали и методы. В качестве объектов исследования использовали *T.petropavlovskiy*, выщепившуюся из неё в процессе возделывания спонтанную макромутантную форму идентичную мягкой пшенице *T.aestivum* и известные стародавние сорта последней: Мироновская 808 и Безостая 1. Исследования проведены в условиях Приазовской зоны Ростовской области на опытном поле ФГБНУ ФРАНИЦ, расположенном в посёлке Рассвет Аксайского района и в п. Персиановский Октябрьского района Ростовской области, в Учебно-Научном Производственном Комплексе (УНПК) ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет».

Опытные образцы возделывали на чернозёме обыкновенном. Площадь флагового листа определяли по методике А. М. Гродзинского (1973) в начале цветения, путём умножения длины на ширину с применением коэффициента 0,67. В полную спелость отбирали 25 продуктивных побегов каждого образца и, после достижения зерновками стандартной влажности проводили структурный анализ. Белок определяли по Къельдалю. Клейковину отмывали вручную. Статистическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову (1985) с использованием стандартных компьютерных программ Statistica 6,0; Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Пшеница *T.petropavlovskiy* относится к голозёрным формам, у которых облегченный обмолот, по сравнению с плёнчатыми видами пшеницы. Однако, *T.petropavlovskiy* не получила такого широкого применения как голозёрная мягкая пшеница. Различия в морфоструктурных показателях колоса между *T.petropavlovskiy* и макромутантной мягкой пшеницей, выщепившейся из неё, достаточно хорошо проявляются (рисунок 1).



Рисунок 1:

1 – Макромутантная мягкая пшеница из *T.petropavlovskiy*; 2 – исходная *T.petropavlovskiy*

Figure 1:

1 – Macromutant soft wheat bred from *T.petropavlovskiy*; 2 – initial *T.petropavlovskiy*

Во-первых, хорошо видны более крупные размеры колоса и зерновок пшеницы *T.petropavlovskiy*, по сравнению с макромутантной мягкой пшеницей. Во-вторых, это четкие фенотипические отличия в строении колоса и колосков. Исходя из определённого сходства его колосков с колосками персидской пшеницы (*T.persicum*) можно понять, почему некоторые исследователи посчитали, что это своеобразный «персикоид». В-третьих, можно, полагаясь на его такое же фенотипическое сходство со спельтоидными формами, признать, что это своего рода, «голозёрный спельтоид». Очевидно, благодаря своим фенотипически вполне выраженным отличиям, он и имеет статус вида пшеницы.

Визуально полученная картина вполне подкрепляется соответствующими результатами. По крайней мере, пшеница *T.petropavlovskiy* по всем продукционным показателям колоса достоверно превосходит мягкую пшеницу (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика продукционных признаков *T.petropavlovskiy* и её макромутантной формы мягкой пшеницы, 2018 г.

Table 1 – Comparative characteristics of the production traits of *T. petropavlovskiy* and its macromutant form of common wheat, 2018

Генотип / Genotype	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество, шт/Number, pcs		Масса зерна с колоса, г/ Grain weight per ear, g
		Колосков / ear	Зёрен / grains	
<i>T.petropavlovskiy</i> /	13,1	22,8	56,6	3,11
Мягкая из <i>T.petropavlovskiy</i> / soft wheat bred from <i>T.petropavlovskiy</i>	8,1	18,1	45,9	2,48
НСП ₀₅ /LSD ₀₅	1,1	1,0	8,5	0,48

При этом по длине колоса и массе зерна с колоса превосходит более чем в 1,5 раза. Учитывая, что это макромутантная форма мягкой пшеницы, было сделано фото колосьев пшеницы *T.petropavlovskiy* и общеизвестного стародавнего сорта мягкой пшеницы Безостая 1 (рисунок 2). Как видно и в данном случае колосья *T.petropavlovskiy* значительно превосходят по габитусу Безостую 1.



Рисунок 2 – Колосья и зерновки: 1 – Безостая 1; 2 – *T.petropavlovskiy*

Figure 2 – Ears and caryopses: 1 – non-spinous 1; 2 – *T.petropavlovskiy*

Следует отметить, что, несмотря на некоторые фенотипические отклонения в строении колоса сорта Безостой 1, зерновки у неё значительно мельче, чем у *T.petropavlovskiy*.

Соответственно, проведен сравнительный анализ этих и включенного в опыт известного сорта мягкой пшеницы Мироновская 808 (таблица 2). Из данных таблицы видно, что *T.petropavlovskiy* по всем показателям, хотя по некоторым и недостоверно, превышает стародавние известные сортообразцы мягкой пшеницы.

Так достоверное превосходство *T.petropavlovskiy* над Мироновской 808 и Безостой 1 проявляется по длине колоса и, главное, по массе зерна с колоса. Однако, по числу колосков в колосе разница между показателями *T.petropavlovskiy* (23,3) и Мироновской 808 (22,5) не существенна, в то время как у Безостой (20,2) она достоверна.

На следующий год мы начали сравнение морфоструктурных показателей, включив макромутантную мягкую пшеницу (таблица 3). Как видно, по высоте растений *T.petropavlovskiy* (112 см) близок к Мироновской 808, у которой 108 см. В то же время, она значительно превосходит макромутантную мягкую (83,7 см) и, существенно уступает Безостой 1 (131,3 см).

Таблица 2 – Продукционные характеристики *T.petropavlovskiy* и стародавних сортов мягкой пшеницы, 2019 г.

Table 2 – Production traits of *T. petropavlovskiy* and ancient varieties of soft wheat, 2019

Генотип / Genotype	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество, шт / Number, pcs		Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g
		Колосков/ear	Зерен/grains	
<i>T.petropavlovskiy</i>	16,1	23,3	61,8	2,85
Мироновская 808 / Mironovskaya 808	13,3	22,5	57,7	2,22
Безостая 1 / Bezostaya 1	10,4	20,2	55,3	2,30
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	1,1	1,5	6,9	0,43

Что касается площади флагового листа, здесь преимущество безоговорочно за *T.petropavlovskiy*. При этом она почти в два раза больше, чем у Мироновской 808. То есть *T.petropavlovskiy* обладает очень крупными листьями. Широкие и длинные листья благоприятно сказываются на формировании зерновой продуктивности.

Таблица 3 – Морфоструктурные показатели *T.petropavlovskiy* и образцов мягкой пшеницы, 2020 г.

Table 3 – Morphostructural parameters of *T. petropavlovskiy* and soft wheat samples, 2020

Генотип / Genotype	Высота растений, см / Plant height, cm	Площадь флагового листа, см ² / Flag leaf area, cm ²
<i>T.petropavlovskiy</i> / <i>T.petropavlovskiy</i>	112,7	46,8
Мягкая из <i>T.petropavlovskiy</i> / soft wheat bred from <i>T.petropavlovskiy</i>	83,7	27,8
Мироновская 808 / Mironovskaya 808	108,8	23,8
Безостая 1 / Bezostaya 1	131,3	34,6
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	7,4	3,7

По крайней мере, и, в этом опыте, у *T.petropavlovskiy* существенно крупнее колос и, соответственно, число колосков в нём, но, по числу зерновок, уже нет такой однозначной картины (таблица 4). Во всяком случае разница по их количеству, между *T.petropavlovskiy* и сортом мягкой пшеницы Безостая 1 недостоверна. Однако, по массе

зерна с колоса 3,19 г, *T.petropavlovskiy* существенно превосходит представителей мягкой пшеницы, у которых она варьирует от 2,12 г у Мироновской 808 до 2,78 г Безостой 1. Видимая крупность зерна *T.petropavlovskiy* подтверждается и соответствующей большей массой 1000 зёрен - 52,6 г, что практически на 3 г превышает ближайший показатель представителей мягкой пшеницы 49,7 г у сорта Безостая 1.

Таблица 4 – Сравнительная характеристика продукционных признаков *T.petropavlovskiy* и мягкой пшеницы, 2020 г.

Table 4 – Comparative characteristics of the production characteristics of *T. petropavlovskiy* and soft wheat, 2020

Генотип / Genotype	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество, шт. / Number, pcs		Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	M ₁₀₀₀ зерен, г / Weight of 1000 grains, g
		Колосков / ear	Зёрен / grains		
<i>T.petropavlovskiy</i> / <i>T.petropavlovskiy</i>	16,8	25,2	59,7	3,19	52,6
Мягкая из <i>T.petropavlovskiy</i> / soft wheat bred from <i>T.petropavlovskiy</i>	10,6	19,7	49,4	2,35	48,6
Мироновская 808 / Mironovskaya 808	12,1	22,9	45,3	2,12	47,8
Безостая 1 / Bezostaya 1	13,1	22,7	56,3	2,78	49,7
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,9	1,0	4,8	0,28	-

По урожайным и качественным показателям следующая картина (таблица 5). Наибольшей биологической урожайностью 1595 г/м² обладала *T. petropavlovskiy*. Безостая 1 уступала ей по урожайности на 13 %, а Мироновская 808 – на 1/3 и макромутантная форма – на 1/4. Учитывая эти данные, можно предполагать, что по урожайности в производственных условиях, она будет, как минимум на уровне современных сортов мягкой пшеницы.

Таблица 5 – Сравнительная характеристика качественных показателей зерна *T.petropavlovskiy* и образцов мягкой пшеницы, 2020 г.

Table 5 – Comparative characteristics of the quality indicators of *T. petropavlovskiy* grain and soft wheat samples, 2020

Генотип / Genotype	Биологическая урожайность, г/м ² / Biological yield, g/m ²	Содержание/Content		Gluten deformation index
		белок, % / protein, %	клейковина, % / gluten, %	
<i>T.petropavlovskiy</i> / <i>T.petropavlovskiy</i>	1595	16,5	37,36	117
Мягкая из <i>T.petropavlovskiy</i> / soft wheat bred from <i>T.petropavlovskiy</i>	1175	16,5	41,09	90
Мироновская 808 / Mironovskaya 808	1060	13,0	28,52	93
Безостая 1 / Bezostaya 1	1390	15,7	35,87	94

По содержанию белка *T.petropavlovskiy* и макромутант выделяются достаточно высокими показателями (16,5 %). Однако по клейковине и ИДК они значительно разнятся между собой. Так содержание клейковины у *T.petropavlovskiy* 37,36 %, что близко к таковому у Безостой 1 (35,87 %), но существенно меньше, чем у макромутанта (41,09 %). К сожалению, высокие показания по белку и клейковине *T.petropavlovskiy* нивелируются неудовлетворительно слабым ИДК. По этому показателю зерно пшеницы относится к III группе (неудовлетворительно слабой по качеству глютена). В то же время, макромутантная пшеница, выделенная из *T.petropavlovskiy*, обладает высокими качественными показателями. Таким образом, исходя из количественных и качественных признаков *T.petropavlovskiy*, желательно проверить её кормовые достоинства, а также возможность использовать при производстве кондитерских изделий.

Выводы. Сравнительный анализ показывает, что по своим морфоструктурным показателям изучаемый видообразец *T.petropavlovskiyi* значительно опережает известные стародавние сорта мягкой пшеницы. Однако неудовлетворительно слабая клейковина снижает её ценность как хлебопекарной, но в то же время содержание белка и клейковины в зерне позволяют рекомендовать для производства кондитерских изделий, а высокие морфоструктурные показатели делают весьма привлекательной в качестве кормовой культуры. Вместе с тем, учитывая высокие продукционные показатели изучаемого представителя *T.petropavlovskiyi*, можно считать его достаточно ценным исходным материалом.

Библиографический список

1. Генетическое разнообразие и селекционная ценность синтетической гексаплоидной пшеницы, привлеченной в коллекцию ВИР / А. Г. Хакимова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23(6). С. 738-745.
2. Зеленев А. В., Маркова И. Н., Чамурлиев Г. О. Динамика роста и развития видов яровой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2(58). С. 45- 57.
3. Козлечков Г. А., Пасько С. В., Романов Б. В. Коэффициент удельной продуктивности как показатель эффективности репродуктивной функции побега пшениц коллекции ВИР // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 3. С. 34-38.
4. Козлечков Г. А., Романов Б. В., Пасько С. В. Вопросы биологии и продуктивности пшеницы Петропавловского // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3(59). С. 10-13.
5. Короткова А. М., Герасимова С. В., Хлесткина Е. К. Текущие достижения в области модификации генов культурных растений с использованием системы CRISPR/Cas // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 1. С. 29-37. <https://doi.org/10.18699/VJ19.458>.
6. Морозова З. А., Мурашев В. В. Пшеница, коленица, дазирпирум: особенности морфогенеза, филогенетические взаимосвязи: монография. М-во образования и науки РФ, МГУ им. М.В. Ломоносова. Тамбов-Москва: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2017. 104 с.
7. Пшеница Дона: урожайность и качество зерна - конкуренция и сортовое разнообразие / М. М. Копусь [и др.] // Зерновое хозяйство. 2018. № 2. С. 42-46.
8. Романов Б. В., Пимонов К. И. Продукционные характеристики *Triticum Petropavlovskiyi* и её спонтанных макромутантов // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4(64). С. 50-53.
9. Создание и изучение интрогрессивных линий мягкой пшеницы, полученных на основе синтетической формы RS7 / Р. О. Давоян [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. № 23(7). С. 827-835.
10. Correlation and path analysis of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. Durum) / A. A. Khan [et al.] // Bangladesh J. Agr. Res. 2013. Vol. 38 (3). P. 515-521.
11. Decline in climate resilience of European wheat / H. Kahiluoto [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2019. N.116(1). P. 123-128.
12. Evolutionary History of *Triticum petropavlovskiyi* Udacz. et Migusch / Q. Chen , H. Y. Kang, X. Fan , Y. Wang , L. N. Sha // Inferred from the Sequences of the 3-Phosphoglycerate Kinase Gene. PLOS ONE. 2014. N. 9(1). 10.1371/annotation/51159241-2192-46c3-a4f1-a09f590e1f08. <https://doi.org/10.1371/annotation/51159241-2192-46c3-a4f1-a09f590e1f08> View correction.
13. Genetik diversity for some nutritive traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) from different regions in Kosovo. Turk / S. Aliu [et al.] // J.Field Crops. 2016. No 21(1). P. 156-161.

Conclusions. Comparative analysis shows that the studied species *T.petropavlovskiyi* is significantly ahead of the well-known ancient varieties of common wheat in terms of its morphostructural parameters. However, unsatisfactorily weak gluten reduces its value as a bakery, but at the same time, the protein and gluten content in the grain can be recommended

for the production of confectionery, and high morphostructural indicators make it very attractive as a fodder crop. At the same time, taking into account the high production characteristics of the studied *T. petropavlovskyi*, it can be considered a rather valuable source material.

Reference

1. Genetic diversity and breeding value of synthetic hexaploid wheat attracted to the VIR collection / A. G. Khakimova [et al.] // Vavilov journal of genetics and selection. 2019. No. 23(6). Pp. 738-745.
2. Zelenev A. V., Markova I. N., Chamurliev G. O. Dynamics of growth and development of spring wheat species in the Lower Volga region // Bulletin of the Lower Volga agro-university complex: science and higher professional education. 2020. No. 2 (58) . Pp. 45-57.
3. Kozlechkov G. A., Pasko S. V., Romanov B. V. Coefficient of specific productivity-an indicator of the efficiency of the reproductive function of wheat shoots in the VIR collection // Bulletin of the Russian agricultural science. 2016. No. 3. Pp. 34-38.
4. Kozlechkov G. A., Romanov B. V., Pasko S. V. Issues of biology and productivity of wheat of Petropavlovsky // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2016. No. 3 (59). Pp. 10-13.
5. Korotkova A. M., Gerasimova S. V., Khlestkina E. K. Current achievements in the field of modification of genes of cultivated plants using the CRISPR/Cas system // Vavilov journal of genetics and selection. 2019. Vol. 23. No. 1. Pp. 29-37. <https://doi.org/10.18699/VJ19.458>.
6. Morozova Z. A., Murashev V. V. Wheat, kneecap, dazirpirum: features of morphogenesis, phylogenetic relationships. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Moscow State University named after M. V. Lomonosov. Tambov; Moscow, 2017. 104 p.
7. Don wheat: productivity and grain quality, competitiveness and varietal diversity / M. M. Kopus [et al.] // Grain Economy of Russia. 2018. No. 2. Pp. 42-46.
8. Romanov B. V., Pimonov K. I. Production characteristics of Triticum Petropavlovskyi and its spontaneous macromutation // Grain economy of Russia. 2019. No. 4. Pp. 50-53. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2019-64-4-50-53>.
9. Creation and study of introgressive lines of soft wheat produced on the basis of the synthetic form RS7 / R. O. Davoyan [et al.] // Vavilov journal of genetics and selection. 2019. V. 23. No. 7. Pp. 827-835.
10. Correlation and path analysis of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. Durum) / A. A. Khan [et al.] // Bangladesh J. Agr. Res. 2013. Vol. 38 (3). P. 515-521.
11. Decline in climate resilience of European wheat / H. Kahiluoto [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2019. N.116(1). P. 123-128.
12. Evolutionary History of Triticum petropavlovskyi Udacz. et Migusch / Q. Chen , H. Y. Kang, X. Fan , Y. Wang , L. N. Sha // Inferred from the Sequences of the 3-Phosphoglycerate Kinase Gene. PLOS ONE. 2014. N. 9(1). 10.1371/annotation/51159241-2192-46c3-a4f1-a09f590e1f08. <https://doi.org/10.1371/annotation/51159241-2192-46c3-a4f1-a09f590e1f08> View correction.
13. Genetik diversity for some nutritive traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) from different regions in Kosovo. Turk / S. Aliu [et al.] // J.Field Crops. 2016. No 21(1). P. 156-161.

Authors Information

Romanov Boris Vasilyevich, senior researcher, laboratory of selection and genetics of agricultural plants, Federal Rostov agricultural research center (Russia, 346735, Rostov region, Aksay district, Rassvet village, Institutskaya str., 1), candidate of biological sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0701-1584>, phone:+ 79381556901, e-mail: triticumrbw@mail.ru

Pimonov Konstantin Igorevich, Professor of the Department of crop Production and horticulture, Don state agrarian University (Russia, 346493, Rostov region, Oktyabrsky district, p. Persianovsky, Krivoslykova str., 24), doctor of agricultural sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0726-2583>, phone:+79882562700, e-mail: Konst.pimonov@yandex.ru

Lipsky Dmitry Dmitrievich, full-time postgraduate student of the Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd Region, Volgograd, Universitetsky Prospect 26; phone: 89370851000, e-mail: mityalipcky@yandex.ru)

Информация об авторах

Романов Борис Васильевич, старший научный сотрудник лаборатории селекции и генетики сельскохозяйственных растений ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (РФ, 346735, Ростовская обл., Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), кандидат биологических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0701-1584>, тел.: +79381556901, e-mail: triticumrbw@mail.ru

Пимонов Константин Игоревич, профессор кафедры «Растениеводство и садоводство», ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» (РФ, 346493, Ростовская обл., Октябрьский район, п. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0726-2583>, тел.: +79882562700, e-mail: Konst.pimonov@yandex.ru

Липский Дмитрий Дмитриевич, аспирант очного обучения ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, Волгоградская область, Волгоград, Университетский проспект, 26), т. 89370851000, e-mail: mityalipcky@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-17

GROWTH AND LONGEVITY OF CONIFEROUS CROPS IN ECOTOPES OF THE SANDS OF THE TERSK-KUMSK INTERFLUVE

I.G. Surkhaev¹, G.A. Surkhaev¹, L.P. Rybashlykova²

¹North Caucasian branch of the Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation Russian Academy of Sciences, Stavropol

²Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences, Volgograd

Received 15.03.2020

Submitted 25.10.2020

The work was carried out on the topic of State task No. 0713-2019-0002 " to Develop scientific bases, new methods, models and technologies for effective forest-reclamation development and multi-purpose use of low-productive and degraded lands of the arid zone of the Russian Federation

Summary

The article provides a forestry assessment of long-term experience in growing coniferous crops (Crimean pine, common pine, Virginia juniper, common juniper) for the purposes of forest reclamation of the Tersk-Kum Sands. It is shown that in comparison with the dominant hardwoods (oak, robinia, elm, poplar, etc.) in the conditions of the arid region, coniferous crops (pine, juniper) form more stable and long-lasting protective stands due to a smaller (1.5-2.0 times) desuction consumption of soil moisture.

Abstract

Introduction. The article gives a silvicultural assessment of the long-term experience of growing coniferous crops (Crimean pine, Scots pine, Virginian juniper, common juniper) for the purposes of forest reclamation of the Tersk-Kumsk sands. It is shown that, in comparison with deciduous species dominating in afforestation (oak, robinia, elm, poplar, etc.) in the arid region, coniferous crops (pine, juniper) due to a lower (1.5-2.0 times) moisture form more stable and durable protective tree stands. Since 1894, from the very beginning of work on afforestation of the Tersk-Kumsk sands, protective plantations were created only with the participation of deciduous trees and shrubs. The first is that the successful experience of planting coniferous crops was noted in 1915 on the sands of the Terek massif, near the village of Chervlennaya. Of the 4.5 hectares of Crimean pine (*Pinus pallasiana*), Austrian (*Pinus nigra*) and hooked pine (*Pinus uncinata*) planted, only a small part (about 1 hectare) of a century-old artificial pine forest has survived to this day, at the site of the establishment. After that, only many decades later, in the 70s of the last century, it was possible to resume the successful experience of growing coniferous crops on the sandy lands of the Tersk-Kumsk interfluvium, based on the technology developed by Achikulak NILOS for their creation in the arid region. From that time, until the beginning of the 90s, by the efforts of the experimental station on the Tersk and Bazhigansky massifs of sands, almost 100 hectares of Crimean and Scots pine plantations were laid, the preservation of which

at present is slightly more than 70%. **Object.** Perennial plantings of Crimean and Scots pine, created in different ecotopes of the sands of the Bazhigansky and Tersky massifs, as well as plantings of juniper crops on sandy lands. **Materials and methods.** The forest reclamation assessment was compiled on the basis of data from 14 sample plots in uneven-aged pine and juniper stands using the taxation method of N.P. Anuchin. Dendrochronological analysis of the growth of model trees in height and diameter using methodological approaches of T.T. Bitvinskas and N.A. Prozorov. **Results and Conclusions.** Studies have shown that on the thick (6-8 m) moisture-intensive (layered) sands of the Tersk-Kumsk interfluvium, Scots pine stands up to 25-30 years old, and Crimean pines up to 30-35 years old grow according to the I-II class of bonitet, have a high boom. Indicators of growth and condition of pine crops have a multifactorial dependence on the humus content of the sands, the level of availability of ground water, soil moisture and compliance with agricultural techniques for caring for them. According to the silvicultural survey, old-growth juniper crops have now reached about 9 m in height with an average trunk diameter of 17.0 cm, the density of trees (2800 pcs / ha). Long-term experience in the cultivation of coniferous crops shows a high degree of drought resistance, tolerance to soil and ground conditions, ameliorative functionality and durability in the created reclamation plantations.

Key words: *coniferous crops, pine, juniper, protective plantings, sands, forest melioration, afforestation, droughty area.*

Citation: Surkhaev I.G., Surkhaev G.A., Rybashlykova L.P. Growth and longevity of coniferous crops in the sand ecotopes Terek-Kuma interfluvium *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 182-192 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-17.

Author's contribution I.G. Surkhaev, G.A. Surkhaev collected the material, processed and analyzed data, wrote an article. L.P. Rybashlykova systematized and analyzed the data, reviewed literature on the problem under study, corrected the manuscript prior to submission to the editor. All authors are responsible for avoiding the plagiarism and self-plagiarism.

Conflict of interest The authors declare no conflict of interest.

УДК 630:631.6

РОСТ И ДОЛГОЛЕТИЕ ХВОЙНЫХ КУЛЬТУР В ЭКОТОПАХ ПЕСКОВ ТЕРСКО-КУМСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

И. Г. Сурхаев¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Г. А. Сурхаев¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Л. П. Рыбашлыкова², кандидат сельскохозяйственных наук

¹Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, Ставропольский край с. Ачикулак

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

Дата поступления в редакцию 15.03.2020

Дата принятия к печати 25.10. 2020

Работа выполнена по теме Государственного задания № 0713-2019-0002 «Разработать научные основы, новые методы, модели и технологии эффективного лесомелиоративного освоения и многоцелевого использования низкопродуктивных и деградированных земель засушливой зоны Российской Федерации»

Актуальность. В статье дана лесоводственная оценка многолетнего опыта выращивания хвойных культур (сосна крымская, сосна обыкновенная, можжевельник виргинский, можжевельник обыкновенный) для целей лесомелиорации Терско-Кумских песков. Показано, что в сравнении с доминирующими в лесоразведении лиственными породами (дуб, робиния, вяз, тополь и др.) в условиях аридного региона хвойные культуры (сосна, можжевельник) за счет меньшего (1,5-2,0 раза) десукционного расхода почвенной влаги образуют более устойчивые и долговечные защитные древостои. С 1894 года, с самого начала работ по облесению Терско-Кумских песков защитные

насаждения создавались только с участием лиственных пород деревьев и кустарников. Первый – успешный опыт закладки хвойных культур отмечен в 1915 году на песках Терского массива, близ станции Червленной. Из высаженных 4,5 га сосны крымской (*Pinus pallasiana*), австрийской (*Pinus nigra*) и крючковой (*Pinus uncinata*) до наших дней сохранилась только небольшая часть (около 1 га) столетнего искусственного бора, на участке закладки. После этого, лишь спустя многие десятилетия, в 70 годы прошлого века удалось возобновить успешный опыт работ по выращиванию хвойных культур на песчаных землях Терско-Кумского междуречья, на основе разработанной Ачикулакской НИЛОС технологии их создания в аридном регионе. С этого времени, до начала 90-х годов, усилиями опытной станции на Терском и Бажиганском массивах песков было заложено почти 100 га насаждений сосны крымской и обыкновенной, сохранность которых в настоящее время составляет немногим более 70 %. **Объект.** Многолетние насаждения сосны крымской и обыкновенной, созданные в разных экотопах песков Бажиганского и Терского массивов, а также насаждения можжевельников культур на песчаных землях. **Материалы и методы.** Лесомелиоративная оценка составлена по данным 14 пробных площадок в разновозрастных древостоях сосны и можжевельника с использованием методики по таксации Н. П. Анучина. Дендрохронологический анализ хода роста модельных деревьев в высоту и по диаметру с использованием методических подходов Т. Т. Битвинскаса и Н. А. Прозорова. **Результаты и выводы.** Исследования показали, что на мощных (6-8 м) влагоемких (слоистых) песках Терско-Кумского междуречья древостои сосны обыкновенной до 25-30 лет, а сосны крымской до 30-35 лет растут по I-II классу бонитета, имеют высокую охвоенность. Показатели роста и состояния культур сосны имеют многофакторную зависимость от гумусности песков, уровня доступности грунтовой воды, почвенной влаги и соблюдения агротехники ухода за ними. По данным лесоводственного обследования старовозрастные культуры можжевельника в настоящее время достигли около 9 м высоты со средним диаметром ствола 17,0 см, густота стояния деревьев (2800 шт./га). Многолетний опыт культивирования хвойных культур показывает высокую степень засухоустойчивости, толерантности к почвенно-грунтовым условиям, мелиоративную функциональность и долговечность в создаваемых мелиоративных насаждениях.

Ключевые слова: хвойные культуры, сосна, можжевельник, защитные лесные насаждения, пески, экотопы песков, лесомелиорация, лесоразведение, аридные регионы.

Цитирование: Сурхаев И. Г., Сурхаев Г. А., Рыбашлыкова Л. П. Рост и долголетие хвойных культур в экотопах песков Терско-Кумского междуречья. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 182-192. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-17.

Авторский вклад: Сурхаев И. Г., Сурхаев Г. А. собрали материал, обработали и проанализировала данные, написали статью. Рыбашлыкова Л. П. систематизировала и анализировала полученные данные, провела обзор литературных источников, откорректировала рукопись до подачи в редакцию.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Более века опыт облесения Терско-Кумских песков показывает высокую эффективность создания здесь защитных насаждений с участием многих интродуцированных деревьев и кустарников-мелиорантов (более 100 видов) из умеренной и субтропической зон произрастания [2, 3, 5]. Доминируют в них лиственные породы: робиния псевдоакация (*Robinia pseudoacacia*), вяз приземистый (*Ulmus pumila*), различные виды тополей (*Populus*) (белый (*P. alba*), черный (*P. nigra*), гибридный (*P. deltoides* х *P. nigra*), пирамидальный (*P. nigra* f. *pyramidalis*), джугун безлистный (*Calligonum aphyllum*), лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia*) и др. Однако в условиях Западного Прикаспия, созданные насаждения из данных видов относительно низкоплотные (III-IV) и недолговечные (30-50 лет) из-за недостатка почвенной влаги и сухости воздуха в период активной вегетации древесных растений [1].

В сравнении с лиственными, некоторые хвойные породы (сосна крымская (*Pinus pallasiana*) и обыкновенная (*Pinus sylvestris*) в опытных насаждениях на Терско-Кумских песках по данным экспериментальных исследований имеют значительно низкий (в 1,5-2

раза) десукционный расход почвенной влаги, и поэтому их рост не сопровождается соле-накоплением в капиллярной кайме при потреблении минерализованных грунтовых вод (ГВ) [8], вследствие чего, в многолетнем опыте выращивания, древостои сосны более устойчивы и долговечны в условиях Прикаспийской полупустыни. И в этой связи расширение их площади имеет реальную перспективу в лесомелиорации аридного региона. Формированию устойчивых и долговечных насаждений сосны на полимиктовых песках междуречья способствуют не только правильный подбор лесопригодных экотопов насаждений, но и тщательное соблюдение агротехнических и лесоводственных приемов их выращивания на протяжении всех жизненных циклов их развития [10,11, 12].

В Терско-Кумском междуречье лучшие лесорастительные условия для культур сосны складываются в экотопах тонкопереслоенных и мелкозернистых песков с пресной ГВ на глубине 3-6 м, а маломощные глинистые пески ограничивают биопотенциал их развития из-за недостаточной водоудерживающей способности и повышенной минерализации базисных грунтовых вод [8].

На Терско-Кумских песках в выращиваемых культурах отмечается превосходство сосны крымской над обыкновенной по показателям роста, продуктивности и долголетия (на 20-30%) [4, 7].

Комплексная оценка состояния хвойных культур в многолетнем опыте их выращивания в Прикаспийской полупустыне обосновывает перспективу более широкого использования сосны крымской в создании устойчивых и долговечных защитных древостоев в лесомелиорации опустыненных земель региона. Кроме того, для защитного лесоразведения на песках, значительный интерес представляет более углубленное изучение впервые исследованного нами уникального опыта создания долголетних можжевельных культур на Терском массиве песков Ачикулакской НИЛОС.

Материалы и методы. Терско-Кумские пески географически занимают аридную часть Прикаспийской низменности. Их условными границами с севера и юга стали реки: Кума и Терек, на востоке – Каспийское море, а на западе – Ставропольская возвышенность. Орографически территория представляет собой слегка волнистую и местами всхолмленную песчаную равнину, сложенную, четвертичными отложениями в виде лессовидных суглинков, супесей и песков, с небольшим содержанием гумуса (0,1-0,5 %), климат засушливый: осадков выпадает до 250-350 мм в год, лето жаркое (max t 40-44 °С), зима непродолжительная, около 2 месяцев, относительно теплая (средняя температура воздуха -1,9 °С, малоснежная. Засушливость климата NIA по Виноградову Б. И. 0,67-0,81, территория обладает относительно благоприятными термическими и эдафическими условиями широкого применения лесных мелиораций опустыненных (дефлированных) земель региона.

Объекты исследований – многолетние культуры сосны крымской и обыкновенной, созданные в разных экотопах песков Бажиганского и Терского массивов, а также небольшой по площади долголетний успешный опыт выращивания можжевельных культур на песчаных землях.

Площадь обследованных хвойных древостоев в разных экотопах их создания (пески однофазные крупнозернистые, переслоенные мелкозернистые, с высоко- и среднедоступными грунтовыми водами) составляет свыше 40 га, в т.ч. сосны крымской около 39 га и обыкновенной 3,2 га, а можжевельника – около 0,3 га.

Лесомелиоративная оценка составлена с использованием общепринятых методик таксации (А. П. Анучина, Т. Т. Битвинскаса, Н. А. Прозорова) и почвенно-экологических исследований защитных насаждений по данным 14 пробных площадок в разновозрастных древостоях сосны и можжевельника.

Результаты и обсуждение. Лесомелиорация Терско-Кумских песков имеет более чем вековую историю развития. При облесении арен обширной территории (около 1 млн га) на практике используются преимущественно лиственные породы-мелиоранты (робиния, вяз, тополь, дуб и т.д.), но есть в нем и положительный опыт участия в лесоразведении более ксерофитных – хвойных культур (сосна крымская и обыкновенная, можжевельник обыкновенный и виргинский). В аридных условиях региона в сравнении с лиственными деревьями, они имеют значительно меньший (в 1,5-2 раза) десукционный расход влаги, способствующий созданию устойчивых и продуктивных насаждений в засушливых условиях песков.

Первый успешный опыт выращивания здесь хвойных культур с участием сосны крымской, австрийской и обыкновенной известен с 1915 года, после создания небольшого урочища площадью около 4,5 га на участке открытых песков Терского массива, близ станции Червленной (около 8 км) (территория нынешней Чечни), от которого до настоящего времени сохранилось около 1 га векового (105 лет) искусственного бора.

Первая лесоводственная оценка составлена в 1953 году Язаном П. Г. [6]. По данным исследований сосна, в возрасте 35 лет достигла почти 11 метровой высоты с диаметром ствола – 20 см (таблица 1) с удовлетворительной оценкой лесоводственного состояния.

Таблица 1 – Ход роста сосны австрийской (по Язану П. Г.)

Table 1 – Growth rate of Austrian pine (by Yazan P. G.)

Возраст, лет / Age, years	Высота, м / Height, m	Диаметр ствола, см / Diameter, cm	Прирост, см / Growth, cm		Объем ство- ла, м ³ / The volume of the tree trunk, m ³	Объемный прирост в год, га/м ³ / Volume growth of trees per year, ha/m ³	
			в высоту / in height	по диаметру / by diameter		средний / average	текущий / current
5	0,70	-	0,14	0,03	-	-	-
10	1,88	0,3	0,24	0,03	0,00006	0,00006	0,00006
15	4,60	6,1	0,74	1,16	0,00790	0,00053	0,00157
20	7,10	12,0	0,50	1,18	0,00415	0,00207	0,00660
25	8,60	13,7	0,30	0,80	0,09150	0,00366	0,01000
30	9,70	16,0	0,22	0,34	0,13110	0,00437	0,00790
35	10,80	18,8	0,22	0,22	0,15610	0,00446	0,00499
-	в коре	20,0	-	-	0,19240	-	-

К другим долголетним объектам изучения хвойных культур относятся уникальные посадки можжевельника обыкновенного и виргинского заложенные Ачикулакской НИЛОС в 1947 году на мелкозернистых малогумусных (0,1 %) песках Терского массива на участке Каясулинской лесной дачи, а также сохранившаяся до наших дней (2020 г.) небольшая (0,1 га) рошица опытной посадки сосны крымской в 1954 году, на слоистых песках Бажиганского массива на участке 1 лесной дачи опытной станции.

Можжевельниковые насаждения были сформированы в ходе интродукционных работ Ачикулакской НИЛОС по натурализации широкого ассортимента деревьев и кустарников для целей лесомелиорации Терско-Кумских песков.

По данным лесоводственного обследования в настоящее время старовозрастные культуры достигли 9 м высоты со средним диаметром ствола 17,0 см. Они имеют большую густоту стояния деревьев (2800 шт./га), из-за чего хвоя крон деревьев во внутренних рядах осталась лишь на их верхушках (2,0-2,5 м), а по контуру закладки, снаружи на стволах, от самого низа и до вершины она полностью сохранилась зеленой. В 73-летнем возрасте суховершинность деревьев пока отсутствует, и в целом лесоводственное состояние опытного насаждения оценивается как удовлетворительное.

В период активного семяношения (возраст 20-50 лет) в благоприятные влажные годы (350-450 мм) вокруг опытного насаждения в радиусе 500-700 м отмечен самосев можжевельника, в котором он представлен одиночно или группой растущих деревьев, где количественно преобладает можжевельник виргинский (62 %), некоторые из которых достигли возраста 35-40 лет (таблица 2).

Таблица 2 – Лесоводственно-таксационная оценка состояния культур можжевельника на Терском песчаном массиве (2020 г.)

Table 2 – Forestry and taxation assessment of the state of juniper crops on the Tersk sand massif (2020)

Культура / culture	Площадь, га / area, ha	Возраст, лет / age, years	Высота, м / height, m	Диаметр, см / diameter, cm	Кол-во ство- лов, шт./га / Number pcs./ha	Полнота / completeness	Бонитет / bonitet	Запас м ³ /га / stockpile m ³ /ha
Можжевельник виргинский / Virginia juniper	0,17	73,0	8,8	17,3	2750,0	1,0	III	263,0
Можжевельник обыкновенный / common juniper	0,17	73,0	9,1	16,7	2840,0	1,0	III	271,0

На Бажиганском песчаном массиве самое долголетнее сохранившееся хвойное насаждение (сосна крымская) создано в 1954 году на близководных (УГВ 3,0-3,5 м) мелкозернистых слоистых песках на участке первой лесодачи Ачикулакской НИЛОС.

В настоящее время 66-летняя сосна достигла в высоту 16,5 м и диаметре ствола – 24,3 см. В последние 5 лет наблюдается усиленный процесс старения древостоя с усыханием и отпадом до 3 деревьев сосны ежегодно.

Всего на корню осталось 57 стволов от первоначально учтенного количества сосны (492 шт.) в период ее активного роста (1960-1980 гг.).

Эти объекты исследований до 70-х годов прошлого века представляли собой лишь небольшой опыт успешного использования хвойных культур в облесении Терско-Кумских песков.

Производственный масштаб их участия в лесоразведении аридного региона принял в 70-80-е годы в связи с разработкой и внедрением Ачикулакской НИЛОС (1976 г.) научно-обоснованной технологии выращивания насаждений сосны на Терско-Кумских песках. За десятилетия активных работ заложено около 100 га сосны крымской и около 5 га сосны обыкновенной, сохранность которых по прошествии 40-50 лет остается на довольно высоком уровне (69-72 %) в засушливых условиях Прикаспийской полупустыни.

Современная оценка состояния многолетних культур показывает коррелятивную ее зависимость от возраста и условий экотопа создания.

На близководных (УГВ 2,5-3,5 м) слабоминерализованных (1-5 г) песках Бажиганского массива сосна крымская до 35 лет растет по I-II классу бонитета. Здесь на гумусированных почвогрунтах, но в условиях с глубоким уровнем ГВ (7,6 м) и средней степенью их минерализации (5-10 г) культуры развиваются уже по низшему классу (II-III), а на близководных слабогумусных песках Терского массива, сосна крымская по I-II классу бонитета растет только до 20-летнего возраста (таблица 3).

Анализ хода роста по модельному дереву показывает, что у сосны обыкновенной на Терско-Кумских песках кульминация роста продолжается всего 8-10 лет. В это время она растет энергичнее, чем сосна крымская и обгоняет ее по высоте и диаметру ствола, после чего прирост резко снижается до 10-20 см, но на богатых отложениях по-

тенциал оживления роста сохраняется у нее еще многие годы. Прогрессивное отставание по высоте культур сосны обыкновенной от крымской наблюдается в регионе после 17-18 лет роста.

Таблица 3 – Лесоводственная оценка роста и долголетия культур сосны в разных экотопах Терско-Кумских песков

Table 3 – Silvicultural assessment of the growth and longevity of cultures of a pine in different ecotopes of the Terek-Kuma Sands

Экотоп / Ecotope	Культура / culture	Возраст, лет / age, years	Высота, м / height, m	Диаметр, см / diameter, cm	Класс бонитета / bonitet	Средний прирост / the average growth		Запас древостоя, м³/га / the grow- ing stock m³/ha
						в высоту, м / in height, m	по диаметру, мм / in diameter, mm	
Э _{гп} Eds	¹ С _{кр.}	100	2,3	9,7	I-II	19,1	9,4	21,0
	¹ С _{об.}		3,7	7,8	I-II	34,2	7,4	32,0
	¹ С _{кр.}	20,0	8,1	16,2	I-II	58,0	6,5	78,0
	¹ С _{об.}		7,5	13,1	I-II	38,0	5,3	71,0
	¹ С _{кр.}	30,0	11,2	18,4	II-III	31,0	2,2	147,0
	¹ С _{об.}		8,4	16,3	II-III	9,0	3,2	121,0
	¹ С _{кр.}	40,0	12,6	19,3	II-III	14,0	1,1	174,0
	¹ С _{об.}		9,1	17,5	III-IV	7,0	1,2	138,0
	¹ С _{кр.}	50,0	12,3	22,1	II-III	3,0	2,8	187,0
	¹ С _{об.}		9,3	19,2	III-IV	2,0	1,7	148,0
Э _{бп} Eks	² С _{кр.}	60,0	14,8	28,4	III-IV	19,0	6,3	231,0
	² С _{об.}		10,4	23,1	III-IV	11,0	4,1	198,0
	С _{кр.}	100	15,7	32,8	III-IV	9,0	4,4	253,0
	С _{об.}		10,8	47,1	-	4,0	24,1	217,0

Примечание: Э_{гп} – экотоп глубоководных песков, Э_{бп} – экотоп близководных песков, ¹С_{кр.} – сосна крымская, ¹С_{об.} – сосна обыкновенная

Утолщение ствола сосны обыкновенной сопровождается также более импульсивным приростом по диаметру, чем у сосны крымской, но укладывается это в короткий промежуток времени (11-15 лет), а заметное ее отставание отмечается после 20 лет.

Эдафические условия местопроизрастания хвойных культур оказывают заметное влияние на рост и их современное состояние (рисунок 1)

Так, на мощных (6-8 м) влагоемких (слоистых) песках Терско-Кумского междуречья древостой сосны обыкновенной до 25-30 лет, а сосны крымской до 30-35 лет растут по I-II классу бонитета, имеют высокую охвоенность и некоторые различия в их развитии обусловлены главным образом воздействием случайных факторов (повреждения рубками, потравы скотом, огрехи в агротехнике и т.д.). Однако в культурах сосны обыкновенной с 15-20 лет и сосны крымской 25-30 лет наблюдается резкое снижение прироста в высоту и усиливается процесс отпада деревьев, а междурядья их постепенно зарастают степными травами, в связи с тем, что к этому времени истощаются буферные запасы грунтовой влаги и насаждения переходят на питание осадками текущего периода, и это время преимущество в росте и развитии в них переходит к сосне крымской.

Ее культуры дольше сохраняют повышенную густоту и сомкнутость лесного полога и к 40 годам по производительности, сосна крымская (130-260 м³) более чем вдвое обгоняет уже сосну обыкновенную (60-110 м³).

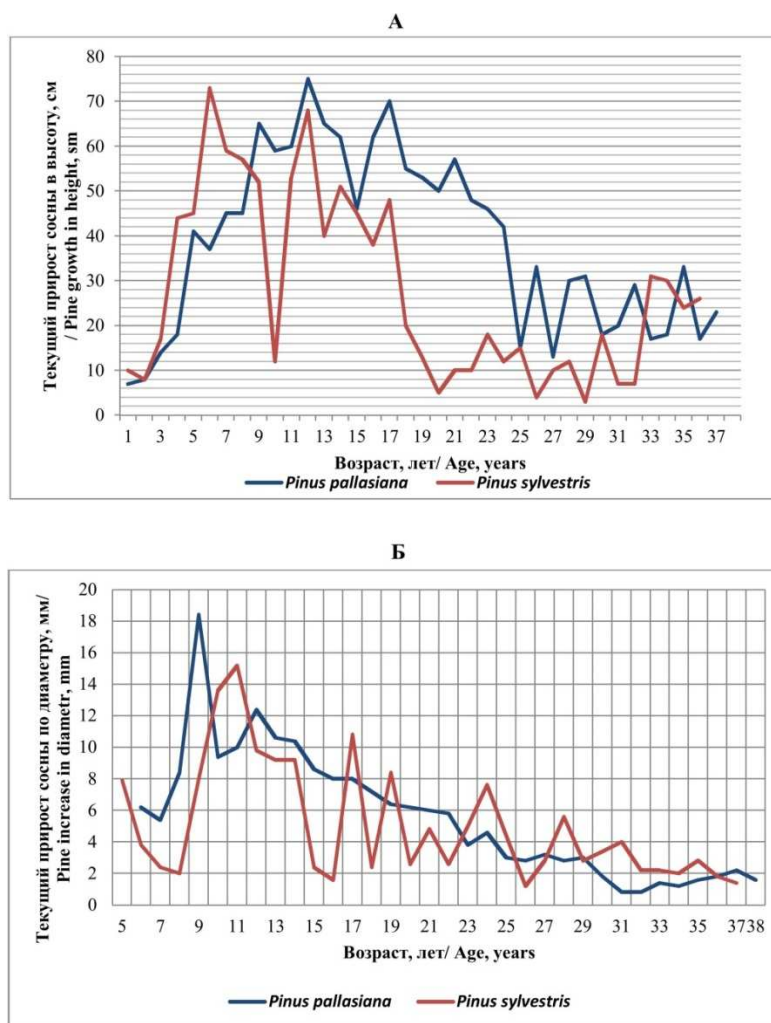


Рисунок1 –Текущий прирост в высоту (А) и по диаметру (Б) сосны на мощных отложениях песков Бажиганского массива

Figure 1 – The current growth in height (A) and diameter (B) of pine on the powerful deposits of the Bazhigan massif

На глубоководных песках междуречья до 10 лет, рост сосны крымской в высоту несколько ускоряется с повышением уровня ГВ с 8 до 6 м и расширением междурядий с 3 до 4 м, т.е. с увеличением доступности верховодки и расширением площади питания деревьев. Изменение содержания глины в верхнем трёхметровом слое в диапазоне 5-15 % заметного влияния на него не оказывает, но как показывают исследования, уровень ГВ ближе 3,5 м создает угнетающее воздействие на рост хвойных насаждений на Бажиганских песках, а уровень содержания глины и площадь питания здесь не имеют значения [6].

На Терско-Кумских песках показатели роста и состояния культур сосны имеют многофакторную зависимость от гумусности песков, уровня доступности ГВ, почвенной влаги и соблюдения агротехники ухода за ними.

В связи с тем, что лесорастительные условия песчаных земель региона широко варьируют, отсюда возникает необходимость тщательного подбора лесопригодных экотопов (участков), с учетом динамичности атмосферного увлажнения, уровня и минерализации ГВ, а также структуры и минерального состава рыхлых отложений.

В Ачикулакской НИЛОС накоплен многолетний опыт культивирования сосны, который показывает высокую степень засухоустойчивости, толерантности к почвенно-грунтовым условиям, мелиоративную функциональность и долговечность в создаваемых мелиоративных насаждениях, тем не менее культура сосны в аридном регионе Восточного Предкавказья за более чем вековой опыт лесомелиорации деградированных земель не получила столь широкого распространения в защитном лесоразведении, как многие лиственные породы (дуб, робиния, вяз, тополь и др.).

Главная причина этого вероятнее всего кроется в отсутствии научно-обоснованной технологии выращивания посадочного материала хвойных культур в целях обеспечения необходимого объема лесомелиоративных работ и микрозональности благоприятных для их закладки экотопов песков.

Мелиоративное преимущество хвойных насаждений неоспоримо в круглогодичной охвоенности и защитной функциональности, в отличие от лиственных древостоев, имеющих лишь сезонный ветроломный период. В этой связи представляется весьма обоснованной перспектива внедрения лесомелиоративных проектов с участием сосны и можжевельника в фитомелиорации пастбищ, полей севооборота на песках и песчаных землях, а также в создании мелиоративно-кормовых насаждений с целью потравы хвои для регулирования ее возрастной нагрузки. По прогнозной оценке в соответствии с методикой Манаенкова А. С. [9] в Терско-Кумском междуречье, площадь лесопригодных земель для культивирования сосны составляет 20-25 тыс. га.

Выводы. Ачикулакской НИЛОС для целей лесомелиорации Терско-Кумских песков интродуцировано более сотни видов деревьев и кустарников, в т.ч. и некоторые хвойные породы (сосна крымская и обыкновенная, можжевельник виргинский и обыкновенный). Ею накоплен большой опыт их выращивания на песках Бажиганского и Терского массивов, где созданные в 70-80 годы прошлого века экспериментальные хвойные насаждения сохранились до наших дней в разных экотопах песков. Лесоводственная оценка их современного состояния в диапазоне возраста 30-65 лет по показателям экоустойчивости, защитной функциональности и продуктивности они не только не уступают, но даже по некоторым из них превосходят древостои лиственных пород, созданные на песках и песчаных землях региона.

Уникальный для междуречья столетий опыт выращивания культур можжевельника виргинского и обыкновенного требует проведения более углубленных биоэкологических исследований с целью научного обоснования перспективы внедрения в производство ценных хвойных культур в лесомелиоративное освоение Терско-Кумских песков.

Библиографический список

1. Манаенков А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны. 2-е издание переработанное и дополненное. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2018. 428 с.
2. Манаенков А. С., Сурхаев Г. А., Сурхаев И. Г. Особенности облесения песчаных земель Терско-Кумского междуречья культурами сосны // Лесное хозяйство. 2010. № 5. С. 36-38.
3. Манаенков А. С., Кулик А. К. Закрепление и облесение песков засушливой зоны. Волгоград, 2016. 55 с.
4. Манаенков А. С., Кулик А. К. Водно-минеральные особенности субстрата и засухоустойчивость древостоя сосны // Лесохозяйственная информация. 2017. № 2. С. 46-56.
5. Манаенков А. С., Сурхаев И. Г. Перспектива использования хвойных пород в лесомелиорации пастбищ Западного Прикаспия // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 3 (23). С. 126-130.
6. Опыт лесомелиорации экосистем песчаных массивов Терско-Кумского междуречья / Г. А. Сурхаев, И. Г. Сурхаев, К. Н. Кулик, Г. П. Стародубцева // Экосистемы. Экология и динамика. 2019. Т. 3. № 4. С. 5-23.
7. Петров В. И., Кулик А. К., Власенко М. В. Гидрохимический анализ заросших песков Бажиганского массива с глубоким и близким залеганием грунтовых вод // Аграрная Россия. 2018. № 9. С. 3-8.

8. Петров В. И., Кулик А. К., Власенко М. В. Гидрохимический анализ заросших песков Бажиганского массива с глубоким и близким залеганием грунтовых вод // Аграрная Россия. 2018. № 9. С. 3-8.

9. Сурхаев Г. А., Сурхаев И. Г., К. Н. Кулик, Стародубцева Г. П. Опыт лесомелиорации экосистем песчаных массивов Терско-Кумского междуречья // Экосистемы. Экология и динамика. 2019. Т. 3. № 4. С. 5-23.

10. Barzdajn W., Kowalkowski W., Chmura D. J. Variation in growth and survival among European provenances of *Pinus sylvestris* in a 30-year-old experiment // Dendrobiology. 2016. Vol. 75. P. 67-77.

11. *Juniperus communis* L. at the southern limit of its distribution in Eastern Polesie / O. Lukash, P. Buzunko, S. Kyriienko, A. Sliuta // Ecological Questions. 2017. Vol. 25. P. 41-49. <http://dx.doi.org/10.12775/EQ.2017.004>.

12. Variety of habitats associated with common Juniper (*Juniperus communis* L.) growing in Lithuania / R. Vilcinskas, V. Marozas, L. Jociene, E. Kupcinskiene // Biologija. 2016. Vol. 62. No 3. P. 169-179.

Conclusions. More than a hundred species of trees and shrubs, including some coniferous species (Crimean and common pine, Virginian and common juniper) were introduced to the Achikulak scientific agroforestry station for the purpose of forest reclamation of the Tersk-Kum Sands. It has accumulated a lot of experience in growing them on the Sands of the Bazhigansky and Tersk massifs, where experimental coniferous plantations created in the 70-80 years of the last century have been preserved to this day in various ecotopes of the Sands. Forestry assessment of their current state in the age range of 30-65 years in terms of environmental resistance, protective functionality and productivity is not only not inferior, but even in some of them surpass the stands of hardwoods created on the Sands and sandy lands of the region.

The unique long-term experience of growing Virginia and common juniper crops in Mesopotamia requires more in-depth bioecological research in order to scientifically substantiate the prospects for introducing valuable coniferous crops into the production of forest-reclamation development of the Tersk-Kum Sands.

Reference

1. Manaekov A. S. Forest reclamation of arid zone arenas. 2nd edition revised and expanded. Volgograd: VNIALMI, 2018. 428 p.

2. Manaekov A. S., Surkhaev G. A., Surkhaev I. G. Features of the sandy lands afforestation of the Terek-Kuma interfluvial cultures pine // Forestry. 2010. No 5. P. 36-38.

3. Manaekov A. S., Kulik A. K. Fixation and afforestation of Sands of the arid zone. Volgograd, 2016. 55 p.

4. Manaekov A. S., Kulik A. K. Water-mineral features of the substrate and drought resistance of pine stands // Forestry information. 2017. No 2. P. 46-56.

5. Manaekov A. S., Surkhaev I. G. Prospects for the use of coniferous species in forest reclamation of pastures in the Western Caspian sea // Bulletin of the Stavropol agro-industrial complex. 2016. No 3(23). P. 126-130.

6. Experience of forest reclamation of ecosystems of sandy massifs of the Tersk-Kum interfluvial / G. A. Surkhaev, I. G. Surkhaev, K. N. Kulik, G. P. Starodubtseva // Ecosystems. Ecology and dynamics. 2019. Vol. 3. No. 4. P. 5-23.

7. Petrov V. I., Kulik A. K., Vlasenko M. V. Hydrochemical analysis of the overgrown Sands Bazhigansky array of deep and close bedding of groundwater // Agrarian Russia. 2018. No 9. P. 3-8.

8. Petrov V. I., Kulik A. K., Vlasenko M. V. Hydrochemical analysis of the overgrown Sands Bazhigansky array of deep and close bedding of groundwater // Agrarian Russia. 2018. No 9. P. 3-8.

9. Surkhaev G. A., Surkhaev I. G., Kulik K. N., Starodubtseva G. P. Experience of forest reclamation of ecosystems of sandy massifs of the Tersk-Kum interfluvial // Ecosystems. Ecology and dynamics. 2019. Vol. 3. No. 4. P. 5-23.

10. Barzdajn W., Kowalkowski W., Chmura D. J. Variation in growth and survival among European provenances of *Pinus sylvestris* in a 30-year-old experiment // Dendrobiology. 2016. Vol. 75. P. 67-77.

11. *Juniperus communis* L. at the southern limit of its distribution in Eastern Polesie / O. Lukash, P. Buzunko, S. Kyriienko, A. Sliuta // *Ecological Questions*. 2017. Vol. 25. P. 41-49. <http://dx.doi.org/10.12775/EQ.2017.004>.

12. Variety of habitats associated with common Juniper (*Juniperus communis* L.) growing in Lithuania / R. Vilcinskas, V. Marozas, L. Jociene, E. Kupcinskiene // *Biologija*. 2016. Vol. 62. No 3. P. 169-179.

Autors information

Surkhaev Islam Gasanovich, senior researcher North Caucasian branch of the Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 356890, Stavropol Krai, Neftekumsky city district, Achikulak, Proletarskaya street, 12) candidate of agricultural sciences, e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0336-3555>

Surkhaev Gasan Abdylkadirovich, leading researcher North Caucasian branch of the Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 356890, Stavropol Krai, Neftekumsky city district, Achikulak, Proletarskaya street, 12) candidate of agricultural sciences, e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6579-0918>

Rybashlykova Ludmila Petrovna, leading researcher of the laboratory of protective afforestation and phytomelioration of low-yielding lands of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), candidate of agricultural sciences tel. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: ludda4ka@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-6243>

Информация об авторах

Сурхаев Ислам Гасанович, старший научный сотрудник Северо-Кавказского филиала Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 356890, Ставропольский край, Невтекумский городской округ, село Ачикулак, Пролетарская улица, 12), e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0336-3555>

Сурхаев Гасан Абдулкадирович, ведущий научный сотрудник Северо-Кавказского филиала Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 356890, Ставропольский край, Невтекумский городской округ, село Ачикулак, Пролетарская улица, 12), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6579-0918>

Рыбашлыкова Людмила Петровна, ведущий научный сотрудник лаборатории защитного лесоразведения и фитомелиорации низкопродуктивных земель ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, Волгоград, проспект Университетский, 97) кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: ludda4ka@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-6243>

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-18

LONG-TERM FORECAST OF WEATHER CONDITIONS AS A TOOL OF PLANNING FOR STABLE GROWTH AND DEVELOPMENT OF PLANTS ON A PASTURE

S.Yu. Turko, K.Yu.Trubakova

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

Received 10.08.2020

Submitted 25.11.2020

Summary

The article lays the foundation for a new direction in forecasting weather conditions in order to reduce agricultural risks, in particular, in animal husbandry. The identified cyclicity was used as the basis for an analog forecast, which allows you to make a significant step in forecasting weather for the future.

Abstract

Introduction. The relevance of research is presented by the peculiarities of the relationship between the periods of rotation and the interaction of three celestial bodies (the Moon, the Earth and the Sun) and the weather on pastures in the arid zone of the Lower Volga region. The purpose of the study is to

develop a pasture management system, taking into account the weather conditions predicted for the future. **Object.** A new direction in forecasting weather conditions has begun, the arrays of meteorological data have been selected in order to reduce agricultural risks, in particular, in animal husbandry. **Materials and methods.** The materials from meteorological stations, literature sources and own observation results obtained at the hydrological complex of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Volgograd, north latitude 48.647655, east longitude 44.437225) were taken as a basis for making a long-term forecast of weather conditions for the future. **Results and conclusion.** The meaning of the research theory is that the periods of rotation of the main celestial bodies and their relative position never coincide (within a certain cycle). This assumption gives reason to believe that the formation of weather on Earth is cyclical and there are periods of repetition. As a result, it is possible to predict weather conditions for the near future. At the moment, the theory of long-term weather forecasting in agriculture has been little studied. Firstly, this is due to the large variability of atmospheric circulation. Secondly, because of the irrational use of natural resources. Thirdly, there are difficulties in accounting for factors influencing the atmosphere, including anthropogenic ones. Fourthly, because of the traditional approach. The weather conditions of the year are highly dependent on solar activity. The problem of forecasting weather conditions on pastures can be solved under the following conditions: creation of a special reference book of weather conditions (possibly electronic) for the previous cycle; development of a program for reading and using the information provided in the reference book. It is necessary to create a basis for calculating the phyto productivity of plant communities in the pasture. It is impossible to predict the weather on Earth, which has a probabilistic nature, using a single deterministic equation. An approach is needed based on a certain cyclical nature of processes and analogies of their origin. Despite the influence of anthropogenic activity on weather conditions, the main reason lies in the asynchronous movement of the three celestial bodies. The Moon, Earth and Sun have many positions that form a particular cycle. This most likely leads to a variety of weather conditions and affects the phyto productivity of pastures. The identified cyclicity was used as the basis for an analog forecast, which allows you to make a significant step in forecasting weather for the future.

Key words: *weather forecasting, meteorological conditions, celestial objects, rotation period, Earth, phyto productivity of plants, pastures.*

Citation. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Long-term forecast of weather conditions as a tool of planning for stable growth and development of plants on a pasture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 192-200 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-18.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in the collection of material, data analysis and writing the manuscript. The authors of the article reviewed and approved the submitted final version.

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

УДК 551.509

ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ПЛАНИРОВАНИЯ СТАБИЛЬНОГО РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ НА ПАСТБИЩЕ

С. Ю. Турко, кандидат сельскохозяйственных наук

К. Ю. Трубакова, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 10.08.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Актуальность обусловлена особенностями взаимосвязи между периодами вращения и взаимодействием трех небесных тел (Луны, Земли и Солнца) и погодой на пастбищах в аридной зоне Нижнего Поволжья. Цель исследования сводится к разработке системы управления пастбищным хозяйством с учетом метеоусловий, прогнозируемых на перспективу. **Объект.** Изучались

массивы метеоданных для начала нового направления в прогнозировании погодных условий, с целью снижения сельскохозяйственных рисков, в частности, в животноводстве. **Материалы и методы.** Были использованы материалы с метеорологических станций, литературных источников и собственных результатов наблюдений, полученных на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН (г. Волгоград с.ш. 48.647655, в.д. 44.437225) для составления долгосрочного прогноза погодных условий на перспективу. **Результаты и выводы.** Суть теории исследований в том, что периоды вращения главных небесных тел и их взаимное расположение никогда не совпадают (в рамках определенного цикла). Это предположение дает основание считать, что формирование погоды на Земле циклично и бывают периоды повтора. Следовательно, появляется возможность прогнозировать погодные условия на ближайшую перспективу. На данный момент теории прогнозирования погоды на долгосрочную перспективу в сельском хозяйстве уделяется мало внимания. Во-первых, это связано с большой вариабельностью циркуляции атмосферы. Во-вторых, из-за нерационального природопользования. В-третьих, существуют сложности в учете влияющих на атмосферу факторов, в том числе антропогенного. В-четвертых, из-за традиционности подходов. Отмечено, что погодные условия года сильно зависят от солнечной активности. Проблема прогноза погодных условий на пастбищах может быть решена при следующих условиях: создание специального справочника погодных условий (возможно, электронный) за предыдущий цикл; разработка программы по считыванию и использованию информации, предоставленной в справочнике. Кроме того, необходимо создать базу для расчета фитопродуктивности растительных сообществ на пастбище. Одним детерминированным уравнением осуществить прогноз погоды на Земле, имеющей вероятностную природу, невозможно. Необходим подход, основанный на определенной цикличности процессов и аналогий их происхождения. Несмотря на влияние антропогенной деятельности на погодные условия, главная причина кроется в несинхронности движения трех небесных тел. Множество положений Луны, Земли и Солнца формирует определенный цикл. Это, вероятнее всего, приводит к разнообразию погодных условий и влияет на фитопродуктивность пастбищ. Выявленная цикличность была положена в основу аналогового прогноза, который позволяет совершить значимый шаг в прогнозировании погоды на перспективу.

Ключевые слова: прогнозирование погоды, метеоусловия, небесные объекты, управление пастбищным хозяйством, фитопродуктивность пастбищ.

Цитирование. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Долгосрочный прогноз погодных условий как инструмент планирования стабильного роста и развития растений на пастбище. *Известия НВ АУК.* 2020. 4 (60). 192-200. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-18.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в сборе материала, анализе данных и написании рукописи. Авторы статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. С каждым годом на Земле растет число экстремальных погодных явлений, которые приносят огромные потери во всех сферах сельского хозяйства [1, 5]. Растет зависимость пастбищного животноводства от агроклиматических условий. Непредсказуемые погодные условия в начале вегетации или период активного роста растений могут нанести непоправимый ущерб пастбищному животноводству на несколько лет вперед. Составление прогноза погодных условий для нормального состояния и развития травостоя – один из малоизученных вопросов в системе управления пастбищным хозяйством. Он требует определенных расчетов и моделирования с учетом конкретных погодных условий, а именно годового хода осадков [8, 12]. Процесс организации производства пастбищного животноводства нужно рассматривать как сложную и многоуровневую проблему, которая на практике решается с помощью специализированных программных продуктов, поскольку факторы, определяющие циркуляцию атмосферы и погоду на Земле, нелинейны и неод-

нозначны [10]. В их развитии присутствует не только эффект биопродуктивности, но и эффект цикличности. Предположим, что все небесные тела, в том числе и Солнце, движутся по круговым орбитам, то этот феномен становится вполне объясним. Теоретические обоснования подтверждают сделанное предположение. В данной статье заложено начало нового направления в прогнозировании погодных условий с целью снижения сельскохозяйственных рисков, в частности в животноводстве.

Материалы и методы. Цель исследований лежит в нахождении связи между периодами вращения и взаимодействием трех небесных тел (Луны, Земли и Солнца) с погодой на пастбищах в аридной зоне Нижнего Поволжья, а также в разработке системы управления пастбищным хозяйством с учетом погодных условий, прогнозируемых на перспективу. Были использованы материалы метеорологических станций, данные литературных источников, собственные результаты наблюдений на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН (г. Волгоград с.ш. 48.647655, в.д. 44.437225) и интернет-ресурсы. Обработка материалов велась с помощью стандартных методов статистического анализа и авторских компьютерных программ [10]. При моделировании использовали подходы, принятые в работах [4, 6]. Относительно небесных тел и подходов к ним за основу брали работы [7, 9].

Результаты и обсуждение. В статье выдвинута теория взаимосвязи периодов вращения и взаимодействия Луны, Земли и Солнца с метеорологическими условиями на пастбищах аридной зоны Нижнего Поволжья. Суть ее заключается в следующем. Периоды вращения данных небесных тел и их взаимное расположение никогда не совпадают (в рамках определенного цикла). Это предположение дает основание считать, что формирование погоды на Земле циклично и бывают периоды повтора. Следовательно, появляется возможность прогнозировать погодные условия на ближайшую перспективу. Не стоит забывать и об антропогенном влиянии на климат, тем не менее основное воздействие оказывают циклы, в которых находятся небесные тела. В данной теории сосредоточена основная гипотеза работы.

На данный момент теории прогнозирования погоды на долгосрочную перспективу в сельском хозяйстве, в частности в пастбищном животноводстве, уделяется мало внимания по ряду причин. Во-первых, это связано с большой вариабельностью циркуляции атмосферы [13]. Во-вторых, из-за нерационального природопользования. В-третьих, существуют сложности в учете влияющих на атмосферу факторов, в том числе антропогенного. И наконец, традиционность подходов. Риски в связи с неопределенностью перспективы ведения сельскохозяйственной деятельности крайне велики. По мнению исследователей [10], один неурожайный год может выбить сельскохозяйственное производство из системы на несколько лет. Зарубежные исследователи неоднократно пытались расширить свои познания в этой проблеме. В работе [15] авторы пытаются разработать систему управления пастбищным хозяйством с учетом погодных условий, прогнозируемых на перспективу. В итоге она не была до конца доработана и относится лишь к территориям с гумидным климатом. В нашей стране изучением этой проблемы занимается ряд ученых [3]. Эти исследования распространяются на аридную зону, но несут больше прикладной характер, направленный на нахождение лучшего периода использования пастбищ в конкретных погодных условиях года. Лишь работа Гендлер Т. А. [2] раскрывает важность вопроса прогнозирования погоды. Отмечено, что погодные условия года очень зависят от солнечной активности [14]. Нужно понимать, что не солнечная активность влияет на погоду, а через что и каким образом это влияние происходит. Предположим, что главной причиной перемены погоды на пастбище является несоответствие периодов вращения трех небесных объектов – Луны, Земли и Солнца.

Известно, что Луна делает оборот вокруг Земли за 29,5 суток. Следовательно, за 12 месяцев (годовой оборот Земли) суммарно составит 354 суток. Таким образом, разница составляет 11 суток ($365-354=11$). Это означает, что в каждый момент Луна находится на новом месте, т.е. ее нутационный цикл будет иным. Допустим и то, что движение Солнца тоже возможно и происходит вокруг барицентра. Кроме того, на нем в связи со специфичностью термоядерных реакций активность излучения изменяется примерно с 11-ти летним циклом. Период вращения Солнца вокруг барицентра составляет около 132 земных оборота, т.е. первоначальное положение обозначенных небесных тел произойдет через 132 года. Таким образом, за один оборот Солнца вокруг барицентра, Земля совершит 132 оборота, а Луна 1584 оборота. Произведя несложный математический расчет, получим около 2882 варианта сочетания и взаимодействия указанных небесных тел, что, безусловно, должно сказаться на осадковом режиме Земли. Для подтверждения этой гипотезы было проведено определенное сравнение. Разбив предпологаемую орбиту Солнца на 12 частей (по аналогии разбиения орбиты Земли), провели сравнение его с осадковым периодом, выявив степень их совпадения (рисунок 1).

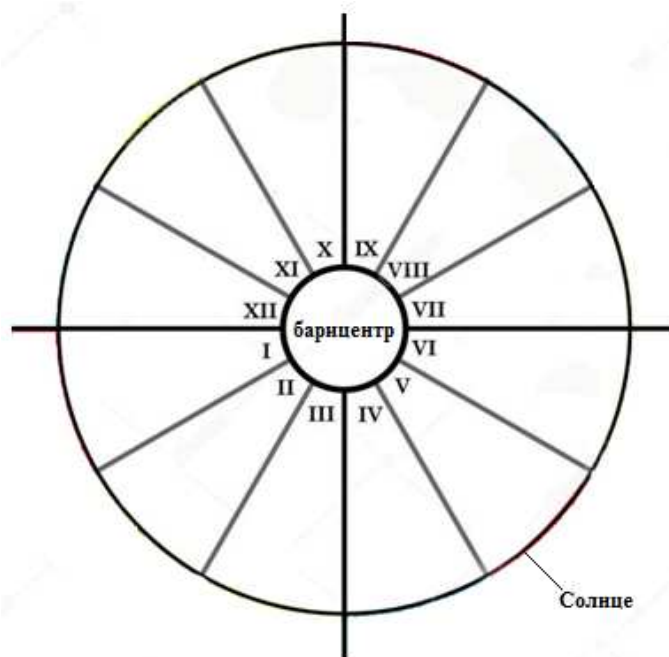


Рисунок 1 – Секторное деление плоскости орбиты Солнца:
I-XII – сектора выделенные на плоскости

Figure 1 – Sector division of the Sun's orbital plane:
I-XII - sectors marked on the plane

Как видно (рисунок 1), I – это начало большого цикла в осадковом периоде со слабой солнечной активностью и малым количеством осадков. Далее идет сектор II, он предшествует циклам, где солнечная активность проявляется очень сильно. Сектора III, IV, V – это сектора, где выпадает наибольшее количество осадков с ярко выраженной солнечной активностью. Сектор VI замыкает первый полуцикл осадкового периода. Здесь малое количество осадков со слабым влиянием солнечной активности на осадковый режим. Новый полуцикл осадкового тренда начинается с сектора VII и VIII. Они также характеризуются слабой солнечной активностью и осадковым режимом. Далее идут сектора IX, X, XI, здесь выпадает значительно больше осадков и более рельефно

выглядит роль солнечной активности. Нужно отметить, что сектора IX, X, XI занимают диаметрально противоположное положение по отношению к секторам III, IV, V, т.е. к тем секторам, где были отмечены повышенные показатели. Наконец, сектор XII – осадковый режим и солнечная активность снова понижаются. Из всего изложенного следует вывод, что секторальная и трендовые характеристики погоды объективно одинаковые, поэтому каждую из них можно закладывать в первоначальные прогнозы. Обоснована также цикличность осадкового периода.

Если принятая концепция верна, то цикличность погоды действительно может существовать. Антропогенное влияние на климат можно рассчитать через специальные коэффициенты. Не отрицаем, что могут существовать и другие более обширные циклы, связанные с процессами вращения Земли. Остановимся на описанных выше предположениях поподробнее. Проблема прогноза погодных условий на пастбищах окончательно может быть решена при следующих условиях:

1. Необходимо создать специальный справочник погодных условий (возможно электронный) за предыдущий цикл.

2. Разработать программу по считыванию и использованию информации, предоставленной в справочнике.

Кроме того, необходимо создать базу для расчета фитопродуктивности растительных сообществ на пастбище. В последнем варианте модели для расчета принят целый комплекс допущений:

1. Плотность светового потока, подходящего к верхней кромке растительного сообщества определяется лишь солнечной активностью.

2. Температура воздуха у растительного сообщества коррелирует с плотностью светового потока.

3. Коэффициент использования светового потока, в максимуме равен 2,5 %.

4. Калорийность растений за все время вегетационного периода – величина стабильная и равная 4500 ккал/кг [15].

Для корректировки $K_{\text{ф.р.м.}}$, с учетом места произрастания растений вводится коэффициент N_u . Данная зависимость для N_u – это первый гипотетический вариант, требующий доработки. Также необходимо раскрыть коэффициенты b_1 , b_2 , показатель степени «m» и провести соответствие с теорией условной вероятности. В представленной зависимости необходимо заменить значения варьирующих параметров (ΔT , ΔW , NPK) на эквивалентные показатели. Зависимость для их определения будет иметь вид:

$$\theta_{\text{экв}} = \frac{\theta_1 P_1 + \dots + \theta_n P_n}{P_1 + \dots + P_n}, \quad (1)$$

где $\theta_{\text{экв}}$ – эквивалентная величина соответствующего показателя; $\theta_1, \dots, \theta_n$ – величина анализируемого показателя в вегетационный период; $P_1, \dots, P_n$ – вес фактора в период вегетации растений.

Таким образом, расчет коэффициента N_u выглядит:

$$N_u = \left\{ b_1 \left[1 - \left(\frac{\Delta T_{\text{экв}}}{T_{\text{опт}}} \right)^2 \right] b_2 \left[1 - \left(\frac{\Delta W_{\text{экв}}}{W_{\text{опт}}} \right)^2 \right] \left[\frac{N_{\text{экв}}}{N_{\text{опт}}} \cdot \frac{P_{\text{экв}}}{P_{\text{опт}}} \cdot \frac{K_{\text{экв}}}{K_{\text{опт}}} \right]^m \right\}, \quad (2)$$

где $T_{\text{опт}}$ – оптимальная температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$; $T_{\text{экв}}$ – оптимальная температура воздуха в растительном покрове, $^{\circ}\text{C}$; $W_{\text{опт}}$ – оптимальные влагозапасы почвы, мм; $W_{\text{экв}}$ – оптимальные влагозапасы в почвенном слое 1 м, мм; $\Delta T_{\text{экв}}$ и $\Delta W_{\text{экв}}$ – разница между $T_{\text{опт}}$ и $T_{\text{экв}}$; $W_{\text{опт}}$ и $W_{\text{экв}}$; $N_{\text{экв}}$, $P_{\text{экв}}$, $K_{\text{экв}}$ – фактические значения питания; $N_{\text{опт}}$, $P_{\text{опт}}$, $K_{\text{опт}}$ – оптимальные значения питания; b_1 , b_2 – коэффициенты, которые зависят от температурного режима (вследствие дыхания растений) и режима осадков; m – показатель степени.

Получается, что в случае использования эквивалентных показателей зависимость оказывается в неявной форме. Коэффициенты b_1 , b_2 , и показатель степени « m » не раскрыты. Следовательно, требуются дополнительные научные исследования в данной области.

Что же касается справочника, он должен состоять из 6 томов. В каждом будет по 13200 ячеек (132 строки и 100 столбцов). В первом томе (SPRAV1) занесена температура воздуха за предыдущий цикл (100 суток по 132 годам). Во втором томе (SPRAV2) представлены данные по весенним запасам влаги (100 суток по 132 годам). В третьем (SPRAV3) приводят данные о содержании в почве азота (100 суток по 132 годам), в четвертом – то же самое по фосфору, в пятом – по калию. В шестом томе заносят количество выпадающих осадков. По сути, справочник примет аналоговую схему прогноза погодных условий, которая предполагает аналогичный алгоритм изменения погоды в предыдущем и последующем циклах. Есть предположение, что движения Луны, Земли и Солнца будут действовать на погоду одинаково. Продуктивность растений на пастбищах рассчитывается по формуле, приведенной в работе [10] с учетом значений N_u , полученных из зависимости и занесенных в справочник, который позволит посуточно следить за коэффициентом снижения $K_{\text{ф.р.м.}}$, учитывая место произрастания растений. Для разработки программы по считыванию информации необходимо построение блок-поточковой схемы с последовательной проводкой событий.

Световая нагрузка не входит в справочник, но внимание ей уделяется не меньшее. Этот показатель зависит от солнечной активности и ретрансляционной способности Луны в разные фазы своего развития. Безусловно, она оказывает влияние на погодные условия Земли, если не напрямую, то косвенно. В работе [8] описывается ее влияние на осадковый режим Земли, а значит, и на фитопроодуктивность растений, но это влияние на протяжении солнечно-земного цикла различно. Свой максимум воздействия она оказывает в определенный период лет этого цикла.

Выводы. Одним детерминированным уравнением осуществить прогноз погоды на Земле, имеющей вероятностную природу, невозможно. Необходим подход, основанный на определенной цикличности процессов и аналогий их происхождения. Несмотря на влияние антропогенной деятельности на погодные условия, главная причина кроется в несинхронности движения трех небесных тел. За один оборот Солнца, Земля совершит 132 оборота, а Луна – 1584 оборота. Множество положений Луны, Земли и Солнца формирует определенный цикл. Это, вероятнее всего, приводит к разнообразию погодных условий и соответственно влияет на фитопроодуктивность пастбищ. Выявленная цикличность была положена в основу аналогового прогноза, который позволяет совершить значимый шаг в прогнозировании погоды на перспективу.

Библиографический список

1. Бардин М. Ю., Булыгина О. Н., Платова Т. В. Экстремальность климата // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. С. 171-202.
2. Гендлер Т. А. Влияние засухи на продуктивность пастбищ и эффективность их фитомелиорации в равнинном Туркменистане: автореферат диссертации кандидата сельскохозяйственных наук. Волгоград, 2004. 24 с.
3. Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад / под ред. Р.С.-Х. Эдельгериева. М.: ООО «Издательство МБА», 2019. Т. 2. 476 с.
4. Катцов В. М., Школьник И. М., Ефимов С. В. Перспективные оценки изменений климата в Российских регионах: детализация в физическом и вероятностном пространствах // Метеорология и гидрология. 2017. № 7. С. 68-80.

5. Клочков А. В., Соломко О. Б., Клочкова О. С. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 101-105.

6. Оперативное и долгосрочное прогнозирование продуктивности посевов на основе массовых расчетов имитационной модели агроэкосистемы в геоинформационной среде (Обзор) / В. П. Якушев, В. В. Якушев, В. Л. Баденко, Д. А. Матвеев, Ю. В. Чесноков // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 3. С. 451-467.

7. Пашкевич В. В. Геодезическое (релятивистское) вращение тел солнечной системы // Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия. 2016. Т. 3. № 3. С. 506-516.

8. Причины распределения, особенности и прогноз выпадения осадков на территории Волгоградской области / С. Ю. Турко, В. В. Бородычев, М. В. Власенко, А. К. Кулик, Ю. И. Васильев // Известия НВ АУК. 2019. № 3 (55). С. 198-207.

9. Пушкин А. А., Римкевич В. С. Влияние планет солнечной системы на тектонические процессы на Земле // Инновационная наука. 2017. Т. 1. № 3. С. 287-290.

10. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. В.: ВНИАЛМИ, 2017. 333 с.

11. Урожайность сельскохозяйственных культур в условиях засухи степной зоны южного Урала / Н. А. Максютков, А. А. Зоров, В. Ю. Скороходов, Д. В. Митрофанов, Ю. В. Кафтан, Н. А. Зенкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 20-23.

12. Alexander L. V. Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond // Weather and Climate Extremes. 2016. Vol. 11. P. 4-16.

13. Interaction between convective cloud systems and the Earth's surface / S. Yu. Turko, M. V. Vlasenko, K. Yu. Trubakova, A. S. Khnyckin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 62002.

14. Okhlopov V. P. Cycles of solar activity and the configurations of planets // Moscow University Physics Bulletin. 2012. V. 67. № 4. P. 377-383.

15. Understanding, modeling and predicting weather and climate extremes: Challenges and opportunities / J. Sillmann, T. Thorarindottir, N. Keenlyside [et al.] // Weather and Climate Extremes. 2017. Vol. 18. P. 65-74.

Conclusions. It is impossible to predict the weather on Earth, which has a probabilistic nature, using a single deterministic equation. An approach is needed based on a certain cyclical nature of processes and analogies of their origin. Despite the influence of anthropogenic activity on weather conditions, the main reason lies in the asynchronous movement of the three celestial bodies. In one revolution of the Sun, the Earth will make 132 revolutions, and the Moon will make 1584 revolutions. The set of positions of the Moon, Earth and Sun forms the cycle that we have designated. This most likely leads to a variety of weather conditions and, accordingly, affects the phyto productivity of pastures. The identified cyclicity was used as the basis for an analog forecast, which allows you to make a significant step in forecasting weather for the future.

Reference

1. Bardin M. Yu., Bulygina O. N., Platova T. V. Jekstremal'nost' klimata // Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii. M.: Rosgidromet, 2014. P. 171-202.

2. Gendler T. A. Vliyanie zasuhi na produktivnost' pastbish i jffektivnost' ih fitomelioracii v ravninnom Turkmenistane: avtoreferat dissertacii kandidata sel'skohozyajstvennyh nauk. Volgograd, 2004. 24 p.

3. Global'nyj klimat i pochvennyj pokrov Rossii: opustynivanie i degradaciya zemel', institucional'nye, infrastrukturnye, tehnologicheskie mery adaptacii (sel'skoe i lesnoe hozyajstvo): Nacion-al'nyj doklad / pod red. R. S. -- H. Jedel'gerieva. M.: ООО "Izdatel'stvo MBA", 2019. Vol. 2. 476 p.

4. Katcov V. M., Shkol'nik I. M., Efimov S. V. Perspektivnye ocenki izmenenij klimata v Rossijskikh regionah: detalizaciya v fizicheskom i veroyatnostnom prostranstvakh // Meteorologiya i gidrologiya. 2017. № 7. P. 68-80.
5. Klochkov A. V., Solomko O. B., Klochkova O. S. Vliyanie pogodnyh uslovij na urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2019. № 2. P. 101-105.
6. Operativnoe i dolgosrochnoe prognozirovanie produktivnosti posevov na osnove massovyh raschetov imitacionnoj modeli agrojekosistemy v geoinformacionnoj srede (Obzor) / V. P. Yakushev, V. V. Yakushev, V. L. Badenko, D. A. Matveenkov, Yu. V. Chesnokov // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2020. T. 55. № 3. P. 451-467.
7. Pashkevich V. V. Geodezicheskoe (relyativistskoe) vraschenie tel solnechnoj sistemy // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Matematika. Mehanika. Astronomiya. 2016. T. 3. № 3. P. 506-516.
8. Prichiny raspredeleniya, osobennosti i prognoz vypadeniya osadkov na territorii volgogradskoj oblasti / S. Yu. Turko, V. V. Borodychev, M. V. Vlasenko, A. K. Kulik, Yu. I. Vasil'ev // Izvestiya NV AUK. 2019. № 3 (55). P. 198-207.
9. Pushkin A. A., Rimkevich V. S. Vliyanie planet solnechnoj sistemy na tektonicheskie processy na Zemle // Innovacionnaya nauka. 2017. T. 1. № 3. P. 287-290.
10. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasil'ev Yu. I. Pogoda i klimat Volgogradskoj oblasti. V.: VNIALMI, 2017. 333 p.
11. Urozhajnost' sel'skohozyajstvennyh kul'tur v usloviyah zasuhi stepnoj zony yuzhnogo Urala / N. A. Maksyutov, A. A. Zorov, V. Yu. Skorohodov, D. V. Mitrofanov, Yu. V. Kaftan, N. A. Zenkova // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019. № 5 (79). P. 20-23.
12. Alexander L. V. Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond // Weather and Climate Extremes. 2016. Vol. 11. P. 4-16.
13. Interaction between convective cloud systems and the Earth's surface / S. Yu. Turko, M. V. Vlasenko, K. Yu. Trubakova, A. S. Khnyckin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 62002.
14. Okhlopov V. P. Cycles of solar activity and the configurations of planets // Moscow University Physics Bulletin. 2012. V. 67. № 4. P. 377-383.
15. Understanding, modeling and predicting weather and climate extremes: Challenges and opportunities / J. Sillmann, T. Thorarindottir, N. Keenlyside [et al.] // Weather and Climate Extremes. 2017. Vol. 18. P. 65-74.

Authors Information

Turko Svetlana Yuryevna, researcher of the laboratory of forest reclamation and forestry problems of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), candidate of agricultural sciences tel. 89610643117, e-mail: turkosvetlana73@mail.ru

Trubakova Karine Yuryevna, junior researcher of the laboratory of molecular selection of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), tel. 89275375992, e-mail: trubakova.karine@mail.ru

Информация об авторах

Турко Светлана Юрьевна, научный сотрудник лаборатории лесной мелиорации и лесохозяйственных проблем ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат с.-х. наук, тел. 89610643117. E-mail: turkosvetlana73@mail.ru **ORCID:** orcid.org/0000-0002-2546-4755 **Web of Science Researcher ID:** W-4139-2018

РИНЦ: SPIN-код: 1085-5263, AuthorID: 185088.

Трубакова Каринэ Юрьевна младший научный сотрудник лаборатории молекулярной селекции ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат с.-х. наук, тел. 89275375992. E-mail: trubakova.karine@mail.ru. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0002-0528-3367 **Web of Science Researcher ID:** W-3961-2018 **РИНЦ:** SPIN-код: 4517-0563, AuthorID: 934885.

TYPES OF FOREST RECLAMATION AND THEIR INFLUENCE ON THE STATE OF PASTURE PHYTOCENOSSES IN THE EASTERN CAUCASUS

S.N. Sivceva¹, T. F. Mahovikova¹, L.P. Rybashlykova²

¹North Caucasian branch of the Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Stavropol

² Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Volgograd

Received 21.08.2020

Submitted 24.11.2020

The work was carried out on the topic of State task No. 0713-2019-0002 " to Develop scientific bases, new methods, models and technologies for effective forest-reclamation development and multi-purpose use of low-productive and degraded lands of the arid zone of the Russian Federation

Summary

The article presents the results of a monitoring study of pasture and forest pasture vegetation. Data on the species and quantitative composition of woodlands with different structural densities of tree tiers are presented. The estimation of grassy vegetation in lanes, wings and in inter-lane spaces is given. The phytomass of herbaceous vegetation in the spring-summer and autumn periods is determined. The structure and seasonal dynamics of the feed mass were studied according to the variants of the experiment in broad-band, narrow-band, sparse plantations (savanna type) and in the open steppe area.

Abstract

Introduction. Processes of desertification and degradation occur due to adverse climatic conditions, as well as irrational human economic activity in arid ecosystems. Seems relevant to study the effect of forest melioration of various types of wood tiers to increase in species composition native species and increasing feed capacity degraded land in order to create an optimal model of phytomeliorative pastures with perennial grasses. **Object.** Pastures with forest stands with different structural density of tree tiers. **Materials and methods.** To achieve this goal, a set of methods was used, including field experiments and taxation measurements. For the study of forest plots, trial areas of 25x25 m² were laid. To study the qualitative and quantitative composition of pasture grass, 8 isolated sites were laid. Phytomass of plants was determined on the sites of 1 m² in 10 - fold repetition, the number of plants and species composition were Determined. The dry mass was determined by drying the samples to an air-dry state. The Botanical composition of grasses was determined by the main mass-forming species (5-7 or more), the name of the Association, the share of different types of grasses in different categories of forest pastures were indicated. **Results and conclusion.** Studies have shown that in pastures and woodlands with different structural densities of tree tiers, forage plants have a low yield of 0.4-0.6 t / ha of dry food mass, especially in dry years. In spring, the largest percentage of 80-90% is occupied by grasses, ephemera and ephemerooids. Fords, if earlier accounted for 40-45%, then over the past 2 years only 5-10%, ephemera make up 50-60%, bluegrass 30-40%. During the summer period is dominated by perennials (*Cynodon dactylon*, *Glycyrrhiza glabra*, *Alhagi*, *Stipa capillata*).

Key words: degraded land, types of tree tiers, pastures of the Eastern Caucasus, phytomass, feed capacity.

Citation: Sivceva S.N., Mahovikova T. F., Rybashlykova L.P. Types of forest reclamation and their influence on the state of pasture phytocenoses in the Eastern Caucasus *Proc. of the Lower Volga agro-university comp.* 2020. 4(60) 201-210 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-19.

Author's contribution. S.N. Sivceva, T. F. Mahovikova collected the material, processed and analyzed data, wrote an article. L.P. Rybashlykova systematized and analyzed the data, reviewed literature on the problem under study, corrected the manuscript prior to submission to the editor. All authors are responsible for avoiding the plagiarism and self-plagiarism.

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

УДК 633.2.03:630*915

ТИПЫ ЛЕСНОЙ МЕЛИОРАЦИИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОСТОЯНИЕ ПАСТБИЩНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В ВОСТОЧНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ

С. Н. Сивцева¹, научный сотрудник

Т. Ф. Маховикова¹, научный сотрудник

Л. П. Рыбашлыкова², кандидат сельскохозяйственных наук

¹Северо-Кавказский филиал Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, Ставропольский край, с. Ачикулак

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

Дата поступления в редакцию 21.08.2020

Дата принятия к печати 24.11.2020

Работа выполнена по теме Государственного задания № 0713-2019-0002 «Разработать научные основы, новые методы, модели и технологии эффективного лесомелиоративного освоения и многоцелевого использования низкопродуктивных и деградированных земель засушливой зоны Российской Федерации»

Актуальность. В статье приведены результаты мониторингового исследования пастбищной и лесопастбищной растительности. Представлены данные по видовому и количественному составу на лесопастбищных угодьях с разной конструкционной плотностью размещения древесных ярусов. Дана оценка травянистой растительности в полосах, кулисах и в межполосных пространствах. Определена фитомасса травянистой растительности в весенне-летний и осенний периоды. Изучена структура и сезонная динамика кормовой массы по вариантам опыта в широкополосных, узкополосных, изреженных насаждениях (саванного типа) и на открытом степном участке. Процессы опустынивания и деградации происходят из-за неблагоприятных климатических условий, а также нерациональной хозяйственной деятельности человека в условиях аридных экосистем. Представляется актуальным изучение эффективности влияния лесной мелиорации разных типов древесных ярусов на увеличение видового состава аборигенных видов и на повышение кормоемкости деградированных угодий в целях создания оптимальной модели фитомелиорации пастбищ с посевом многолетних трав. **Объект.** Пастбища с лесонасаждениями разной конструкционной плотностью размещения древесных ярусов. **Материалы и методы.** Для решения поставленной цели использовался комплекс методов, включающий полевые опыты и таксационные измерения. Для исследования лесных участков закладывались пробные площади размером 25х25 м². Для изучения качественного и количественного состава пастбищного травостоя закладывались 8 изолированных площадок. Фитомассу растений определяли на учетных площадках 1 м² в 3-кратной повторности. Определяли количество растений, видовой состав. Сухую массу определяли путем высушивания образцов до воздушно-сухого состояния. Ботанический состав трав определяли по основным массообразующим видам (5-7 и более), указывали название ассоциации, доленое участие различных видов трав на разных категориях лесопастбищ. **Результаты и выводы.** Исследования показали, что на пастбищах и лесопастбищных угодьях с разной конструкционной плотностью размещения древесных ярусов кормовые растения имеют низкую урожайность – 0,4-0,6 т/га сухой поедаемой массы, особенно в засушливые годы. Весной наибольший процент – 80-90 % – занимают злаковые травы, эфемеры и эфемероиды. На разнотравье если раньше приходилось 40-45 %, то за последние 2 года – всего 5-10 %, эфемеры составляют 50-60 %, мятлик – 30-40 %. В летний период преобладают многолетники (*Cynodon dactylon*, *Glycyrrhiza glabra*, *Alhagi pseudalhagi*, *Stipa capillata* и др.).

Ключевые слова: деградация пастбищ, пастбищные фитоценозы, лесопастбища, лесная мелиорация, кормоемкость пастбищ.

Цитирование: Сивцева С. Н., Маховикова Т. Ф., Рыбашлыкова Л. П. Типы лесной мелиорации и их влияние на состояние пастбищных фитоценозов в Восточном Предкавказье. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 201-210. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-19.

Авторский вклад: Сивцева С. Н., Маховикова Т. Ф. собрали материал, обработали и проанализировали данные, написали статью. Рыбашлыкова Л. П. систематизировала и анализировала полученные данные, провела обзор литературных источников, откорректировала рукопись до подачи в редакцию.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Деградация пастбищ является актуальной проблемой большинства территорий и охватывает около 1 млн км² [4, 11].

Пастбищные угодья, расположенные на песках Восточного Предкавказья, являются основным источником корма почти круглый год. Однако неурегулированный выпас и чрезмерная нагрузка скота приводят к сбою растительного покрова, травостой изреживается, из него выпадают ценные, хорошо поедаемые кормовые виды (*Kochia*, *Medicago*, *Elytrigia*, *Agropyron*, *Astragalus* и другие), в результате происходит нехватка подножного корма, страховых запасов и разрушение природных экосистем [7, 8].

При выпасе скота без учета кормоемкости пастбищных фитоценозов, сезонности и биологических особенностей кормовых трав пастбища постепенно деградируют, снижается кормовая продуктивность, усиливаются процессы дефляции и опустынивания. Среди приоритетных направлений с/х производства в Восточном Предкавказье является восстановление кормопроизводства как базы для успешного развития животноводческой отрасли [5]. Установлено, что применение только загонной системы пастбы дает возможность на одной и той же площади содержать на 20-30 % больше скота [4].

Мониторинговые исследования показывают, что на территориях региона увеличиваются площади деградированных земель в результате изменения климата и нерациональной деятельности человека [6]. Причиной неустойчивости естественных кормовых угодий является потеря ценных видов трав, нарушение баланса биоэкологических групп (кормовые, лекарственные, рудеральные, ядовитые), уменьшение биоразнообразия, кормовой массы. Все это приводит к полной деградации и создает угрозу для кормопроизводства, основу которого составляют пастбища, дающие дешевый корм [9, 10, 12].

Лесопастбища разного типа (кулисные, полосные, саванные) улучшают и защищают земли, повышая биологический потенциал прилегающих земель, под их защитой улучшается гидротермический режим, становится богаче и разнообразнее флора и фауна. Средняя урожайность кормовых культур под защитой лесных полос на 30-40 % выше, чем в открытой степи [2, 3].

Для рационального использования деградированных пастбищ необходимо шире применять фитомелиорацию с участием высокопродуктивных, долгосрочных многолетних трав [1].

В связи с этим цель исследований – изучить динамику продуктивности пастбищных экосистем с разными типами древесных ярусов и интенсивностью использования кормовых угодий для создания оптимальной модели фитомелиорации пастбищ.

Материалы и методы. Район исследования (Восточное Предкавказье) по природно-климатическим условиям относится к полупустынной зоне из-за небольшого количества осадков – 340 мм в год, большого испарения в летний период. Средняя температура воздуха летом +25 °С, максимальная +40+41 °С, скорость ветра 10-15 м/сек. К неблагоприятным погодным условиям относятся: засуха, суховеи, сильные ветры, пыльные бури, град.

Объекты исследования – природные пастбища с разными лесонасаждениями (широкополосные, узкополосные и изреженные (саванный тип)) из вяза приземистого.

Основу исследований составили полевые опыты и материалы биомониторинга. Для исследования лесных участков закладывались пробные площади размером 25х25 м². На пробной площади проводился сплошной пересчет деревьев с определением вы-

соты, диаметра стволов. Для изучения качественного и количественного состава пастбищного травостоя закладывались 8 изолированных площадок размером 4х4 м². Структуру фитоценоза деградированных пастбищ определяли по данным метровок (1 м²) в 3-кратной повторности, а частоту встречаемости растений – в процентах от общей фитомассы. Определяли количество растений, видовой состав. Сухую массу определяли путем высушивания образцов до воздушно-сухого состояния. Ботанический состав трав определяли по основным массообразующим видам (5-7 и более), указывали название ассоциации, доленое участие различных видов трав на разных категориях лесопастбищ. Научные исследования проводились по методике института кормов им. В. Р. Вильямса.

Результаты и обсуждение. По данным лесоводственного обследования широкополосные насаждения из вяза приземистого старовозрастные (30 лет). Ширина кулис – 50 м, средняя высота деревьев – 6,5 м, диаметр ствола – 8,3 см. Количество деревьев на гектаре – 500 штук. Мелиоративное состояние хорошее.

Узкополосные насаждения шириной 15 м из вяза приземистого старовозрастные (37 лет). Высота деревьев вяза – 11 м, диаметр ствола – 20 см. Количество деревьев на гектаре – 288 штук. Мелиоративное состояние удовлетворительное.

Изреженные насаждения (саванного типа) старовозрастные (22 года). Средняя высота деревьев – 8,9 м, диаметр ствола – 21,6 см. Мелиоративное состояние хорошее.

По результатам исследования пастбищных угодий отмечено, что засушливые климатические условия в течение вегетационного периода оказывают влияние на видовое разнообразие и на разобщенность растений. В весенний период по всем вариантам растительные сообщества представлены не одним, а несколькими видами. Редко встречались *Galium verum*, *Medicago minima*, *Elytrigia*, в виде единичных экземпляров *Medicago*, *Kochia*, *Achillea*, *Matricaria*, *Heliotropium*, а растения *Cynodon* разбросаны по территории большими куртинами. В состав кормовой массы входили: эфемеры, эфемероиды, злаки, – а такие растения, как *Artemisia lercheana*, *Glycyrrhiza glabra* в травостое стали встречаться редко. На открытом степном участке при интенсивном неурегулированном выпасе и на изолированных площадках распределение видов в пастбищном травостое имеет сходный характер, встречаются виды *Cynodon dactylon*, *Stipa capillata*, изредка виды *Artemisia*.

В летний период на открытом степном участке отмечено высокое постоянство 3 видов: *Cynodon dactylon*, *Stipa capillata*, *Alhagi pseudalhagi* в умеренных количествах *Artemisia*.

В результате проведенного биомониторинга получены данные об оценке растительности: так, в широкополосных насаждениях в межполосном пространстве распространены разнотравно-злаковые ассоциации, на изолированной площадке с древесным ярусом – разнотравные, без древесного яруса – злаково-разнотравные. В кулисах доминанты *Erodium cicutarium*, *Bromus secalinus*, в межполосном пространстве *Setaria pumila*, *Leontodon caucasicus*, *Medicago minima*, *Erodium cicutarium*.

В узкополосных и саванных насаждениях отмечены злаковые ассоциации с участием в травостое *Poa pratensis*, *Setaria pumila*, небольшое проективное покрытие и встречаемость в умеренных количествах имеют 3 вида: *Aegilops cylindrica*, *Bromus secalinus*, *Alhagi pseudalhagi*. В межкулисном пространстве узкополосных насаждений отмечены злаково-разнотравные ассоциации с доминантами видов – *Cynodon dactylon*, *Aegilops cylindrica*, *Artemisia annua*, *Alhagi pseudalhagi*, в умеренных количествах – *Stipa capillata*, *Calamagrostis epigeios*, *Thymus serpyllum*.

На степном открытом участке отмечены злаково-разнотравные ассоциации с участием: *Cynodon dactylon*, *Stipa capillata*, *Artemisia lercheana*, *Carduus uncinatus*. На изолированной площадке от выпаса доминировали *Cynodon dactylon*, *Phlomis pungens*, *Setaria pumila*. Весной в основной состав сообществ входили однолетние кормовые виды 90-98 % как с выпасом, так и без выпаса, а на лекарственные, рудеральные и ядовитые виды прихо-

дилось 1-3 % (на сильно-сбитых пастбищных угодьях ядовитые виды растений составляли 15-25 %). В осенний период на лесопастбищных участках по всем вариантам на долю кор-
мовых видов приходилось 70-90 %, ядовитых – 15-30 % (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение видов растений на разных типах лесной
мелиорации с различными режимами использования

Table 1 – Distribution of plant species on different types of forest reclamation
with different modes of use

Вариант опы- та / Experience option	Густота растений, шт./м ² / The density of plants, PCs/m ²					
	общая total			в том числе по видам plant species		
	весна / spring	лето / summer	осень / autumn	весна / spring	лето / summer	осень / autumn
1	2	3	4	5	6	7
широкополосные насаждения / broadband plantings						
в кулисах / coulisses	379	19	12	poa 82, bromus 67, alys- sum 12, erodium 197 stipa 6, leontodon 11, matricaria 4	Сухие злаки 19	Осенние злаки 6; эфемеры 4; taraxacum 2
между кули- сами / between coulisses	281	28	20	matricaria 15; leontodon 25 erodium 27; glycyrrhiza 10 bromus 186	glycyrrhiza 5; arte- misia 6; arhillea 5; alhagi 4	Осенние злаки 18; эфемеры 2
изолятор с древ.ярусом / insulator with wood tier	404	20	16	erodium 198; bromus 128; setaria 62; leontodon 10; matricaria 6	Сухие злаки 20	Эфемеры 10; осенние злаки 6
изолятор без древ. яруса / insulator with- out wooden tier	413	38	26	euphorbia 16; matricaria 20; erodium 98; alhagi 6; setaria 44; glycyrrhiza 1	bromus 10; glycyrr- hiza 3; erodium 8; euphorbia 5; heli- otropium 8; alhagi 4	Осенние злаки 8; эфемеры 8; erodium 7; heliotropium 3
узкополосные насаждения / narrow-band plantings						
в полосах под древ. ярусом / in strips under the tree tier	487	9	15	galium 86; poa 143; эфемеры 204; эфемероиды 150	poa 9	Эфемеры 10; эфемероиды 5
между поло- сами / between the rows of trees	170	31	21	poa 108; phlomoides 5; эфемероиды 38; alyssum 15; artemisia 4	salsola 8; artemisia annua 10; artemisia 6; alhagi 7	Осенние злаки 13; stipa 3; artemisia 5
изолятор с древ.ярусом / insulator with wood tier	579	8	19	galium 160; poa 143; эфе- меры 230; taraxacum 5; silaum 7; setaria 30	Сухие эфемеры 8	Осенние злаки 12; эфемеры 7
изолятор без древ.яруса / insulator with- out wooden tier	339	32	26	silaum 14; poa 135; setaria 100; эфемеры 80; taraxa- cum 10	cynodon 10; thymus serpyllum 10; cen- taurea 12	Осенние злаки 19; эфемеры 7
изреженные насаждения (саванного типа) / sparse plantings (savanna type)						
без древ. яруса / without tree tier	168	40	36	calamagrostis 69; scorzon- era 94 matricaria 51; leon- todon 5; medicago 8; alys- sum 4; cynodon 4; эфемеры 6; setaria 10	carduus 4; euphorbia 2; cynodon 12; arte- misia 3; cala- magrostis 12; thy- mus serpyllum 3; erodium 3	calamagrostis 7; эфемеры 9; эфемероиды 12; artemisia 8

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
под древ.ярусом / under the tree tier	175	25	20	cynodon 75; leontodon 17; medicago 15; bromus 68	agropyron 10; bro- mus 15	Эфемеры 10; эфемероиды 3; erodium 3; galium 4
изолятор с древ.ярусом / isolation with wood tier	240	32	26	calamagrostis 60; scorzon- era 94 matricaria 51; leon- todon 5; alyssum 12; cyno- don 27; эфемеры 46; setaria 40	centaurea 12; cyno- don 10; thymus serpyllum 10	Осенние злаки 19; эфемеры 7
изолятор без древ.яруса / insulator with- out wooden tier	256	49	40	matricaria 70; calamagrostis 86; setaria 30; medicago 50	thymus serpyllum 8; cynodon 20; centau- rea 14; stipa 7	erodium 7; эфемеры 10; осенние злаки 23
степной открытый участок / open steppe area						
выпас / pasture	244	33	19	cynodon 100; stipa 7; arte- misia 44; phlomidoides 6; matricaria 7; galium 5; bromus 62; setaria 18	cynodon 22; stipa 4; artemisia 4; glycyrrhiza 3	Осенние злаки 5; cynodon 84 artemisia 3; stipa 3
изоляция / isolation	259	61	45	salvia 12; phlomidoides 7; matricaria 9; galium 8; cynodon 94; bromus 78; setaria 40; stipa 6; artemisia 5	cynodon 15; artemi- sia annua 164; glycyrrhiza 10; stipa 94; arhillea 6; erodi- um 5	artemisia 5; stipa 2; осен- ние злаки 32; cynodon 6; galium 3

Видовая насыщенность значительно богаче в весенний период на изолированных участках в узкополосных и широкополосных насаждениях.

В летний период на всех вариантах опыта флористическое богатство значительно уменьшается, под древесным ярусом преобладают сухие злаки (*Poa bulbosa*, *Bromus secalinus*). В межполосном пространстве густота травостоя выше и количество видов больше, таких как *Glycyrrhiza glabra*, *Artemisia lercheana*, *Achillea millefolium*, *Centaurea diffusa*, *Alhagi pseudalhagi*. На лесопастбище саванного типа, как с древесным ярусом, так и без древесного яруса, в составе пастбищного травостоя доминируют такие виды растений, как *Calamagrostis*, *Artemisia lercheana*, *Salsola tragus*, *Centaurea diffusa*, *Cynodon dactylon*, *Heliotropium*.

На открытом природном пастбище (контроль) и на изолированной площадке естественная растительность представлена многолетниками: *Cynodon dactylon*, *Artemisia lercheana*, *Stipa capillata*, *Glycyrrhiza glabra*.

В осенний период в составе кормовой массы отмечены: осенние злаки, эфемероиды, *Erodium cicutarium*, *Stipa capillata*, *Artemisia lercheana*, *Achillea millefolium*, *Galium humifusum*, *Calamagrostis*, *Cynodon dactylon*. Состояние угодий характеризуется как сильно-сбитое (таблица 2).

Наибольшая кормовая продуктивность пастбищного травостоя 1,14 -1,18 т/га получена в весенний период на лесопастбище в широкополосных насаждениях.

На варианте в межкулисом пространстве фитомасса составляла 0,18-0,19 т/га, что выше по сравнению с древесным ярусом. Фитомасса на варианте с узкополосными насаждениями под древесным ярусом ниже в 2 раза, чем в широкополосных насаждениях и составляла 0,55 т/га. Без древесного яруса кормовая продуктивность выше на 0,17 т/га. В саванных насаждениях под древесным ярусом и без древесного яруса фитомасса выше на 0,05-0,07 т/га по сравнению с узкополосными.

Таблица 2 – Сезонная динамика кормовой продуктивности на лесопастбищных угодьях разного типа в Восточном Предкавказье

Table 2 – Seasonal dynamics of forage productivity on different types of forest pastures in the Eastern Caucasus

Тип пастбищ Type of / pasture	Воздушно-сухая масса, т/га / Air-dry weight, t / ha								
	весна / spring		HCP ₀₅ / SSD ₀₅	лето / summer		HCP ₀₅ / SSD ₀₅	осень / autumn		HCP ₀₅ / SSD ₀₅
	общая / total	поедаемая / edible		общая / total	поедаемая / edible		общая / total	поедаемая / edible	
широкополосные насаждения / broadband plantings									
с древесным ярусом with a tree tier	1,14	1,14	0,04	0,06	0,06	0,25	0,58	0,42	0,07
без древесного яруса without tree tier	1,32	1,32		0,60	0,55		0,63	0,54	
узкополосные насаждения / narrow-band plantings									
с древесным ярусом with a tree tier	0,55	0,55	0,06	0,14	0,14	0,18	0,60	0,60	0,04
без древесного яруса without tree tier	0,72	0,66		0,66	0,66		0,76	0,76	
саванные насаждения / savanna type									
под древесным ярусом under the tree tier	0,62	0,60	0,15	0,28	0,28	0,12	0,50	0,50	0,06
без древесного яруса without tree tier	0,68	0,64		0,48	0,40		0,57	0,57	
степной участок / open steppe area									
выпас pasture	0,24	0,24	0,07	0,12	0,12	0,05	0,26	0,26	0,04
изоляция isolation	0,50	0,50		0,39	0,34		0,47	0,47	

На выпасаемом участке природного пастбища была получена самая низкая кормовая продуктивность 0,24 т/га по сравнению с лесопастбищем с широкополосными насаждениями на 0,8-1,18 т/га, с узкополосными на 0,31-0,48 т/га, на участках саванного типа урожайность выше на 0,38 - 0,44 т/га.

На открытом степном участке на изолированной площадке урожайность кормовой массы в 2 раза выше, чем на выпасаемом участке. Кормовая масса на всех вариантах была поедаемая, состоящая в основном из злаковых трав.

В летний период урожайность пастбищного травостоя резко снижается из-за сухой жаркой погоды, дефицита влаги в корнеобитаемом слое почвы. В результате широкополосные насаждения вяза под древесным ярусом имели очень низкую продуктивность – 0,06 т/га, представленную сухими злаками. В варианте без древесного яруса в травостое, кроме сухих злаков, встречались такие виды, как *Glycyrrhiza glabra*, *Erodium cicutarium*, *Alhagi pseudalhagi*, *Euphorbia virgata*, *Heliotropium*. Таким образом, фито-масса повысилась на 0,54 т/га по сравнению с древесным ярусом. В узкополосных насаждениях с древесным ярусом урожайность была выше на 0,14 т/га, а по сравнению с вариантом без древесного яруса была меньше на 0,52 т/га. В саванных насаждениях под древесным ярусом урожайность кормовой массы увеличилась на 0,14-0,22 т/га по сравнению с широкополосными и узкополосными, а на варианте с бездревесным ярусом увеличилась в 2 раза и составила 0,48 т/га.

В осенний период на лесопастбищном участке с широкополосными и узкополосными насаждениями на варианте с древесным ярусом урожайность увеличилась на 0,46-0,52 т/га по сравнению с летним периодом.

Выводы. Эдификаторами фитоценозов на пастбищных и лесопастбищных угодьях являются однолетние виды, которые постоянно присутствуют в пастбищном травостое (*Poa bulbosa*, *P. pratensis*, *Bromus secalinus*) на их долю приходится 60-70 %, а в летний период многолетние виды растений (*Stipa capillata*, *Glycyrrhiza glabra*, *Artemisia lercheana*, *Alhagi pseudalhagi*).

Среди эдификаторов преобладают кормовые виды (70-85 %). Лесопастбищные угодья отличаются от открытого степного участка видовым разнообразием в пастбищном травостое на 3-5 видов и увеличением кормовой продуктивности в 1,5-2 раза.

Кормовая продуктивность на лесопастбищных угодьях с широкополосными насаждениями в весенний период в 2 раза выше, чем в узкополосных и саваннах.

Восстановление утраченного растительного биоразнообразия и повышения кормовой продуктивности возможно при агролесомелиоративном участии, которое позволит создать длительно-функционирующие лесопастбищные экосистемы.

Библиографический список

1. Власенко М. В., Кулик А. К., Воронина В. П. Продуктивность и сезонная динамика накопления фитомассы на естественных и мелиорированных пастбищах Сарпинской низменности // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 2 (34). С. 83-88.
2. Манаенков А. С. Лесомелиорация арен засушливой зоны. 2-е издание переработанное и дополненное. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2018. 428 с.
3. Манаенков А. С., Кулик А. К. Закрепление и облесение песков Засушливой зоны. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2016. 55 с.
4. Мелиоративная эффективность кустарниковых кулис на аридных пастбищах юга России / Н. В. Тютюма, Г. К. Булахтина, А. В. Кудряшов, Н. И. Кудряшова // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. №1 (82). С. 62-68
5. Опыт лесомелиорации экосистем песчаных массивов Терско-Кумского междуречья / Г. А. Сурхаев, И. Г. Сурхаев, К. Н. Кулик, Г. П. Стародубцева // Экосистемы. Экология и динамика. 2019. Т. 3. № 4. С. 5-23.
6. Петров В. И., Кулик А. К., Власенко М. В. Природный потенциал песчаных земель Терско-Кумского междуречья // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1 (69). С. 6-11.
7. Туманян А. Ф., Тютюма Н. В., Булахтина Г. К. Влияние величины нагрузки животных на потенциал самовосстановления растительного покрова аридных пастбищ Северного Прикаспия // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2015. № 4 (25). С. 4-17.
8. Тютюма Н. В., Егорова Г. С., Булахтина Г. К. Прием биологической рекультивации деградированных естественных пастбищ в аридной зоне Северного Прикаспия Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. 96 с.
9. Monitoring the state and ecological ameliorative effect of tree and shrub coulisse and row plantings on pastures in the arid conditions of the northern Caspian / V. V. Lepesko [et al.] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 341.
10. Muratchaeva P. M. Monitoring of the condition of tree species in artificial plantings of the Terek-Kuma lowland // Arid Ecosystems. 2014. Vol. 4. P. 35-38.
11. On the 30th anniversary of the "general plan to combat desertification of black lands and kizlyar pastures" / K. N. Kulik [et al.] // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No 1. P. 5-12.
12. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Production Potential of Restored Pastures of the Northwestern Caspian // Arid Ecosystems. 2019. Vol. 9. No 1. P. 51-58.

Conclusions. Edificators of phytocenoses on pasture and forest pasture lands are annual species that are constantly present in pasture herbage (*Poa bulbosa*, *P. pratensis*, *Bromus secalinus*), they account for 60-70%, and in the summer, perennial plant species (*Stipa capil-*

lata, Glycyrrhiza glabra, Artemisia lercheana, Alhagi pseudalhagi). Among edifiers, forage species predominate (70-85%). Pasture lands differ from the open steppe area in species diversity in pasture grass by 3-5 species and an increase in feed productivity by 1.5-2 times. Forage productivity on woodlands with broad-band stands in the spring is 2 times higher than in narrow-band and savanna areas. Restoration of lost plant biodiversity and increase of feed productivity is possible with agroforestry participation, which will create long-functioning forest pasture ecosystems.

Reference

1. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Voronina V. P. Produktivnost' i sezonnaya dinamika nakopleniya fitomassy na estestvennyh i meliorirovannyh pastbishah Sarpinskoj nizmennosti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2014. № 2 (34). P. 83-88.
2. Manaenkov A. S. Lesomelioraciya aren zasushlivoj zony. 2-e izdanie pererabotannoe i dopolnennoe. Volgograd: VNIALMI, 2018. 428 p.
3. Manaenkov A. S., Kulik A. K. Zakreplenie i oblesenie peskov Zasushlivoj zony. Volgograd: VNIALMI, 2016. 55 p.
4. Meliorativnaya jeffektivnost' kustarnikovyh kulis na aridnyh pastbishah yuga Rossii / N. V. Tyutyuma, G. K. Bulahtina, A. V. Kudryashov, N. I. Kudryashova // Aridnye jkosistemy. 2020. Vol. 26. №1 (82). P. 62-68.
5. Opyt lesomelioracii jekosistem peschanyh massivov Tersko-Kumskogo mezhdurech'ya / G. A. Surhaev, I. G. Surhaev, K. N. Kulik, G. P. Starodubceva // Jekosistemy. Jekologiya i dinamika. 2019. Vol. 3. № 4. P. 5-23.
6. Petrov V. I., Kulik A. K., Vlasenko M. V. Prirodnyj potencial peschanyh zemel' Tersko-Kumskogo mezhdurech'ya // Puti povysheniya jffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2018. № 1 (69). P. 6-11.
7. Tumanyan A. F., Tyutyuma N. V., Bulahtina G. K. Vliyanie velichiny nagruzki zhivotnyh na potencial samovostanovleniya rastitel'nogo pokrova aridnyh pastbish Severnogo Prikaspiya // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. 2015. № 4 (25). P. 4-17.
8. Tyutyuma N. V., Egorova G. S., Bulahtina G. K. Priem biologicheskoy rekul'tivacii degradirovannyh estestvennyh pastbish v aridnoj zone Severnogo Prikaspiya Volgograd: FGBOU VO Volgogradskij GAU, 2017. 96 p.
10. Muratchaeva P. M. Monitoring of the condition of tree species in artificial plantings of the Terek-Kuma lowland // Arid Ecosystems. 2014. Vol. 4. P. 35-38.
11. On the 30th anniversary of the "general plan to combat desertification of black lands and kizlyar pastures" / K. N. Kulik [et al.] // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No 1. P. 5-12.
12. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Production Potential of Restored Pastures of the Northwestern Caspian // Arid Ecosystems. 2019. Vol. 9. No 1. P. 51-58.

Autors Information

Sivceva Svetlana Nikolaevna researcher North Caucasian branch of the Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 356890, Stavropol Krai, Neftekumsky city district, Achikulak, Proletarskaya street, 12), e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1068-2677>

Mahovikova Tatyana Fedorovna researcher North Caucasian branch of the Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 356890, Stavropol Krai, Neftekumsky city district, Achikulak, Proletarskaya street, 12), e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6316-6866>

Rybashlykova Ludmila Petrovna, leading researcher of the laboratory of protective afforestation and phytomelioration of low-yielding lands of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), candidate of agricultural sciences tel. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: ludda4ka@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-6243>

Информация об авторах

Сивцева Светлана Николаевна, научный сотрудник Северо-Кавказского филиала Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 356890, Ставропольский край, Нефтекумский городской округ, село Ачикулак, Пролетарская улица, 12), e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1068-2677>

Маховикова Татьяна Федоровна, научный сотрудник Северо-Кавказского филиала Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 356890, Ставропольский край, Нефтекумский городской округ, село Ачикулак, Пролетарская улица, 12), e-mail: achikylak356890@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6316-6866>

Рыбашлыкова Людмила Петровна, ведущий научный сотрудник лаборатории защитного лесоразведения и фитомелиорации низкопродуктивных земель ФНИЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, Волгоград, проспект Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: ludda4ka@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-6243>

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-20

SELECTION AND NEW VARIETIES OF PEAR FOR THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Fazliahmetov H. N., Zaripova V. M.,

*Bashkir Scientific Research Institute of Agriculture Federal State Budget Scientific Institution
«Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences»*

Received 05.08.2020

Submitted 25.11.2020

Abstract

Introduction. Pear is one of the popular fruit crops, which plays an important role in providing the population with fresh fruits and is valued for its stable yield and rich biochemical composition. Insufficient winter hardiness and a short period of consumption limit the spread of the culture, therefore, it becomes necessary to further improve it by creating new varieties. The purpose of our research is to create winter-hardy, mycoses-resistant, highly productive varieties with good taste and marketability, different ripening periods and a long period of fruit consumption, adapted to local agro-climatic conditions. **Objects and methods.** The object of the research is pear varieties of various origins. The research was carried out in the pear collection garden of the Kushnarenkovsky breeding center of the Bashkir Research Institute of Agriculture of the Federal State Budget Scientific Institution «Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences» in accordance with the «Program for the selection of fruit, berry and nut crops». When creating new varieties of pears, varieties of national selection and derivatives from the Ussuri pear were involved in crosses; in addition, hybridization between selected and elite seedlings of the selection of the Bashkir Research Institute of Agriculture, as well as new varieties of central Russia, was widely used. During hybridization, the varieties Pamyatnaya, Marsiyanka, Pamyat Parshina and Orlovskaya Letnaya were used as the paternal parent. In order to obtain highly winter-resistant forms in hybridization, we used A.M. Lukashova's varieties (Tyoma, Poly, Oly), derived from the Ussuri pear. As a result of crossing the varieties Poly Finlyandskaya yellow × pear Ussuriyskaya and Bergamot Letniy, four varieties were obtained, of which two were included in the State Register of Breeding Achievements, admitted for use - Bashkirskaya Letnaya and Bashkirskaya Osennaya. Later, new varieties of the leading breeding institutions of the country were involved in the breeding process as donors of high taste and commercial qualities: Severyanka, Osennaya Yakovleva, Lyubimitsa Yakovleva; Pamyatnaya, Pamyat Parshina, Orlovskaya Letnaya, Yeseninskaya, Botanicheskaya, Rusanovskaya; Chizhovskaya, Marsiyanka, Lada, Vidnaya, Velesa; Rossoshanskaya pozdnaya, Desertnaya Rossoshanskaya, Mramornaya; Belarusskaya pozdnaya. Local highly winter-resistant new varieties - Bashkirskaya Letnaya and Bashkirskaya Osennaya - were used as a parent. **Results and conclusions.** The article presents the main results of research on pear breeding in the Republic of Bashkortostan. In total, since 1951, breeders have created more than 10 new varieties and hybrids, of which 2 are undergoing state testing, 2 are included in the

State Register of Breeding Achievements and approved for use, 5 elite hybrids are being prepared for transfer to state variety testing. As a result of the research, it was revealed that the most valuable paternal varieties, judging by the yield of selected seedlings, were Pamyatnaya, Marsiyanka, Pamyat Parshina and Orlovskaya Letnaya. Using the aforementioned varieties, 794 pear seedlings bearing at least 3 - 5 years were studied in 23 families. In the offspring of pears of other varieties, there were fewer selected seedlings, and in the offspring of varieties Lada, Botanicheskaya. Vidnaya, Velesa has not selected a single selective seedling. With the use of the Belorusskaya pozdnyaya variety as a paternal parent, a new variety, Shatlyk, was submitted for state testing in 2013. In the same year, another pear variety, Pervushinskaya, was transferred for state testing. New elite hybrid seedlings are being prepared for state testing - No. 27-70 (Bashkirskaya Letnaya × Dessertnaya Rossoshchanskaya) early-summer ripening, No. 8-59 (Bashkirskaya Letnaya × Lyubimitsa Yakovleva) and No. 27-81 (Bashkirskaya Letnaya × Severyanka) summer term maturation, No. 1-9-64 and No. 1-11-33 of the late-summer ripening period (Bashkirskaya Letnaya × Commemorative). Thus, winter-hardy, high-yielding, scab-resistant varieties and a hybrid pear fund have been created, the use of which will significantly add to the existing assortment of this crop not only in the Republic of Bashkortostan, but also in the South Urals region. The most valuable varieties of pears were identified as the paternal parent during hybridization: Pamyatnaya, Marsiyanka, Pamyat Parshina and Orlovskaya Letnaya.

Keywords: pear, varieties, selection, seedlings, state test, state register.

Citation. Fazliahmetov H. N., Zaripova V. M. Breeding and new varieties of pear in the Republic of Bashkortostan. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 210-217 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-20.

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

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

УДК 634.13:631.527

СЕЛЕКЦИЯ И НОВЫЕ СОРТА ГРУШИ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Х. Н. Фазлиахметов, старший научный сотрудник
В. М. Зарипова, кандидат сельскохозяйственных наук

Башкирский НИИСХ ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН, г. Уфа

Дата поступления в редакцию 05.08.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Актуальность. Груша — одна из популярных плодовых культур, которая играет важную роль в обеспечении населения свежими плодами и ценится за стабильную урожайность и богатый биохимический состав. Недостаточная зимостойкость и короткий период потребления ограничивают распространение культуры, поэтому возникает необходимость дальнейшего ее совершенствования путём создания новых сортов. **Цель** наших исследований — создание зимостойких, устойчивых к микозам высокопродуктивных сортов с хорошими вкусовыми и товарными качествами, разных сроков созревания и продолжительным периодом потребления плодов, приспособленных к местным агроклиматическим условиям. **Объекты и методы исследования.** Объектом исследования являются сорта груши различного происхождения. Исследования проводились в коллекционном саду груши Кушнаренковского селекционного центра Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН в соответствии с «Программой и методикой селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур». При создании новых сортов груши в скрещиваниях вовлекали сорта народной селекции и производные от уссурийской груши, помимо этого, широко использовали гибридизацию между отборными и элитными сеянцами селекции Башкирского НИИСХ, а также новые сорта средней полосы России. При гибридизации в качестве отцовского родителя использовались сорта Памятная, Марсианка, Память Паршина и Орловская летняя. С целью получения высокозимостойких форм в гибридизации использовали сорта

А. М. Лукашова (Тёма, Поля, Оля), производные от уссурийской груши. В результате скрещивания сортов Поля (Финляндская желтая × груша уссурийская) и Бергамот летний были получены четыре сорта, из которых два - включены в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию - Башкирская летняя и Башкирская осенняя. В дальнейшем, в селекционный процесс были вовлечены новые сорта ведущих селекционных учреждений страны как доноры высоких вкусовых и товарных качеств: Северянка, Осенняя Яковлева, Любимица Яковлева; Памятная, Память Паршина, Орловская летняя, Есенинская, Ботаническая, Русановская; Чижевская, Марсианка, Лада, Видная, Велеса; Россошанская поздняя, Десертная росошанская, Мраморная; Белорусская поздняя. В качестве материнского родителя использовали местные высокостойкие новые сорта — Башкирская летняя и Башкирская осенняя. **Результаты исследования и выводы.** В статье приведены основные результаты исследований по селекции груши в Республике Башкортостан. Всего за период с 1951 г. селекционерами создано более 10 новых сортов и гибридов, из которых 2 проходят государственное испытание, 2 включены в Госреестр селекционных достижений и допущены к использованию, 5 элитных гибридов готовятся к передаче на государственное сортоиспытание. В результате исследований выявлено, что наиболее ценными отцовскими сортами, судя по выходу отборных семян, показали себя Памятная, Марсианка, Память Паршина и Орловская летняя. С использованием вышеперечисленных сортов изучено по 23 семьям 794 семени груши, плодоносивших не менее 3 - 5 лет. В потомстве груши других сортов отборных семян было меньше, а в потомстве сортов Лада, Ботаническая. Видная, Велеса не выделено ни одного отборного семени. С использованием в качестве отцовского родителя сорта Белорусская поздняя, передан на государственное испытание новый сорт — Шатлык в 2013 году. В том же году передан на госсортоиспытание ещё один сорт груши — Первушинская. Готовятся к передаче на государственное испытание новые элитные гибридные семена - № 27-70 (Башкирская летняя×Десертная Россошанская) раннелетнего срока созревания, № 8-59 (Башкирская летняя×Любимица Яковлева) и № 27-81 (Башкирская летняя×Северянка) летнего срока созревания, № 1-9-64 и № 1-11-33 поздно-летнего срока созревания (Башкирская летняя×Памятная). Таким образом, созданы зимостойкие, высокоурожайные, устойчивые к парше сорта и гибридный фонд груши, использование которых существенно пополнит имеющийся сортимент этой культуры не только в Республике Башкортостан, но и в регионе Южного Урала. Выделены наиболее ценные сорта груши в качестве отцовского родителя при гибридизации: Памятная, Марсианка, Память Паршина и Орловская летняя.

Ключевые слова: груша, сорта груши, селекция груши, семена груши, государственные сортоиспытания, Госреестр.

Цитирование: Фазлиахметов Х. Н., Зарипова В. М. Селекция и новые сорта груши для Республики Башкортостан. *Известия НВ АУК* 2020. 4(60). 210-217. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-20.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Груша — вторая по распространённости плодовая культура после яблони в садах Республики Башкортостан и занимает лишь 6-7 % от их площадей. Её плоды как ценный продукт употребляются как в свежем, так и в переработанном виде. Кроме пищевых целей они имеют ещё и терапевтическую ценность, поскольку содержат арбутины, которые в плодах других культур отсутствуют. По наличию хлорогеновых кислот, танинов, естественных антибиотиков груша превосходит все плодовые, что ставит ее в ряд ценных лекарственных растений [1, 2, 8].

В настоящее время селекционерами страны создано достаточно много сортов с разными сроками потребления и отличными вкусовыми качествами. Однако завезенные из других регионов сорта малоприспособлены для садов с суровыми природно-

климатическими условиями зоны, так как сорта, выведенные в средней полосе России, в основной массе недостаточно зимостойки, а сортообразцы из Сибири в нетипичных климатических условиях часто снижают вкусовые качества [3,4].

До 1965 года в районированном сортименте республики были два сорта А. М. Лукашова - Тема и Поля, высокозимостойкие, но посредственного вкуса и коротким периодом потребления. В настоящее время в стандартном сортименте по Уральскому региону находятся сорта: Северянка (ВНИИ генетики и селекции плодовых культур им. И. В. Мичурина), Декабринка, Краснобокая, Красуля, Ларинская, Сказочная, Повислая (Южно-Уральский НИИ плодовоовощеводства и картофелеводства), Лель (НИИС Сибири им. М. А. Лисавенко)[7,9]. Общим недостатком большинства из перечисленных сортов является удовлетворительный вкус и короткий период потребления. Сорт Северянка имеет хороший вкус, но мелкие плоды и недостаточную для климатических условий Башкортостана морозостойкость, что частично компенсируется высокой регенерационной способностью.

В связи с этим целью наших исследований явилось создание зимостойких, устойчивых к микозам высокопродуктивных сортов с хорошими вкусовыми и товарными качествами, разных сроков созревания и продолжительным периодом потребления плодов, приспособленных к местным агроклиматическим условиям.

Материала и методы. Исследования проводились в коллекционном саду груши Кушнаренковского селекционного центра Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН. Исследования осуществлялись в соответствии с «Программой и методикой селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [5, 6]. Селекционная работа по груше впервые в республике была начата в 1951 году селекционером Болотиной Р.И. в Башкирской плодово-ягодной опытной станции (ныне Кушнаренковский селекционный центр по плодово-ягодным культурам и винограду Башкирского НИИСХ УФИЦ РАН). Впоследствии эта работа была продолжена селекционерами Мансуровым Г. А., Фазлиахметовым Х. Н. и Деминой Т. Г.

Для выполнения поставленной задачи на разных этапах селекционного процесса в скрещивания вовлекали среднерусские и прибалтийские сорта, сорта и гибриды, производные от груши уссурийской. Широко использовали гибридизацию между отборными и элитными сеянцами селекции БНИИСХ, новые сорта средней полосы РФ. За время исследований выращено более 10 тысяч гибридных сеянцев.

Результаты и обсуждение. С целью получения высокозимостойких форм в гибридизации, использовали сорта А.М. Лукашова (Тема, Поля, Оля), производные от уссурийской груши. В результате скрещивания сортов Поля (Финляндская желтая х груша уссурийская) и Бергамот летний были получены четыре сорта, из которых два включены в государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию — Башкирская летняя и Башкирская осенняя.

В дальнейшем, в селекционный процесс были вовлечены новые сорта ведущих селекционных учреждений страны как доноры высоких вкусовых и товарных качеств: Северянка, Осенняя Яковлева, Любимица Яковлева (ВНИИ генетики и селекции плодовых культур); Памятная, Память Паршина, Орловская летняя, Есенинская, Ботаническая, Русановская (ВНИИ плодовых культур); Чижовская, Марсианка, Лада (МСХА им. К. А. Тимирязева), Видная, Велеса (ВСТИСП); Россошанская поздняя, Десертная россошанская, Мраморная (Россошанская плодово-ягодная опытная станция); Белорусская поздняя (Белорусский НИИ картофелеводства и плодовоовощеводства). В качестве второго родителя использовали местные высокозимостойкие новые сорта — Башкирская летняя и Башкирская осенняя. С использованием вышеперечисленных сортов изучено по 23 семьям 794 сеянца груши, плодоносивших не менее 3-5 лет.

Table 1 – Yield of selected pear seedlings depending on the paternal parent

Таблица 1 – Выход отборных сеянцев груши в зависимости от отцовского родителя

Отцовский сорт / Father's variety	Изучено сеянцев / The studied seedlings	Из них выделено / Selected from them			
		Отборных / select		в том числе сортов и элитных гибридов / including varieties and elite hybrids	
		Число/ number	%	Число/ number	%
Памятная / Memorable	75	15	20,0	1	4,0
Марсианка / Martian	140	24	17,1	0	0
Память Паршина / Memory Of Parshin	66	11	16,7	2	3,0
Орловская летняя / Oryol summer	18	2	11,1	0	0
Любимица Яковлева / Yakovlev's Favorite	24	2	8,3	1	4,2
Есенинская / Esenin	15	1	6,7	0	0
Мраморная / Marble	15	1	6,7	0	0
Русановская / Rusanovskaya	16	1	6,3	0	0
Осенняя Яковлева / Autumn Yakovleva	16	1	6,3	0	0
Десертная росошанская / Dessert rossoshanskaya	18	1	5,5	1	5,5
Белорусская поздняя / Belarusian late	19	1	5,2	1	5,2
Росошанская поздняя / Rossoshanskaya late	21	1	4,8	0	0
Северянка / Severyanka	153	6	3,9	1	0,6
Чижевская / Chizhovsky	62	2	3,2	0	0
Лада / Lada	79	0	0	0	0
Ботаническая / Botanical	24	0	0	0	0
Видная / Visible	18	0	0	0	0
Велеса / Velez	15	0	0	0	0

В таблице приведены данные по выходу отборных сеянцев и новых сортов в зависимости от отцовского родителя. Наиболее ценными отцовскими сортами, судя по выходу отборных сеянцев, показали себя Памятная, Марсианка, Память Паршина и Орловская летняя. В потомстве груши других сортов отборных сеянцев было меньше, а в потомстве сортов Лада, Ботаническая, Видная, Велеса не выделено ни одного отборного сеянца. С использованием в качестве отцовского родителя сорта Белорусская поздняя, передан на государственное испытание новый сорт — Шатлык в 2013 году. В том же году передан на государственное сортоиспытание ещё один сорт груши — Первушинская. Готовятся к передаче на государственное испытание новые элитные гибридные сеянцы - № 27-70 (Башкирская летняя×Десертная Росошанская) раннелетнего срока созревания, № 8-59 (Башкирская летняя×Любимица Яковлева) и № 27-81(Башкирская летняя×Северянка) летнего срока созревания, № 1-9-64 и № 1-11-33 поздно-летнего срока созревания (Башкирская летняя×Памятная).

Сорт Башкирская летняя. Получен от скрещивания (Поля × Бергамот летний) в 1951 году. Посев семян проведен в 1952 г. (авторы Болотина Р. И., Мансуров Г. А.). В Госреестр сорт включен в 1979 году по Уральскому и Волго-Вятскому регионам.

Дерево среднерослое с округло-пирамидальной, средней густоты кроной. Сорт зимостойкий, засухоустойчивый. Регенерационная способность высокая. После подмерзания в зиму 1968-69 гг. на 2,7-3,3 балла (когда температура воздуха понижалась до 42-45 °С) деревья восстановились за 3 года. Паршой не поражается. Вступает в плодо-

ношение на 6-й год, к 10-летнему возрасту средняя урожайность составляет 176 ц/га. Максимальный урожай 260 ц/га получен в Кушнарниковском селекционном центре Башкирского НИИСХ в 1997 году. Плодоношение ежегодное. Плоды средней массой 67 г, одномерные, бергамотообразные, гладкие, правильной формы. Основная окраска в момент съемной зрелости зеленовато-желтая, при потребительской зрелости светло-желтая, мякоть белая, средней плотности, нежная, мелкозернистая, сочная с пряностью. Характер вкуса — сладковато-кислый с ароматом. Сроки съема плодов — первая декада августа, сроки потребления — 10 дней после съема. В плодах содержится: сухих веществ — 16,4 %, сахаров — 8,1 %, титруемых кислот — 0,51 %, аскорбиновой кислоты — 5,3 мг/100 г.

Сорт Башкирская осенняя. Получен от скрещивания (Поля×Бергамот летний) в 1951 году. Посев семян проведен в 1952 году (авторы Болотина Р. И., Мансуров Г. А., Фазлиахметов Х. Н.). В Госреестр включен в 2001 году по Уральскому региону. Дерево средне-рослое, быстрорастущее, крона средней густоты, широко-пирамидальная. Сорт характеризуется высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью, поражения паршой листьев и плодов не наблюдалось. Средняя урожайность 118,5 ц/га, максимальная 176 ц/га получена в 1996 году на Башкирском ГСУ. Плоды средние 80-92 грамм, удлинено-грушевидные, гладкие правильной формы. Основная окраска в момент съемной зрелости желтовато-зеленая с размытым буровато-красным румянцем; в состоянии потребительской зрелости зеленовато-желтая, покровная по большей части плода размытая красная. Мякоть зеленоватая, средней плотности, нежная, мелкозернистая, сочная, кисло-сладкая со средним ароматом. Оценка вкуса 3,7 балла, внешнего вида — 4,5 балла. Созревает в 3 декаде августа, период потребления с 1 декады сентября до начала октября. В плодах содержится: сухих веществ — 20 %, сахаров — до 11,2 %, титруемых кислот — 0,52 %, аскорбиновой кислоты — до 7,4 мг/100 г.

Сорт Шатлык (Башкирская летняя х Белорусская поздняя) поздне-летний, получен от скрещивания в 1984 году. Посев семян проведен в 1985 г. (авторы Мансуров Г. А., Фазлиахметов Х. Н., Демина Т. Г.) Проходит государственное сортоиспытание с 2014 года. Рекомендуются для возделывания по Волго-Вятскому и Уральскому регионам. Дерево средне-рослое с округлой средней густоты кроной. Зимостойкость средняя, восстановительная способность и устойчивость к парше высокие. Средняя урожайность за 5 лет в возрасте 14 - 18 лет 153 ц/га, максимальный урожай — 230 ц/га — получен в Кушнарниковском селекционном центре Башкирского НИИСХ в 2009 г. Плоды крупные, средней массой 120 г (максимальная — 240 г), почти одномерные, широко-грушевидные, правильной формы. Основная окраска плода зеленая, покровная отсутствует. Мякоть белая, средней плотности, мелкозернистая, сочная, кисло-сладкого вкуса со слабым ароматом. Дегустационная оценка 4,1-4,3 балла. Календарные сроки созревания — вторая половина августа. Срок потребления 1 месяц. В холодильниках может храниться 2 месяца. В плодах содержится: сухих веществ — до 16,2 %, сахаров — 9,8 %, титруемых кислот — 0,51 %, аскорбиновой кислоты — 7,6 мг/100 г. Начало плодоношения на 5-й год.

Сорт Первушинская (сеянец неизвестных родителей) выявлен в с. Первушино Республики Башкортостан в 1994 г. (авторы Демина Т. Г., Фазлиахметов Х. Н., Краснопорова В. С.). Проходит государственное испытание с 2014 года. Рекомендуются для возделывания по Уральскому и Волго-Вятскому регионам РФ.

Дерево средне-рослое с густой округлой кроной. Зимостойкость и устойчивость к парше высокие. Средняя урожайность за 5 лет — 202 ц/га, максимальный урожай в Кушнарниковском селекционном центре — 375 ц/га — отмечен в 2009 году. Плоды сред-

ней массой 60 г, одномерные, бергамотообразные, гладкие, правильной формы. Основная окраска в момент съемной зрелости зеленая, покровная отсутствует, иногда появляется буроватый загар на солнечной стороне. Мякоть белая, средней плотности, мелкозернистая, очень сочная, кисло-сладким вкусом с пряностью, с резким ароматом. Сроки съема плодов 10-15 сентября, сроки потребления плодов – с 20 сентября по 10 ноября. В плодах содержится: сухих веществ – до 21,8 %, сахаров – до 12,4 %, титруемых кислот – 1,0 %, аскорбиновой кислоты – 4,32 мг/100 г, пектиновых веществ – 0,88 %.

Выводы. В результате многолетней селекционной работы в Башкирском НИИСХ созданы зимостойкие, высокоурожайные, устойчивые к парше сорта и гибридный фонд груши. Их использование существенно пополнит имеющийся сортимент этой культуры не только в Республике Башкортостан, но и в регионе Южного Урала. Выделены наиболее ценные сорта груши в качестве отцовского родителя при гибридизации: Памятная, Марсианка, Память Паршина и Орловская летняя.

Библиографический список

1. Березина Т. В., Савин Е. З. Особенности произрастания плодовых культур в лесостепной зоне Приуралья // Вестник Оренбургского государственного университета. 2014. № 1(162). С. 79-83.
2. Долматов Е. А., Седов Е. Н. Итоги 70-летней работы по селекции груши во ВНИИСПК // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 4. С. 36-41.
3. Семейкина В. М. Новые сорта груши селекции НИИСС // Садоводство и виноградарство. 2017. № 6. С. 19-23.
4. Тарасова Г. Н. Особенности фенологического развития груши на Среднем Урале // Плодоводство и ягодоводство. 2015. Т. 43. С. 206-208.
5. Тарасова Г. Н., Тележинский Д. Д. Новые сорта груши для Среднего Урала // Современное садоводство. 2018. № 3(27). С. 33-38.
6. Experience in preserving the genetic diversity of stone fruits using the border hedging technology / G. V. Eremin, N. F. Gasanova, V. G. Eremin, I. S. Chepinoga // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2019. No. 180(2). P. 7-11.
7. Kuzin A. I., Trunov Yu. V., Solovyev A. V. Effect of fertigation on yield and fruit quality of apple (*Malus domestica* Borkh.) in high – density orchardson on chernozems in Cenral Russua // Acta Horticulturae. 2018. 1217. P. 343-349.
8. Masny S. Occurrence of *Venturia inaequalis* races in Poland able to overcome specific apple scab resistance genes // European Journal of Plant Pathology. 2017. Vol. 147. № 2. P. 313-323.
9. Yushkov A. N., Borzykh N. V., Butenko A. I. Evaluation of resistance of horticultural plants to destabilizing effects based on analysis of leaf reflection spectra // Journal of Applied Spectroscopy. 2016. Vol. 83. Iss. 2. P. 302-306.

Conclusion. As a result of many years of breeding work in the Bashkir research Institute, winter-hardy, high-yielding, scab-resistant varieties and a hybrid Fund of pears were created. Their use will significantly add to the existing assortment of this culture not only in the Republic of Bashkortostan, but also in the region of the southern Urals. The most valuable varieties of pear as a paternal parent during hybridization are identified: Pamyatnaya, Marsianka, Pamyati Parshina and Orlovskaya letnyaya.

References

1. Berezina T. V., Savin E. Z. Features of growing fruit crops in the forest-steppe zone of the Urals // Bulletin of the Orenburg state University. 2014. No. 1(162). Pp. 79-83.
2. Dolmatov E. A., Sedov E. N. Results of 70-year work on pear breeding in VNIISPК // Bulletin of Russian agricultural science. 2019. № 4. Pp. 36-41.
3. Semeykina V. M. New varieties of pears of NIIS selection. Gardening and viticulture. 2017. No. 6. P. 19-23.
4. Tarasova G. N. Features of the phenological development of pears in the Middle Urals // Fruit and berry growing. 2015. Vol. 43. Pp. 206-208.

5. Tarasova G. N., Telezhinsky D. D. New varieties of pears for the Middle Urals // Modern gardening. 2018. No. 3(27). P. 33-38.

6. Experience in preserving the genetic diversity of stone fruits using the border hedging technology / G. V. Eremin, N. F. Gasanova, V. G. Eremin, I. S. Chepinoga // Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2019. No. 180(2). P. 7-11.

7. Kuzin A. I., Trunov Yu. V., Solovyev A. V. Effect of fertigation on yield and fruit quality of apple (*Malus domestica* Borkh.) in high – density orchardson on chernozems in Cenral Russua // Acta Horticulturae. 2018. 1217. P. 343-349.

8. Masny S. Occurrence of *Venturia inaequalis* races in Poland able to overcome specific apple scab resistance genes // European Journal of Plant Pathology. 2017. Vol. 147. № 2. P. 313-323.

9. Yushkov A. N., Borzykh N. V., Butenko A. I. Evaluation of resistance of horticultural plants to destabilizing effects based on analysis of leaf reflection spectra // Journal of Applied Spectroscopy. 2016. Vol. 83. Iss. 2. P. 302-306.

Информация об авторах

Фазлиахметов Харис Нигаматзянович, старший научный сотрудник Башкирский НИИСХ ФГБНУ УФИЦ РАН (450059, Башкортостан, г. Уфа, ул. Р. Зорге, 19), +7(34780)5-94-79, +79272342646, E-mail: Kush_oph@mail.ru

Зарипова Венера Мирхатовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Башкирский НИИСХ ФГБНУ УФИЦ РАН (450059, Башкортостан, г. Уфа, ул. Р. Зорге, 19), +7(34780)5-94-79, +79272342646, E-mail: Kush_oph@mail.ru

Authors Information

Fazliakhmetov Harris Nigamatzyanovich, senior research fellow Bashkir niiskh fgbnu OFITS RAS (450059 Bashkortostan Ufa, R. Sorge street,19), +7(34780)5-94-79, +79272342646, E-mail: Kush_oph@mail.ru

Zaripova Venera Mirkhatovna, senior researcher Bashkir research Institute of agricultural RESEARCH of the Russian Academy of Sciences (R. Sorge,19,450059 Bashkortostan, Ufa), Candidate of agricultural Sciences, +7(34780)5-94-79, +79272342646, E-mail: Kush_oph@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-21

COMPLEX WATER-SOLUBLE FERTILIZERS AND GROWTH REGULATORS AS A FACTOR OF INCREASING PRODUCTIVITY OF SWEET CORN IN THE LOWER VOLGA REGION

E.V.Yachmeneva, N.A. Zaitseva

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

Received 27.04.2020

Submitted 25.11.2020

Summary

This article presents the results of the study of the influence of leaf application of complex fertilizers and growth regulators on the development and formation of sweet corn yield under drip irrigation in soil and climatic conditions of the Lower Volga region. The experiment was laid down in the irrigated area of the Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. The aim of the research was to study the peculiarities of formation of sweet corn yield under the influence of complex water-soluble fertilizers and growth regulators in the Lower Volga region conditions. As a result of the study it was found that the studied substances have a different but positive effect on sweet corn plants by increasing the cob length, its diameter and rows numbers. The highest cob mass of the Union F1 hybrid was observed in the variant with Aminofol NPK leaf treatment - 290 g. The maximum yield increase (+12.1 t/ha) was found in the variety Lacomka Belogorya in the variant with Aminofol NPK treatment. On the average, for all hybrids and varieties, the greatest positive result in terms of yields (18.2-19.3 tons / ha) was achieved in the variants with the use of Aminovit and Immunocytophite preparations.

Abstract

Introduction. A high yield of sweet corn depends on the productivity of each plant. Yet the best results can only be obtained with an optimal nutrient supply of corn. The reactivity of sweet corn to modern complex water-soluble fertilizers in the unsustainable moisture zone requires careful and extensive study. With the application of complex fertilizers it is possible to obtain better conditions for plant nutrition in the initial period of their development and thereby have a significant positive impact on the entire following process of their growth and development and their use of nutrients to generate yield. **Object.** Factor A - hybrids of sugar corn Union F1, Trophy F1, Sovereign F1 and Lacomka variety of the White Sea. Factor B - complex water-soluble preparations (Aminovit, Aminofol NPK, SpeedfolKalmag, Gumat +7 iodine, Gumi -30, Gumat potassium BP 20%, Baikal EM-1, NIKFAN, Extrapol, Immunocytophite, Energy M, Ecogel). **Materials and methods.** In the Lower Volga region conditions the two-factor experiment on the experimental fields of the Precaspian Agrarian Scientific Center in 2018-2019, was laid down according to the common methods and recommendations. **Results and conclusions.** The observations and studies carried out in the experiments have revealed differences, but in many cases positive effects of complex preparations on the development and yield of hybrids and varieties of sweet corn. The cob length on almost all processed variants exceeded the control by 1-2 cm. The highest cob diameter was found on all samples treated with the humic acid treatment agent - Gumat+7 iodine (4.2-4.8 cm). The highest number of cob rows of Union F1 hybrid on the variants with treatments of Aminofol NPK and SpeedfolCalmag (20 rows). The highest cob mass in Union F1 with treatments of Aminofol NPK (290 g). The highest yield increase in the variety LacomkaBelogoria on the variant treated with complex mineral fertilizer Aminofol NPK, that exceeded the control by two times (by 12.1 t/ha). Aminovit and Immunocytophite products had a positive effect on all sugar corn samples and increased yield by 6.5-7.6 t/ha.

Key words: *sweet corn, hybrid, variety, water-soluble substances, productivity, yield elements, control additive, yield.*

Citation. Yachmeneva E.V., Zaytseva N.A. Complex water-soluble fertilizers and growth regulators as a factor of increasing productivity of sweet corn in the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 217-225 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-21.

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 633.15.631.8

КОМПЛЕКСНЫЕ ВОДОРАСТВОРИМЫЕ УДОБРЕНИЯ И РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ САХАРНОЙ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Е. В. Ячменева, младший научный сотрудник

Н. А. Зайцева, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 27.04.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Актуальность. Высокий урожай сахарной кукурузы зависит от производительности каждого растения. При этом наилучших результатов можно добиться лишь при оптимальном снабжении кукурузы питательными веществами. Отзывчивость сахарной кукурузы на применение современных комплексных водорастворимых удобрений в зоне неустойчивого увлажнения требует детального и всестороннего изучения. Применяя листовые подкормки комплексными препаратами, можно создать лучшие условия для питания растений в начальный период их развития и тем самым оказать значительное положительное влияние на весь последующий ход их роста и развития и использование ими питательных веществ на создание урожая. **Объ-**

ект. Фактор А – гибриды сахарной кукурузы Юнион F1, Трофи F1, Государь F1 и сорт Лакомка Белогорья. Фактор Б – комплексные водорастворимые препараты (Аминовит, Аминофол NPK, Спидфол калмаг, Гумат+7 йод, Гуми -30, Гумат калия ВР 20 %, Байкал ЭМ-1, НИКФАН, Экстрасол, Иммуноцитифит, Энергия М, Экогель). **Материалы и методы.** В условиях Нижнего Поволжья был заложен двухфакторный опыт на экспериментальных полях Прикаспийского аграрного научного центра в 2018-2019 годах, согласно общепринятым методикам и рекомендациям. **Результаты и выводы.** Проведенными в опытах наблюдениями и исследованиями было установлено неодинаковое, но во многих случаях положительное влияние комплексных препаратов на развитие и урожайность гибридов и сорта сахарной кукурузы. Длина початка почти на всех обработанных вариантах превышала контроль на 1-2 см. Наибольший диаметр початка был выделен на всех образцах с обработкой препаратом на основе гуминовых кислот - Гумат+7 йод (4,2-4,8 см). Наибольшее число рядов в початке у гибрида Юнион F1 на вариантах с обработками Аминофол NPK и Спидфол калмаг (20 рядов). Наибольшая масса початка у Юнион F1 с обработкой препаратом Аминофол NPK (290 г). Наибольшая прибавка к урожаю у сорта Лакомка Белогорья на варианте, обработанном комплексным минеральным удобрением Аминофол NPK, который превысил контроль в два раза (на 12,1 т/га). Препараты Аминовит и Иммуноцитифит положительно действовали на все образцы сахарной кукурузы и прибавили урожай на 6,5-7,6 т/га.

Ключевые слова: сахарная кукуруза, гибриды кукурузы сахарной, сорта кукурузы сахарной, водорастворимые удобрения, продуктивность кукурузы сахарной, урожайность кукурузы сахарной.

Цитирование. Ячменева Е. В., Зайцева Н. А. Комплексные водорастворимые удобрения и регуляторы роста как фактор повышения продуктивности сахарной кукурузы в условиях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2019. 4(56). 217-225. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-21.

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. Высокую урожайность початков сахарной кукурузы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья возможно обеспечить лишь благодаря современным агроприемам в технологии выращивания. Это подбор высокопродуктивных сортов и гибридов, капельное орошение и применение современных комплексных удобрений и стимуляторов роста.

В увеличении валовых сборов кукурузы первостепенное значение придается внедрению новых высокопродуктивных гибридов интенсивного типа, хорошо адаптированных в каждой природной зоне возделывания. При интенсификации сельского хозяйства скороспелые гибриды кукурузы выступают как самостоятельные факторы повышения урожайности, но проявить свои потенциальные возможности они могут только на высоком агрофоне [1, 2, 7].

Способность сахарной кукурузы усваивать необходимые для своего роста и развития питательные вещества на протяжении всего вегетационного периода позволяет полнее удовлетворять ее потребности в удобрениях путем внекорневых подкормок растений водорастворимыми препаратами в период их роста.

Недостаток питательных веществ от всходов до образования 7-8 листьев, по мнению многих ученых, практически невосполним. Именно в этот период, на начальном этапе развития, необходимость в подкормках важна, так как в это время происходит формирование корневой системы и генеративных органов, что определяет уровень урожайности [3, 5, 6].

Для быстрого устранения дефицита питательных веществ на определенных этапах развития кукурузы целесообразно применять листовую обработку водорастворимыми удобрениями, так как скорость и процент усвоения элементов питания через листву гораздо выше, чем при грунтовой внесении.

Комплексные удобрения способны увеличивать продуктивность растений, качество урожая, а также устойчивость к стрессовым ситуациям [4, 8, 9].

Цель исследования – изучить особенности формирования урожайности сахарной кукурузы под воздействием комплексных водорастворимых удобрений и регуляторов роста в условиях Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Объектами исследований служили 3 гибрида сахарной кукурузы: Юнион F1, Трофи F1, Государь F1 – и один сорт Лакомка Белогорья, на которых проводилось сравнительное испытание комплексных препаратов: минеральные удобрения: Аминовит, Аминофол NPK, Спидфол калмаг; удобрения на основе гуминовых кислот: Гумат+7 йод, Гуми -30, Гумат калия ВР 20 %; микробиологические удобрения: Байкал ЭМ-1, НИКФАН, Экстрасол; регуляторы роста: Иммуноцитифит, Энергия М, Экогель.

Закладка опыта проводилась на экспериментальных орошаемых полях Прикаспийского аграрного научного центра. Опыт двухфакторный. Делянки располагались в трехкратной повторности, по 13 вариантов на каждую повторность. Посев проводили с двух сторон от капельной ленты на расстоянии 0,3 м, расстояние между капельными лентами 1,4 м, расстояние между растениями в ряду 0,3 м. Полив осуществлялся через систему капельного орошения, поливной нормой – 140-175 м³/га, оросительная норма – 3500-4375 м³/га. Каждый вариант обрабатывался соответствующим препаратом, кроме контроля.

Полевые опыты и наблюдения проводились по общепринятым методикам и рекомендациям.

Кроме даты посева, у кукурузы отмечали следующие фазы: всходы, 3-5 лист, 7-8 лист, выметывание метелок, появление женских соцветий (нитей), цветение метелок, молочную спелость зерна.

Растения кукурузы имеют довольно сильно выраженные индивидуальные особенности, морфологические признаки у них проявляются неодновременно, поэтому необходимо определять количество растений, вступивших в данную фазу. По каждой фазе отмечали начало наступления (примерно у 10 % растений) и наступление ее у большинства растений (примерно у 75 %). Фазу молочной спелости зерна определяли по верхним початкам, раскрывая их при каждом наблюдении. Затем устанавливали процент их от общего числа просмотренных растений. Уборку урожая проводили вручную поделочно.

Внекорневые подкормки комплексными препаратами проводились в три этапа: 3-5 лист, 7-8 лист, фаза выметывания метелки.

Результаты и обсуждение. Погодные условия в период вегетации сахарной кукурузы в 2018-2019 годах имели свои особенности (таблица 1).

В 2018 году посев кукурузы проводился во второй декаде мая, среднесуточная температура воздуха в этот период составила 16,6 °С. Осадков за май выпало 89,8 мм, что на 73,3 мм больше среднегодовой нормы. Массовые всходы появились на 7-9 сутки после посева. В июне осадков было мало – 3,6 мм, а средняя температура воздуха за месяц составила 23,5 °С. Максимальная температура воздуха пришлась на вторую декаду июля (29,4 °С), когда наступила фаза выметывания метелки и цветения. Сумма осадков в этом месяце была больше нормы на 45,3 мм. Уборку проводили в начале вто-

рой декады августа, когда все волокна рылец высохли, а початки достигли молочной спелости. Осадков за месяц выпало немного (9,1 мм), а температура воздуха превысила среднемноголетние показатели на 1,6 °С.

Таблица 1 – Метеорологические данные периода вегетации сахарной кукурузы, 2018-2019 гг.

Table 1 – Meteorological data for the period of vegetation of sweet corn, 2018-2019

Показатель / Indicator	Месяц/декада / Month/decade											
	май / may			июнь / june			июль / july			август / august		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Среднесуточная температура воздуха, °C / Average daily air temperature, °C												
Средняя многолетняя / Long-term average	17,5	20,7	22,2	23,7	25,5	25,8	26,9	26,4	27,5	27,5	27,0	22,4
2018	15,8	16,6	21,3	17,7	25,3	27,7	24,9	29,4	23,9	28,1	27,8	25,8
2019	16,8	20,3	21,4	26,4	26,2	28,0	25,0	22,2	24,7	29,0	26,1	24,7
Осадки, мм/ Precipitation, mm												
Средняя многолетняя / Long-term average	5,7	3,3	7,5	1,4	2,9	15,9	7,9	6,8	2,2	3,9	4,0	6,6
2018	2,6	82,6	4,6	0,8	0,5	2,3	20,2	1,5	40,5	7,4	1,7	0
2019	4,8	1,7	2,4	0,5	2,5	1,9	5,4	43,3	9,3	0	0	10,3
Относительная влажность, % / Relative humidity, %												
Средняя многолетняя/ Long-term average	56	47	46	41	41	44	47	41	36	39	42	47
2018	61	78	63	59	45	46	46	41	63	46	43	38
2019	64	58	48	31	35	29	39	64	56	39	32	43

В целом 2018 год был благоприятным, сумма выпавших осадков за вегетационный период сахарной кукурузы составила 164,7 мм.

Посев кукурузы в 2019 году проводили на два дня раньше, чем в 2018. Среднесуточная температура воздуха в период посева составила 20,3 °С. Всходы были отмечены на 10-12 сутки после посева. За май, июнь и август осадков выпало меньше нормы, лишь в июле сумма осадков была выше на 41,1 мм, а средняя температура воздуха за этот месяц составила 24,0 °С.

Количество осадков за весь вегетационный период ненамного превысило среднемноголетнюю норму и составило 82,1 мм.

Продолжительность межфазного периода вегетации посев-всходы зависела от особенностей гибридов кукурузы, температуры воздуха и условий влагообеспеченности. Так, в годы исследования всходы у гибридов сахарной кукурузы появлялись на 2 суток раньше, чем у сорта Лакомка Белогорья.

У гибрида Трофи F1 период от всходов до молочной спелости в среднем за два года составил 76 суток. Это самый скороспелый гибрид из исследуемых в нашем опыте. Продолжительность межфазных периодов на вариантах Трофи F1 меньше на несколько суток, чем у остальных образцов сахарной кукурузы. Различия между вариантами на этом гибриде незначительные. Молочной спелости початки кукурузы на всех вариантах с применением обработок достигли практически одновременно.

У гибрида Государь F1 вегетационный период варьировал в зависимости от обработок от 78 до 93 суток. Наименьшая продолжительность вегетационного периода на вариантах с обработками Аминолит, Спидфол калмаг, Гумат калия ВР 20%, Байкал ЭМ-1, Экстрасол, Энергия М (78 суток).

У сорта Лакомка Белогорья на вариантах Аминолит, Спидфол калмаг, Гумат калия ВР 20 % период вегетации составлял 93 суток, а на остальных вариантах - 96 суток.

Продолжительность вегетационного периода у гибрида Юнион на вариантах с обработками Аминовит, Аминофол NPK, Спидфол калмаг, Гумат калия ВР 20 % и Энергия М составляла 93 суток, длина вегетации остальных вариантов была на уровне контроля (97 суток).

Обработка препаратами положительно отразилась на структуре урожая сахарной кукурузы.

Длина початка у всех испытуемых образцов кукурузы варьировала от 15 до 21 см. Почти на всех вариантах, обработанных водорастворимыми удобрениями, длина початка превышала контроль на 1-2 см. При этом в среднем по всем обработкам наименьшая длина початка у сорта Лакомка Белогорья.

Наибольший диаметр початка сахарной кукурузы у исследуемых образцов на варианте с обработкой Гумат+7 йод (4,2-4,8 см). По сравнению с контролем у гибрида Трофи F1 этот показатель выше на 0,2 см, у гибрида Государь – на 2,0 см, у гибрида Юнион F1 – на 0,5 см, у сорта Лакомка Белогорья – на 0,8 см.

По количеству рядов в початке у Трофи F1 выделились варианты с обработками Гуми - 30, Иммуноцитифит и Экогель (16 рядов), у гибрида Государь F1 – Иммуноцитифит (16 рядов), у сорта Лакомка Белогорья – Аминофол NPK, Спидфол калмаг и Гуми-30 (14 рядов). Гибрид Юнион F1 отличился наибольшим количеством рядов зерен в початке на вариантах с обработками Аминофол NPK и Спидфол калмаг, показатель этого признака достиг 20 рядов.

Масса початка образцов сахарной кукурузы варьировала от 149 г до 290 г, при этом наибольшей массой початка отличился Юнион F1 с обработкой препаратом Аминофол NPK (290 г). У гибрида Государь наибольшая масса початка на вариантах с обработками Иммуноцитифит (230 г), Аминовит (208 г), Энергия М (206 г). Превышение обработок над контролем у этого гибрида варьировало от 58 г до 92 г. У гибрида Трофи F1 отмечено небольшое различие массы початков по вариантам обработок. При этом початки достаточно крупные от 221 г до 273 г. Превышение над контролем не существенное у делянок с обработками НИКФАН, Спидфол калмаг и Экогель (8 г). У сорта Лакомка Белогорья можно выделить варианты с обработкой препаратами Аминофол NPK и Энергия М (191 г), Иммуноцитифит (189 г), Аминовит (187 г), превысившие контроль на 5-9 г.

Из результатов таблицы 2 видно, что обработки водорастворимыми препаратами положительно отразились на урожайности початков каждого из образцов сахарной кукурузы, почти на всех вариантах показатели превысили контроль.

Средняя урожайность сахарной кукурузы по сортам в годы исследования варьировала от 8,5 до 25 т/га.

У гибрида Трофи F1 наибольшая урожайность достигла 25 т/га на варианте с обработкой Иммуноцитифит. Также выделились варианты с применением препаратов НИКФАН, Энергия М, Байкал ЭМ-1 и Аминовит, урожайность которых превышала 20 т/га. Урожайность гибрида Государь F1 варьировала в пределах 8,5 – 18 т/га. Наибольшей урожайностью початков на этом гибриде отличились варианты с обработками Иммуноцитифит (13 т/га), Экогель (16,5 т/га) и Аминовит (18 т/га). Наибольшая урожайность гибрида Юнион F1 не превышала 14,5 т/га. Здесь были выделены варианты обработок Иммуноцитифит (14,1 т/га), Аминофол NPK (14,2 т/га), Аминовит и Энергия М (14,3 т/га), Экогель (14,5 т/га). Сорт Лакомка Белогорья показал высокую урожайность на вариантах с обработкой препаратами Иммуноцитифит (20,8 т/га), Аминовит (23,6 т/га) и Аминофол NPK (24,1 т/га).

В среднем, по всем сортам, в зависимости от обработок урожайность початков варьировала от 11,7 до 19,3 т/га. Прибавки урожая были отмечены на всех вариантах обработок (таблица 3).

Таблица 2 – Средняя урожайность початков в зависимости варианта опыта и от гибридов/сортов сахарной кукурузы за 2018-2019 гг.

Table 2 – Average yield of ears depending on the variant of the experiment and on hybrids/varieties of sweet corn for 2018-2019

Вариант обработок/ Processing option	Урожайность початков, т/га / Yield of ears, t / ha											
	Трофи F1 / Trophy F1			Государь F1 / Sovereign F1			Юнион F1 / Union F1			Лакомка Белогорья / Gourmet Belogorye		
	2018	2019	Ср.	2018	2019	Ср.	2018	2019	Ср.	2018	2019	Ср.
Контроль / Control	11,1	18,9	15,0	9,0	8,1	8,5	10,9	11,5	11,2	13,1	11,0	12,0
Аминовит / Aminovit	20,1	22,3	21,2	17,7	18,3	18,0	11,3	17,4	14,3	23,2	24,1	23,6
Аминофол NPK / Aminofol NPK	14,4	14,6	15,4	9,2	8,8	9,0	12,5	16,0	14,2	23,9	24,6	24,1
Спидфол калмаг / Speedfall Calmag	15,6	15,0	15,3	9,9	9,5	9,7	11,3	12,4	11,8	14,2	10,8	12,5
Гумат+7 йод / Humate + 7 iodine	14,0	13,0	13,5	10,4	10,6	10,5	13,6	13,4	13,5	11,0	10,2	10,6
Гуми -30 / Gumi -30	19,1	18,2	18,7	9,9	9,1	9,5	11,3	11,7	11,5	13,0	12,6	12,8
Гумат калия ВР 20% / Humate potassium ВР 20%	15,2	14,8	15,0	10,5	9,9	10,2	12,8	11,9	12,3	16,0	16,9	16,4
Байкал ЭМ-1 / Baikal EM-1	21,5	22,5	22,0	10,8	10,2	10,5	10,9	12,5	11,7	16,5	17,0	16,7
НИКФАН / NIKFAN	24,6	22,4	23,5	11,5	12,0	11,7	14,4	12,7	13,5	10,3	9,8	10,0
Экстрасол / Extrasol	21,7	18,3	20,0	10,1	10,9	10,5	12,5	11,5	12,0	15,7	16,2	15,9
Иммуноцитифит / Immunocytophyte	24,8	25,5	25,0	13,5	12,6	13,0	15,3	13,0	14,1	20,5	20,9	20,7
Энергия М / Energy M	23,3	22,2	22,5	13,0	12,0	12,5	15,6	13,0	14,3	16,0	15,5	15,7
Экогель / Ecogel	20,5	19,5	20,0	16,3	16,7	16,5	14,0	15,0	14,5	12,8	11,2	12,0
НСР ₀₅	0,51	0,54		0,33	0,38		0,54	0,36		0,38	0,40	

Таблица 3 – Урожайность початков сахарной кукурузы по вариантам обработок, среднее за 2018-2019 гг.

Table 3 – Yield of sweet corn cobs by treatment options, average for 2018-2019

Вариант обработок / Processing option	Урожайность, т/га / Productivity, t / ha	Прибавка урожая, т/га / Yield increase, t / ha	Прибавка урожая, % / Yield increase, %
	11,7	-	-
Контроль / Control	19,3	+7,6	+39,4
Аминовит / Aminovit	15,4	+3,7	+24,0
Аминофол NPK / Aminofol NPK	12,3	+0,6	+4,9
Спидфол калмаг / Speedfall Calmag	12,0	+0,3	+2,5
Гумат+7 йод / Humate + 7 iodine	13,1	+1,4	+10,7
Гуми -30 / Gumi -30	13,5	+1,8	+13,3
Гумат калия ВР 20% / Humate potassium ВР 20%	15,2	+3,5	+23,0
Байкал ЭМ-1 / Baikal EM-1	14,6	+2,9	+19,9
НИКФАН / NIKFAN	14,6	+2,9	+19,9
Экстрасол / Extrasol	18,2	+6,5	+35,7
Иммуноцитифит / Immunocytophyte	16,2	+4,5	+27,8
Энергия М / Energy M	15,7	+4,0	+25,5
Экогель / Ecogel	15,7	+4,0	+25,5

Сравнивая общее действие обработок водорастворимыми препаратами на сахарную кукурузу (по всем сортам), можно выделить два наиболее эффективных из них: Аминовит и Иммуноцитифит, средняя прибавка урожая на которых составила 7,6 и 6,5 т/га, соответственно или 35,7 и 39,4 %. Также высокие прибавки урожая –4,0 и 4,5 т/га – отмечались на вариантах Экогель и Энергия М.

Выводы. Из результатов проведенных исследований можно сделать вывод, что изучаемые препараты влияют на различные гибриды и сорта сахарной кукурузы по-разному. Так, наибольшая прибавка урожайности – 12,1 т/га – была отмечена у сорта Лакомка Белогорья на варианте Аминофол NPK (с урожайностью 24,1 т/га), превышавшей урожайность на контроле (12,0 т/га) в два раза. У этого гибрида среднее число початков на растении достигало 2,3. У гибрида Трофи F₁ наибольшая урожайность початков отмечалась на варианте Иммуноцитифит – 25,0 т/га. Также нужно отметить, что на этом варианте среднее число початков на растении составило 1,9, а наибольшая масса початка отмечалась на вариантах Экогель и Спидфол калмаг (273 г). У гибрида Государь F₁ наибольшая урожайность отмечалась на варианте с применением Аминовит – 18,0 т/га, наибольшее число початков на растении на этом гибриде составило 1,6, а наибольшая масса початка – 230 г. Гибрид Юнион F₁ отличился наименьшим количеством початков на одном растении (1,0 – 1,3), а также наибольшей их массой (198-290 г). Наибольшая урожайность на варианте с Экогель – 14,5 т/га.

В среднем по всем сортообразцам сахарной кукурузы наиболее эффективными препаратами при некорневом применении показали себя Аминовит и Иммуноцитифит, урожайность на которых в среднем за годы изучения составляла 18,2 -19,3 т/га соответственно, что выше контроля на 6,5 и 7,6 т/га.

Библиографический список

1. Воскобулова Н. И., Неверов А. А., Верещагина А. С. Экономическая эффективность применения регуляторов роста в технологии возделывания кукурузы на зерно // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. С. 44-46.
2. Дронов А. В., Бельченко С. А., Ланцев В. В. Адаптивность и урожайность гибридов кукурузы различных по скороспелости в условиях Брянской области // Вестник Брянской сельскохозяйственной академии. 2018. № 4 (68). С. 30.
3. Кремененко А. С. Обзор применения регуляторов роста для повышения урожайности гибридов кукурузы // Молодой ученый. 2018. № 22 (208). С. 97-101. URL: <https://moluch.ru/archive/208/51124/> (дата обращения: 11.06.2020).
4. Прохорова Л. Н., Волков А. И., Кириллов Н. А. Отзывчивость кукурузы на применение регуляторов роста и развития растений // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. С. 24-27.
5. Эффективные безопасные приемы повышения урожайности кукурузы на зерно / В. Н. Наумкин, Л. А. Наумкина, А. М. Хлопяников, А. Н. Крюков // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 3 (23). С. 81-86.
6. Applying Rhizobacteria on Maize Cultivation in Northern Benin: Effect on Growth and Yield / O. Amogou [et al.] // Agricultural Sciences. 2019. No. 10. P. 763-782.
7. Organomineral Phosphorus Fertilization in the Production of Corn, Soybean and Bean Cultivated in Succession / D. Martins [et al.] // American Journal of Plant Sciences. 2017. No. 8. P. 2407-2421.
8. Utilization of Organic Fertilizer on Sweet Corn (*Zea mays saccharata* Sturt) Crop at Shallow Swamp Land / Midranisiah, Neni Marlina, S. E. Rahim, Erni Hawayanti // MATEC Web of Conferences. 2017. V. 97.
9. Watts, D., Kloepper, J., Adesemoye, A. and Feng, Y. Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria at Various Nitrogen Rates on Corn Growth / D. Watts [et al.] // Agricultural Sciences. 2019. No. 10. P. 1542-1565.

Conclusions. From the results of the studies it can be concluded that the studied substances influence various hybrids and varieties of sweet corn in different ways. Thus, the greatest yield increase - 12.1 t/ha - was observed in the variety LacomkaBelogorya on the variant Aminofol NPK (with the yield of 24.1 t/ha), that exceeded two times the control yield (12.0 t/ha). For the hybrid Trophy F1 the greatest yield of cobs was found in the variant Immunocytophite - 25, 0 t/ha. Concerning the hybrid Sovereign F1 the highest yield was registered in the variant with Aminovite - 18, 0 t/ha, and for the hybrid Union F1 in the variant with Ecogel - 14, 5 t/ha. Aminovite and Immunocytophyte, which yielded 18.2 - 19.3 t/ha respectively, were the most effective substances for non-root application in all varieties of sweet corn, on the average over the years of study, which is 6.5 and 7.6 t/ha higher than the control.

Reference

1. Voskobulova N. I., Neverov A. A., Vereschagina A. S. Jekonomicheskaya jeffektivnost' primeneniya reguljatorov rosta v tehnologii vozdelevaniya kukuruzy na zerno // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. P. 44-46.
2. Dronov A. V., Bel'chenko S. A., Lancev V. V. Adaptivnost' i urozhajnost' gibridov kukuruzy razlichnyh po skorospelosti v usloviyah Bryanskoj oblasti // Vestnik Bryanskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 4 (68). P. 30.
3. Kremenenko A. S. Obzor primeneniya reguljatorov rosta dlya povysheniya urozhajnosti gibridov kukuruzy // Molodoj uchenyj. 2018. № 22 (208). P. 97-101. URL: <https://moluch.ru/archive/208/51124/> (data obrascheniya: 11.06.2020).
4. Prohorova L. N., Volkov A. I., Kirillov N. A. Otzyvchivost' kukuruzy na primenenie reguljatorov rosta i razvitiya rastenij // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2015. P. 24-27.
5. Jeffektivnye bezopasnye priemy povysheniya urozhajnosti kukuruzy na zerno / V. N. Naumkin, L. A. Naumkina, A. M. Hlopyanikov, A. N. Kryukov // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2017. № 3 (23). P. 81-86.
6. Applying Rhizobacteria on Maize Cultivation in Northern Benin: Effect on Growth and Yield / O. Amogou [et al.] // Agricultural Sciences. 2019. No. 10. P. 763-782.
7. Organomineral Phosphorus Fertilization in the Production of Corn, Soybean and Bean Cultivated in Succession / D. Martins [et al.] // American Journal of Plant Sciences. 2017. No. 8. P. 2407-2421.
8. Utilization of Organic Fertilizer on Sweet Corn (*Zea mays saccharata* Sturt) Crop at Shallow Swamp Land / Midranisiah, Neni Marlina, S. E. Rahim, Erni Hawayanti // MATEC Web of Conferences. 2017. V. 97.
9. Watts, D., Kloepper, J., Adesemoye, A. and Feng, Y. Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria at Various Nitrogen Rates on Corn Growth / D. Watts [et al.] // Agricultural Sciences. 2019. No. 10. P. 1542-1565.

Authors Information

Yachmeneva Ekaterina Vasilievna - Junior Researcher Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (416251, Astrakanskaya obl., Chernoyarskij r-on, s. SolenoeZajmishhe, ul. Stepnaya, 8), tel. 8 (927) 562-19-50, e-mail: rexham@rambler.ru

ZaitsevaNadezhdaAleksandrovna, selection laboratory manager Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the RAS (416251, Astrakanskaya obl., Chernoyarskij r-on, s. SolenoeZajmishhe, ul. Stepnaya, 8), candidate of agricultural sciences tel. 8 (927) 562-19-50, e-mail: rexham@rambler.ru

Информация об авторах

Ячменёва Екатерина Васильевна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный д. 8.), e-mail: rfn.yz2009@mail.ru, тел.: 89275674489

Зайцева Надежда Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лаб. селекции сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251. Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный д. 8.)

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ.
ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-22

INFLUENCE OF CORAL WATER ON CELLULAR BLOOD COMPOSITION
AND BODY WEIGHT OF DAIRY CALVESV. S. Grigoriev ¹, G. V. Molyanova ¹, A. P. Kokhanov ²¹Samara State Agrarian University, Russia²Volgograd State Agrarian University, Russia

Received 28.10.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

Due to its high biological value in terms of the content of organic compounds, biological active substances, and mineral elements and due to the special structure of microtubules, coral water has a positive effect on the morphophysiological status of the animal body and allows growing healthy young animals with high rates of growth and development.

Abstract

Relevance. The scientific substantiation of the mechanism of action of biologically active additives on the physiological and biochemical processes of the developing organism at different stages of life is an urgent problem of veterinary medicine, animal science and is of scientific and practical interest. **The aim of the work** is to increase the morphophysiological parameters and bioresource potential in black-and-white calves in early postnatal ontogenesis, kept under industrial technological conditions using coral water in their diet. **Results and conclusion.** The paper presents the age-related changes in the general physiological, growth and quantitative changes in the cellular composition of blood and leukogram in calves raised from the day of birth to 120 days of age outside uterine life using their coral water in drinking. It has been established that coral water prepared by dissolving Coral-Mine coral powder in tap drinking water in the body of calves at a dose of 300 ml in the prophylactic and 600 ml after the prophylactic periods of keeping calves, has a positive effect on the morphophysiological status of calves. Coral water increases the biological indicators of drinking water produced on the territory of the economy by reducing the excess of some chemical compounds and increasing the amount of useful chemical compounds in the water for the animal body. Coral water has a weakly alkaline reaction and does not contain harmful microorganisms, easily assimilable forms of calcium, potassium and manganese increase in the water. Coral water, apparently, adsorbs toxic products of endogenous and exogenous origin and removes them from the body of animals. Drinking coral water for milk-producing calves during the test period contributed to an increase in blood: erythrocytes by 2.51%, hemoglobin-2.53, leukocytes-9.9; - segmented neutrophil - 4.67%, while the blood cells, indicating inflammatory processes, decreased: basophils by 4.56%, eosinophils - 0.2; stab neutrophils - 6.54% lymphocytes - 2.84%; monocytes - 4.75% relative to control. The positive effect of coral water on the body of calves of the dairy period was expressed by the fact that general physiological indicators such as heart rate, respiration, body temperature with age of calves changed evenly, the calves did not get sick, especially during their critical periods of development associated with a change in diet and microclimate 5- the 6th and 60th day outside of the womb of theirs. Calves of the experimental group more fully absorbed the nutrients of the feed, which was expressed in more intensive growth and development of them, since the body weight of calves in the experimental group was higher by 10.39 kg relative to the control. In conclusion, it should be noted that coral water, due to its high biological value in terms of the content of organic compounds, biological active substances, mineral elements, and due to the special structure of microtubules, has a positive effect on the morphophysiological status of the animal body and allows you to grow healthy young animals with high growth and development rates.

Key words: calves, blood, age, blood cells, leukogram, coral water, body weight.

Citation. Grigoriev V. S., Molyanova G. V., Kokhanov A. P. Influence of coral water on the cellular composition of the blood and body weight of milk-producing calves. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4 (60). 226-237 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-22

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

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

УДК 636.4082

ВЛИЯНИЕ КОРАЛЛОВОЙ ВОДЫ НА КЛЕТОЧНЫЙ СОСТАВ КРОВИ И МАССУ ТЕЛА ТЕЛЯТ МОЛОЧНОГО ПЕРИОДА

В. С. Григорьев¹, доктор биологических наук, профессор

Г. В. Молянова¹, доктор биологических наук, профессор

А. П. Коханов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Самарский государственный аграрный университет

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 28.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Научное обоснование механизма действия биологически активных добавок на физиологические и биохимические процессы развивающегося организма на различных этапах жизнедеятельности является актуальной проблемой ветеринарии, зоотехнии и представляет научно-практический интерес. **Цель работы** – повысить морфофизиологические показатели и биоресурсного потенциала у телят черно-пестрой породы в раннем постнатальном онтогенезе, которые содержались в промышленных технологических условиях при использовании коралловой воды в их рационе. **Результаты исследований.** В работе приведены возрастные изменения общих физиологических, ростовых, количественные изменения клеточного состава крови и лейкограммы у телят, выращенных со дня рождения и до 120-дневного возраста внеутробной жизни с использованием в поении их коралловой воды. Установлено, что коралловая вода, приготовленная путем растворения кораллового порошка Coral-Mine в водопроводной питьевой воде, в организме телят в дозе 300 мл в профилакторный и 600 мл после профилакторного периодов содержания телят оказывает положительное влияние на морфофизиологический статус телят. Коралловая вода повышает биологические показатели питьевой воды, добываемой на территории хозяйства, за счет снижения избытка одних химических соединений и повышения в воде полезных химических соединений для организма животных. Коралловая вода имеет слабощелочную реакцию, не содержит вредных микроорганизмов, в воде повышаются легкоусвояемые формы кальция, калия и марганца. Коралловая вода, по-видимому, адсорбирует токсические продукты эндогенного и экзогенного происхождения и выводит их из организма животных. Поение телят молочного периода коралловой водой за опытный период способствовало увеличению крови: эритроцитов – на 2,51 %, гемоглобина – 2,53, лейкоцитов – 9,9; сегментоядерных нейтрофилов – 4,67 %, в то время как клетки крови, свидетельствующие о воспалительных процессах, снизились: базофилы на 4,56 %, эозинофилы – 0,2; палочкоядерные нейтрофилы – 6,54 %, лимфоциты – 2,84 %; моноциты – на 4,75 % относительно контроля. Положительное влияние коралловой воды на организм телят молочного периода выражалось в том, что общие физиологические показатели, такие как частота пульса, дыхания, температура тела, с возрастом телят изменялись равномерно, телята не болели, особенно в их критические периоды развития, связанные со сменой рациона и микроклимата: 5-й и 60-й день их внеутробной жизни. Телята опытной группы более полно усваивали питательные вещества корма, что выражалось в более интенсивном росте и развитии их, так как масса тела телят в опытной группе была выше на 10,39 кг относительно контроля. В заключение необходимо отметить, что коралловая вода за счет высокой биологической ценности по содержанию в своем составе органических соединений, биологических активных веществ, минеральных элементов и за счет особой структуры микротрубочек оказывает положительное действие на морфофизиологический статус организма животных и позволяет вырастить здоровый молодняк с высокими показателями темпов роста и развития.

Ключевые слова: телята, состав крови телят, возраст телят, клетки крови телят, лейкограмма, коралловая вода, масса тела телят.

Цитирование. Григорьев В. С., Молянова Г. В., Коханов А. П. Влияние коралловой воды на клеточный состав крови и массу тела телят молочного периода. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 226-237. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-22

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. Успех развития животноводства – это организация выращивания здорового молодняка. Молодняк сельскохозяйственных животных менее приспособлен к меняющимся условиям внешней среды, у него недостаточно полно выражены защитные силы организма на воздействия вредных факторов экзогенного и эндогенного происхождения [2, 13, 17]. Пребывание животных в закрытых помещениях, высокая концентрация поголовья на ограниченных площадях, однообразное кормление, цикличность технологических процессов приводят к нарушениям микроклимата, что и оказывает отрицательное влияние на физиологическое состояние организма, и, как следствие, животные заболевают, снижаются их продуктивные показатели [6, 8, 9, 14, 16]. С целью сохранения здоровья и реализации биоресурсного потенциала молодняка крупного рогатого скота используют широкий ассортимент кормовых биологически активных добавок, иммунокорректоров, антиоксидантов и биопрепаратов, однако многие из них не дают желаемого биоэффекта [1, 3, 4, 5, 12].

В сложившейся экологической и социально-экономической ситуации в АПК по сей день остались не разрешенными вопросы кормления животных полноценными кормами по содержанию питательных, минеральных веществ и витаминов, зоогигиенические условия содержания. В связи с этим особое значение приобретают поиск и внедрение в поение молодняка животных высококачественной воды. По данным [7, 15, 16], при включении в рацион животных биологически активных кормовых добавок в крови телят молочного периода повышается количество эритроцитов от 3,09 до 4,09 %, среднесуточный прирост массы тела – на 5,5-6,5 % относительно контроля.

В последние десятилетия с большим успехом используют биологические ресурсы Мирового океана для получения новых пищевых и кормовых продуктов. Особое внимание заслуживают многочисленные и разнообразные морские гидробиоты-носители биологически активных веществ. Это, прежде всего, беспозвоночные водные животные, в том числе морские звезды и кораллы, отличающиеся широким распространением и значительной биомассой. В тканях морских звезд и кораллов присутствуют различные биологически активные вещества, в том числе гликозиды, пигменты, простаноиды и др., многие из которых обладают выраженной физиологической активностью [10, 11, 17]. М. М. Момджян [12] писал, что среди продуктов жизнедеятельности коралловых полипов содержатся БАВ типа простагландинов, обладающих кардиостимулирующим действием. БАВ, выделенный из горгониевых кораллов [6], карсин-ацетат ингибирует рост некоторых патогенных штаммов микроорганизмов и оказывает противоопухолевое действие.

В контексте изложенного выше научное обоснование механизма действия БАВ на физиологические и биохимические процессы развивающегося организма на различных этапах жизнедеятельности является актуальной проблемой ветеринарии, зоотехнии и представляет научно-практический интерес.

Цель работы – повысить морфофизиологические показатели и биоресурсного потенциала у телят черно-пестрой породы в раннем постнатальном онтогенезе, содержащихся в промышленных технологических условиях при использовании коралловой воды в их рационе.

Задачи исследований: определить условия содержания и кормления телят молочного периода в условиях ЗАО «Нива» Ставропольского района Самарской области; изучить динамику морфофизиологических и ростовых показателей телят, охарактеризовать возрастные изменения клеточного состава крови у телят, выращенных с использованием питьевой коралловой воды.

Материалы и методы. Исследования проведены на базе кафедры «Эпизоотология, патология и фармакология» ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет». Материалом для исследования служили телята молочно-товарной фермы ЗАО «Нива» Ставропольского района Самарской области.

Выполнены две серии научно-хозяйственных опытов. В первой серии опыта изучали качества питьевой водопроводной воды и коралловой воды, полученной путем погружения пакетика с порошком Coral-Mine в водопроводную питьевую воду. Согласно ГОСТ 2874-82 (вода питьевая), определяли содержание общего железа, сульфатов, хлоридов, фосфатов, нитратов, нитритов, аммиака, калия, кальция, магния, марганца, кобальта, общей жесткости и pH, а также определяли общее микробное число (ОМЧ).

Вторая серия научно-исследовательской работы была проведена на 30 новорожденных телятах с первого дня рождения до 120 дневного возраста. Сформированы две группы телят по 15 голов в каждой. Группы телят сформированы по принципу аналогов с учетом породы, возраста, пола, массы тела. Телят обеих групп содержали на основном рационе, сбалансированном по основным показателям питательных веществ, в соответствии с рационом и нормами РАСХН. Животным I группы (контрольной) выпаивали питьевую водопроводную, а телятам II группы (опытной) давали коралловую воду (дополнительно к основному рациону) за 20-25 минут до кормления два раза в день по 300 мл в течение профилактичного периода и по 600 мл до конца опыта. У 5 телят из каждой группы в 1, 5, 15, 30, 60, 90, 120 дни их внеутробной жизни оценивали некоторые показатели физиолого-клинического статуса, количественные изменения клеточного состава крови, а также состояние микроклимата в профилактории и телятнике по общепринятым методикам. Цифровой материал результатов исследований обработан методом вариационной статистики.

Результаты и обсуждение. Эксперименты по влиянию коралловой воды на клинико-физиологические показатели и на динамику клеточных элементов крови телят молочного периода проводили на базе молочно-товарной фермы ЗАО «Нива» Ставропольского района Самарской области. Хозяйство благополучно по инфекционным и инвазионным болезням животных. Зона расположения хозяйства характеризуется резко-континентальным климатом, с теплым летом и умеренно-холодной зимой.

Телятник типовой, состоит из профилакториев, оборудованных индивидуальными клетками, в которых телят содержали с первого дня рождения до 25-дневного возраста, и двух отделений, оборудованных групповыми клетками для размещения 10 телят, в которых содержали телят с 26-дневного возраста до конца опытного периода. Поение телят осуществляли из групповых поплавок-поилок, раздача кормов – кормораздатчиком КТУ-10 2 раза в день. Телятник оборудован канализацией, приточно-вытяжной вентиляцией; отопление водяное; освещение электрическое. Выгульные площадки оборудованы кормушками и разделены на загоны, которые служат для моциона животных.

В течение опытного периода микроклимат в профилактории, где содержались телята до 25-дневного возраста, характеризовался следующими показателями: температура воздуха составляла в среднем $21,40 \pm 0,30$ °C, относительная влажность – $74,0 \pm 0,80$ %, скорость движения воздуха – $0,14 \pm 0,05$ м/с, КОЕ (коэффициент естественного освещения) – $1,8 \pm 0,08$ %, содержание в воздухе CO_2 – $0,14 \pm 0,04$ %, NH_3 – $9,00 \pm 0,20$ мг/м³, H_2S – $2,30 \pm 0,20$ мг/м³. В то же время в телятнике данные показатели составляли соответственно: $18,60 \pm 0,28$ °C; $70,30 \pm 1,60$ %; $0,18 \pm 0,06$ м/с; $1,86 \pm 0,12$ %; $0,17 \pm 0,09$ %; $9,20 \pm 0,20$ мг/м³; $2,60 \pm 0,18$ мг/м³. Бактериальная загрязненность тыс. МТ/м³ составляла в профилактории 138,0-146,0, а в телятнике (возраст телят 30-90 дней) – 145,0-160,0; возраст телят (90-120) – 175,0-240,0 тыс. МТ/м³.

Телят с 1 по 120-й день постнатальной жизни кормили согласно схеме, нормам и рационам РАСХН. Согласно схеме кормления, телята в первый месяц жизни получали по 150 кг цельного молока, т.е. по 5 литров в день. На 3 неделе первого месяца постнатальной жизни телят в их рацион включили 1,5 кг ЗЦМ (заменитель цельного молока), приучали к сену, корнеплодам, а также в их рацион включали до 0,3 кг овсянки, 5 г поваренной соли и 5 г преципитата. На второй месяц жизни телят дачу цельного молока уменьшали до 120 кг, но количество ЗЦМ в рационе телят составило 150 кг, добавляли комбикорм и сено. В третий месяц жизни из рациона телят исключали цельное молоко, а количество ЗЦМ осталось на прежнем уровне, сено – 1,3 кг, силос – 1,5 кг, корнеплоды – 1,5 кг, комбикорм – 1,6 кг, соль – 10 г, преципитат – 15 г. На четвертом месяце жизни рацион телят составлял: ЗЦМ – 90 л; сено – 4,5 кг; силос – 7,0 кг; корнеплоды – 4,5; комбикорм – 4,5 кг; соль – 45 г; преципитат – 45 г.

В телятнике температура воздуха в осенне-зимнее время на 2 °С ниже относительно весенне-летнего периода, бактериальная загрязненность ниже на 10,8 тыс. МТ/м³ воздушной среды. Зоогигиенические условия в телятниках в весенне-летний период года отличались более низким содержанием аммиака и сероводорода на 3,4 и 4,5 % соответственно, т.е. снижение концентрации вредных газов в животноводческих помещениях, по-видимому, объясняется лучшей вентиляцией помещений в летнее время года, так как окна и двери освобождены от утеплений и чаще открыты, что и улучшает движение воздуха.

В хозяйстве зоогигиенические условия содержания и нормы кормления новорожденных телят вполне удовлетворительные. Однако хозяйство недополучает плановый, желаемый прирост массы тела животных. Телята часто болеют, задерживаются темпы роста и развития. Телята, по-видимому, недостаточно полно усваивали питательные вещества корма, задерживалось формирование защитных сил организма.

На основании вышеизложенного, с учетом имеющихся научно-практических разработок, нами использовалась в поении телят опытной группы коралловая вода.

Телят после рождения и до 15-дневного возраста поили теплой прокипяченной водой, 35-38 °С, а в последующие возрастные дни доброкачественной сырой водой. Ежедневный расход воды до 5-дневного возраста телят составил 0,5 л, с 6 до 25-дневного возраста – 1,5 л, а с месячного возраста они потребляли воду неограниченно из сосковых поилок. Коралловой водой малышей поили из сосковых поилок, а более взрослых телят – из ведра через 1,5-2 часа после выпойки молозива или молока.

Влага, содержащаяся в молозиве, молоке и ЗЦМ, находится в связанном состоянии с другими органическими и неорганическими веществами и не удовлетворяет организм в воде. Вода может быть окислителем, т.е. способствовать процессу старения, либо восстановителем, т.е. препятствовать этому процессу.

В нашем опыте, с целью повышения морфофизиологических и ростовых показателей новорожденных телят, была использована коралловая вода, приготовленная из порошка Coral-Mine. Телят I (контрольной) группы поили водопроводной водой, а телят II (опытной) группы водопроводной водой с добавлением коралловой воды. Расход коралловой воды составлял 300 мл в день на одного теленка в профилактический период содержания, и 600 мл до конца опытного периода. В доступной научной литературе нам не удалось найти данные по использованию коралла Congo в животноводстве. Поэтому в процессе приготовления коралловой воды из порошка Coral-Mine пользовались рекомендациями по приготовлению питьевой воды для людей. Коммерческий порошок Coral-Mine упакован в пакеты. Один набор содер-

жит 3 пакета, в каждом пакете по 10 маленьких пакетиков-саше, 1 пакет-саше (в виде пакетированного чая) погружали в 1,5 л водопроводной питьевой воды за 20-30 мин до выпойки телят.

В процессе изучения физико-химических показателей водопроводной, питьевой воды, добываемой из скважины на территории хозяйства, и коралловой воды получены следующие данные. В питьевой воде составляли железо общее (мг/дм³) – 0,14; магний – 0,87; марганец (мг/дм³) – 0,07; сульфаты (мг/л) – 285,60; хлориды – 39,40; нитраты – 0,24; нитриты – 0,02; аммиак – 2,89; калий – 3,90; кальций (мг/л) – 146,40; кобальт (мг/кг) – 0,0031; жесткость общая (мг-экв/л) – 4,9; pH – 6,8; ОМЧ (М.Т.) – 190. В коралловой воде данные показатели составляли соответственно: 0,11; 1,02; 0,08; 237,06; 30,34; 0,21; 0,01; 2,26; 4,46; 187,86; 0,004; 4,02; 7,38; 85,0. По результатам исследований водопроводной питьевой воды и питьевой коралловой воды необходимо отметить, что в коралловой воде ниже содержание общего железа на 20 %; сульфатов – на 17,2; хлоридов – на 23,5; нитратов – на 13,32; нитритов – на 2,1; аммиака – на 22,2; жесткость воды ниже на 12,07; ОМЧ – на 52,0 %. В то же время в коралловой воде выше содержание магния на 18 %; марганца – на 17,3; калия – на 14,5; кальция – на 28,1; кобальта – на 25,11; pH – на 0,52 % в щелочную сторону. Кишечная палочка в исследованных водах не обнаружена.

Из химического анализа воды следует, что порошок Coral-Mine улучшает качество питьевой воды путем снижения количества избытка одних химических соединений и повышения в воде содержания полезных химических элементов, при этом концентрация свободных ионов гидроксидов повышается, и вода имеет слабощелочную реакцию, и снижается количество микробных тел, т.е. коралловая вода адсорбирует часть вредных микробов и обезвреживает их.

Влияние коралловой воды на организм телят в ранний постнатальный период их жизни выразилось в изменении общих физиологических и ростовых показателей (таблица 1). В условиях хозяйства в среднем телята рождаются живой массой ниже на 20-25 % от планируемой, а плановые показатели по живой массе новорожденных телят составляют 40-42 кг. Перинатальное отставание развития массы тела телят, по-видимому, связано с физиологическим состоянием их матерей, состоянием ухода и их кормления.

Влияние коралловой воды на рост и развитие новорожденных телят отмечается на 10-й день регулярного использования её в рационе телят. На 15-й день жизни у телят I опытной группы среднесуточный прирост массы тела был выше на 7,58 %. У 90 дневных телят во II группе масса тела составляла 95,36±1,42 кг или выше на 8,18 кг (11,18 %) относительно контроля.

Возрастные изменения ростовых показателей тесно связаны с возрастными изменениями общих физиологических показателей. Установлено, что наиболее высокая температура тела отмечена в день рождения телят и составляла у телят I группы 39,49±1,42 °С, во II – 39,48±1,36 °С. На 120-й день жизни телят масса тела составляла от 112,25±1,36 до 129,69±1,29 кг*, температура тела – от 38,50±1,13 до 38,62±0,22 °С*, частота пульса – от 76,15±1,52 до 79,04±1,48 ударов /мин*, частота дыхания – от 18,60±1,12 до 25,26±1,14 дыхательных движений в минуту. Анализируя результаты исследований, необходимо отметить, что общие физиологические показатели и масса тела выше у телят в опытной группе (таблица 1). Телята опытной группы более полно усваивали питательные вещества корма, что выражалось в более интенсивном росте и развитии их, так как в конце опытного периода масса тела в опытной группе телят была выше на 10,39 кг относительно контроля.

Положительные изменения показателей роста, развития и физиологических показателей телят объясняются и изменениями клеточного состава крови.

Таблица 1 – Динамика физиологических и ростовых показателей телят

Table 1 – Dynamics of physiological and growth parameters of calves

Воз- раст, дни / Age, days	Группа / Group	Показатели / Indicators				
		Температура тела, °C / Body tempera- ture, ° C	Частота пуль- са, уда- ров/мин / Pulse rate, beats / min	Дыхательных дв. в 1/мин. / Respiratory motors in 1/min	Масса тела, кг / Body weight, kg	Среднесуточ. прирост, кг / Average daily gain, kg
1	I	39,49±1,42	117,22±1,52	36,17±1,12	31,56±1,24	
	II	39,48±1,36	119,13±1,63	36,22±1,14	31,36±1,32	
5	I	38,68±1,28	89,24±1,28	28,46±1,12	33,46±1,46	0,47±0,18
	II	38,59±1,22	88,34±1,33	28,56±1,12	33,52±1,22	0,54±0,16
15	I	38,69±0,92	87,24±1,80	27,16±0,82**	39,10±1,05**	0,61±0,21**
	II	38,60±0,94	88,32±2,11	27,36±0,84**	40,20±1,12*	0,66±0,19
30	I	38,70±1,36**	83,42±1,98	22,42±1,24	51,40±1,44	0,78±0,19
	II	38,68±1,28	84,42±1,48**	22,38±1,12	53,90±1,62	0,86±0,22**
60	I	38,58±1,12	78,56±2,34	20,40±0,44**	64,60±2,10	0,44±0,16
	II	38,62±1,28	78,24±2,11	20,50±0,36	68,40±1,78**	0,56±0,14
90	I	38,74±1,16**	76,13±2,24	18,44±0,18	86,72±1,80	0,73±0,24
	II	38,68±1,14	77,04±1,62*	19,05±1,16	95,36±1,42**	0,89±0,22**
120	I	38,50±1,13	76,65±1,56	18,60±1,12	112,25±1,36	0,86±0,16**
	II	38,62±1,22	77,04±1,48*	19,12±1,14*	122,64±1,26**	0,91±0,12

Достоверность здесь и далее *-P>0.95; **-P>0.99; ***-P> 0,999

В 1-й день внеутробной жизни у телят как в контрольной, так и опытной группах, в крови число эритроцитов, лейкоцитов и концентрация гемоглобина находились на одинаковом уровне. Число эритроцитов составило от $5,52 \pm 0,18 \cdot 10^{12/л}$ до $5,47 \pm 0,16 \cdot 10^{12/л}$; лейкоцитов – от $6,26 \pm 0,16 \cdot 10^{9/л}$ до $6,28 \pm 0,24 \cdot 10^{9/л}$; концентрация гемоглобина – от $1,36 \pm 0,10$ до $1,42 \pm 0,12$ ммол/л. Со 2-го дня постнатальной жизни в рацион телят опытной группы включили коралловую воду в дозе 300 мл в день на голову. Через 4 дня поения телят коралловой водой, т.е. на 5-й день опытного периода в крови у телят в I группе число эритроцитов составляло $5,36 \pm 0,21 \cdot 10^{12/л}$, а во II группе – $5,42 \pm 0,24 \cdot 10^{12/л}$, т.е. их число уменьшилось на 2,02 % в крови у телят в I группе и на 1,84 % в крови у телят во II группе относительно 1-го дня их внеутробной жизни.

Концентрация гемоглобина в крови у телят I группы составила $1,36 \pm 0,11$ ммол/л, а во II группе – $1,35 \pm 0,13$ ммол/л. Число лейкоцитов в крови у телят увеличивалось относительно 1-го дня их внеутробной жизни в I группе на 2,05 % и составило $6,56 \pm 0,34 \cdot 10^{9/л*}$, а во II группе – на 1,85 % – и составило $6,54 \pm 0,28 \cdot 10^{9/л*}$, концентрация гемоглобина в крови у телят в I группе составила $1,27 \pm 0,11$ ммол/л, или ниже на 6,62 %, а во II группе – $1,38 \pm 0,13$ ммол/л, или ниже на 5,19 %. Снижение и увеличение клеточного состава и концентрации гемоглобина в крови у телят до 5-и дневного возраста, по-видимому, связаны как с действием стресс-факторов внешней среды на организм новорожденных телят, однако у телят, получивших коралловую воду, данные показатели в крови были выше относительно контроля.

На 15-й день внеутробной жизни телят в крови число эритроцитов в I группе составило $5,55 \pm 0,36 \cdot 10^{12/л}$, лейкоцитов – $6,74 \pm 0,24 \cdot 10^{9/л}$, гемоглобина – $1,38 \pm 0,13$ ммол/л, а во II группе телят – $5,74 \pm 0,24 \cdot 10^{12/л}$, $6,94 \pm 0,32 \cdot 10^{9/л}$, $1,40 \pm 0,02$ ммол/л; т.е. эритроцитов выше на 3,42 %, лейкоцитов – 1,35 %, гемоглобина – 1,44 %. Из результатов иссле-

дований следует, что коралловая вода в рационе телят повышает функциональную активность органов системы крови и оказывает положительное влияние на формирования защитных сил организма в ответ на воздействие вредных факторов внешней среды.

На 30-й день опытного периода нами установлено увеличение клеточного состава крови у телят в обеих группах. При этом в крови у телят в I группе обнаружено эритроцитов $6,31 \pm 0,14 \cdot 10^{12/л}$, лейкоцитов – $7,38 \pm 0,14 \cdot 10^{9/л}$, гемоглобина – $1,44 \pm 0,02$ ммол/л, а в крови у телят во II группе – $6,44 \pm 0,18 \cdot 10^{12/л}$, $7,48 \pm 0,18 \cdot 10^{9/л}$, $1,42 \pm 0,02$ ммол/л. В крови у телят, получивших коралловую воду, эритроцитов было выше на 2,085 %, лейкоцитов – 1,35 %, гемоглобина – 3,47 %, т.е. в организме животных II группы значительно повысилось содержание кислорода, необходимого для окислительно-восстановительных реакций, а также фагоцитарной активности лейкоцитов, что и способствовало более полному усвоению питательных веществ корма животными, росту и развитию их.

В крови у 60-дневных телят контрольной группы количество эритроцитов составило $6,32 \pm 0,21 \cdot 10^{12/л}$, лейкоцитов – $7,36 \pm 0,24 \cdot 10^{9/л}$, гемоглобина – $1,52 \pm 0,006$ ммол/л*, а во II группе соответственно $6,41 \pm 0,28 \cdot 10^{12/л}$, $7,58 \pm 0,22 \cdot 10^{9/л}$, $1,56 \pm 0,04$ ммол/л. В крови у телят опытной группы эритроцитов было выше на 1,42 %, лейкоцитов – 2,98 %, гемоглобина – 2,63 %. В крови у 90-дневных телят в I группе количество эритроцитов составило $6,44 \pm 0,32 \cdot 10^{12/л}$, лейкоцитов – $7,54 \pm 0,16 \cdot 10^{9/л}$, гемоглобина – $1,58 \pm 0,08$ ммол/л. В крови у телят во II группе число эритроцитов было выше на 2,32 %, лейкоцитов – 1,85 %, гемоглобина – 2,25 % относительно контроля.

На 120-й день жизни у телят контрольной группы в крови число составило: эритроцитов $6,48 \pm 0,32 \cdot 10^{12/л}$, лейкоцитов – $7,58 \pm 0,28 \cdot 10^{9/л}$, гемоглобина – $1,58 \pm 0,11$ ммол/л, а во II группе телят соответственно $6,62 \pm 0,42 \cdot 10^{12/л*}$, $7,76 \pm 0,32 \cdot 10^{9/л}$, гемоглобина – $1,62 \pm 0,12$ ммол/л, т.е. в крови у телят опытной группы было выше эритроцитов на 2,16 %, лейкоцитов – 2,34 %, гемоглобина – 2,57 %.

За 120 дней опытного периода использования коралловой воды в поении телят опытной группы в среднем число эритроцитов повысилось на 2,28 %, лейкоцитов – на 2,19 %, гемоглобина – на 2,52 %. Данные показатели в зависимости от возраста животных, смены рациона и условия содержания изменялись волнообразно. По нашим результатам исследований необходимо отметить, что 5-день внеутробной жизни телят и 60-й день являются критическими днями, что выражается в снижении в крови телят количества эритроцитов и гемоглобина с одновременным повышением числа лейкоцитов, а коралловая вода оказывает положительное влияние на организм животных, особенно в критические периоды их жизни, что и выражается в повышении их жизнеспособности, адаптации к сменяющимся условиям содержания и быстрым ростом и развитием.

Из анализа цифрового материала следует, что количество эритроцитов в крови в обеих группах телят увеличивается равномерно и составляет в I группе от $5,63 \pm 0,13$ до $7,16 \pm 0,42 \cdot 10^{12/л}$, а в крови у телят, выращенных с использованием коралловой воды составляет от $5,59 \pm 0,14$ до $7,16 \pm 0,42 \cdot 10^{12/л*}$. Увеличение числа эритроцитов в крови телят сопровождалось повышением концентрации гемоглобина. Данный показатель в крови телят в обеих группах составил от $1,48 \pm 0,01$ до $1,58 \pm 0,11$ ммоль/л.

Поение телят опытной группы коралловой водой способствовало увеличению числа эритроцитов на 15-день опыта на 1,74 %, на 120-й день опыта – на 2,51 %. Концентрация гемоглобина в крови у телят во II группе было выше на 30-й день опыта на 3,8 %, на 120-й день опыта – на 2,53 %. По нашим данным, коралловая вода в рационе животных, по-видимому, стимулирует эритропоэз в организме животных и способствует насыщению гемоглобина кислородом, таким образом стимулируя окислительно-восстановительные процессы в организме животных, усвоение питательных веществ кормов, и на этой основе повышаются темпы роста и развитие животных.

Количество лейкоцитов в крови с возрастом у телят увеличивается: так, их число в крови составляло от $6,63 \pm 0,13 \cdot 10^9/\text{л}$ до $8,46 \pm 0,28 \cdot 10^9/\text{л}$ у телят в I группе и от $6,62 \pm 0,28 \pm 0,28 \cdot 10^9/\text{л}$ у телят во II группе. В опытной группе телят в крови число лейкоцитов было выше на 0,26 %, а в конце опытного периода – на 0,99 % относительно контроля. Количество лейкоцитов в крови животных с возрастом повышается, что и указывает на адаптацию организма к изменяющимся природно-климатическим, зоогигиеническим условиям среды их обитания, а также к количеству и качеству корма, так как животным необходимо более полно усваивать питательные вещества корма и повышать формирование и становление защитных сил организма на воздействие вредных факторов эндогенного и экзогенного характера.

Результаты исследований, приведенных в таблице 1, подтверждаются результатами данных лейкограммы (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика лейкограммы крови у телят

Table 2 – Dynamics of blood leukogram in calves

Возраст, дни / Age, days	Группа / Group	Показатели / Indicators					
		Базофилы / Basophils	Эозинофилы / Eosinophils	Нейтрофилы / Neutrophils		Лимфоциты / Lymphocytes	Моноциты / Monocytes
				Палочко-ядерные / Stab	Сегментоядерные / Segmented		
1	I	$0,18 \pm 0,03$	$1,21 \pm 0,12$	$4,72 \pm 0,23$	$42,08 \pm 1,22$	$51,63 \pm 1,48$	$0,81 \pm 0,04$
	II	$0,19 \pm 0,03$	$1,19 \pm 0,13$	$4,56 \pm 0,18$	$42,36 \pm 1,16$	$50,87 \pm 1,26$	$0,83 \pm 0,03$
5	I	$0,39 \pm 0,04$	$1,59 \pm 0,18$	$4,98 \pm 0,32$	$43,07 \pm 1,32$	$48,77 \pm 1,48$	$1,21 \pm 0,12$
	II	$0,38 \pm 0,03$	$1,56 \pm 0,16$	$5,09 \pm 0,28$	$44,18 \pm 1,28$	$47,59 \pm 1,17$	$1,25 \pm 0,13$
15	I	$0,48 \pm 0,06$	$1,82 \pm 0,22$	$4,26 \pm 0,32$	$43,36 \pm 1,42$	$48,60 \pm 1,52$	$1,48 \pm 0,18^*$
	II	$0,44 \pm 0,05$	$1,62 \pm 1,18^*$	$4,18 \pm 0,28$	$43,56 \pm 1,36^{**}$	$48,78 \pm 1,48$	$1,42 \pm 0,16$
30	I	$0,46 \pm 0,04$	$1,78 \pm 0,24$	$4,28 \pm 0,28$	$44,28 \pm 1,34^{**}$	$47,62 \pm 1,36^{**}$	$1,58 \pm 0,26$
	II	$0,42 \pm 0,03$	$1,63 \pm 0,22$	$4,18 \pm 0,18$	$45,36 \pm 1,14$	$46,85 \pm 1,22$	$1,56 \pm 0,18$
60	I	$0,48 \pm 0,06^*$	$1,86 \pm 0,28$	$4,56 \pm 0,36$	$46,16 \pm 1,48$	$44,68 \pm 1,28$	$2,26 \pm 0,16$
	II	$0,44 \pm 0,04$	$1,66 \pm 0,24$	$4,36 \pm 0,42$	$46,56 \pm 1,29$	$44,89 \pm 1,13^{**}$	$2,14 \pm 0,24^*$
90	I	$0,46 \pm 0,04$	$1,92 \pm 0,36$	$4,48 \pm 0,36$	$45,69 \pm 1,62$	$45,29 \pm 1,32$	$2,16 \pm 0,18$
	II	$0,42 \pm 0,03^{**}$	$1,84 \pm 0,46$	$4,28 \pm 0,40$	$46,36 \pm 1,58$	$44,02 \pm 1,44$	$2,12 \pm 0,24$
120	I	$0,44 \pm 0,02$	$1,98 \pm 0,28^*$	$4,56 \pm 0,42$	$42,57 \pm 1,58$	$47,95 \pm 1,42^*$	$2,32 \pm 0,21$
	II	$0,42 \pm 0,05^*$	$1,96 \pm 0,32$	$4,26 \pm 0,32^*$	$44,56 \pm 1,36$	$46,59 \pm 1,36$	$2,21 \pm 0,22^*$

Количественное содержание базофилов в крови у телят как в контрольной, так и опытной группах с их возрастом увеличивается. В 1-й день внеутробной жизни у телят I группы число базофилов в крови составило $0,21 \pm 0,04$ %, на 15-й день – $0,44 \pm 0,08$ %, а в последующие дни жизни телят их число составило $0,40 \pm 0,06$ %; а у телят во II группе в крови число базофилов было выше от 18 до 20 %.

Базофилы – клетки крови, продуцирующие гистамин и гепарин, позволили поддерживать тонус и проницаемость сосудов, и тем самым воспалительные процессы в организме у телят II группы протекали без признаков болезни. Число эозинофилов в крови у телят изменяется с возрастом в обеих группах волнообразно, небольшими колебаниями. Это связано со сменой рациона и адаптацией организма к сменяющимся условиям содержания, так как основная функция эозинофилов – разрушение токсинов белкового происхождения, чужеродных белков и комплексов антиген-антитела. Число нейтрофилов в крови телят в I группе составило от $46,09 \pm 1,40$ до $43,50 \pm 1,42$ %, их чис-

ло выше в первые дни внеутробной жизни телят. В крови у телят во II группе число нейтрофилов выше от 1,6 до 3,31 % относительно контроля. Число лимфоцитов в крови у телят в I группе составляло от 51,65 до 48,90 %, а во II группе – от 52,15 до 48,10 %.

Лимфоциты, как центральное звено иммунной системы, организма определяют иммунитет, реализуют функцию иммунного надзора и ответственны за чистоту клеточного состава организма. Использование в выпаивании телят опытной группы коралловой воды позволило снизить число лимфоцитов в крови у телят от 0,5 до 0,9 %, т.е. защитные силы организма у телят опытной группы были выше, относительно контроля. Количественное содержание моноцитов в крови у животных в обеих группах составляло от $1,44 \pm 0,17$ до $4,30 \pm 0,61\%$. Однако число моноцитов выше на 0,15-0,80% в крови у телят контрольной группы, так как фагоцитарная активность моноцитов выше в кислой среде, т.е. при воспалительных процессах.

Выводы. В заключение необходимо отметить, что коралловая вода за счет высокой биологической ценности содержания в своем составе органических соединений, биологически активных веществ и минеральных элементов оказывает на организм животных положительное влияние: на клинико-физиологические показатели; на количественный, качественный состав клеток крови и на их функциональную активность, усвояемость питательных веществ корма. Положительное действие коралловой воды на организм выражается в выращивании физиологически здорового молодняка сельскохозяйственных животных с более высокими продуктивными показателями относительно контроля.

Библиографический список

1. Аламдори Х., Пономарев В., Долганова Н. В. Результаты микроскопического рыбного белкового гидролизата в процессе изготовления стартового комбикорма рыб с хитозаном // Вестник МГОУ: Электронный журнал. 2013. № 2. С. 1-7.
2. Григорьев В. С. Возрастные особенности морфологии лимфатических узлов крупного рогатого скота // Научный вестник Луганского национального аграрного университета. Ветеринарные науки. 2012. № 40. С. 50-54.
3. Громова О. А. Органические соли кальция: перспективы использования в клинической практике // Российский сотруднический центр института микроэлементов ЮНЕСКО ГБОУ ВПО «Ижевская государственная академия». 2012. № 28. С. 1407-1411.
4. Дмитриев А. О. Влияние стимулирующих подкормок на получение неплodных маток // Пчеловодство. 2016. № 2. С. 12-13.
5. Замалтдинов Р. Х. Влияние разных доз Воднита в рационах дойных коров на морфологический состав крови, качество и молочную продуктивность // Вестник Алтайского ГАУ. 2015. № 7. С. 107-111.
6. Келлер Н. Б. Пути проникновения склеротиний в глубины океана // Природа. 2012. № 11. С. 57-64.
7. Колесников А. В., Молянова Г. В. Влияние кормовых добавок дигидрокверцетина и Воднита на гуморальные факторы защиты организма телят // Известия Самарской ГСХА. 2014. № 1. С. 25-29.
8. Лам Ч. Н. Фосфолипиды и жирные кислоты роговых кораллов // Биол. моря. 1981. № 6. С. 44-47.
9. Латышев Н.А. Жирные кислоты мягкого коралла. *Gersemia Rubiformis* // Химия природных соединений. 1988. № 3. С. 447-448.
10. Маннапова Р. Т., Рапиев Р. Х. Показатели иммунного ответа в организме животных как адаптивно-регуляторные механизмы на стресс // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. С. 2016-2020.
11. Молянова Г. В. Влияние тимозина- $\alpha 1$ на активность ферментов переаминирования в крови поросят - сосунов в теплый период года // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. 2011. № 5. С. 25-28.

12. Момоджян М. М. Изучение морской звезды *Solaster endeca* как источник биологически активных веществ (БАВ) и протеинового шрота // Рыбное хозяйство. 1985. № 10. С. 67-68.
13. Пудовкин Н. А., Гарипов Т. В., Смутнев П. В. Обмен железа в организме поросят и пути его коррекции // Аграрный научный журнал. 2015. № 6. С. 32-34.
14. Семенов В. Г., Чучулин А. В. Система профилактики хромоты и терапии болезней копыт у коров // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2016. Т. 226. С. 147-150.
15. Юткина С. С. Влияние коралловой воды на концентрацию ферментов переаминирования в организме телят // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 3. С. 181-185.
16. Юшкин Д. С. Природный бишофит волгоградского месторождения в рационах хряков-производителей // Материалы XXI региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. С. 15-17.
17. Vasilev V., Krivenko D., Pudovkin N. Food quality pond carp at use diet selenium-containing prepared selenolite // British Journal of Science Education and Culture. London University Press. 2014. № 5. P. 224-228.

Conclusion, it should be noted that coral water, due to the high biological value of the content in its composition of organic compounds, biologically active substances and mineral elements, has a positive effect on the body of animals: on clinical and physiological indicators; on the quantitative, qualitative composition of blood cells and their functional activity, the assimilation of nutrients in feed. The positive effect of coral water on the body is expressed in the rearing of physiologically healthy young farm animals with higher productivity relative to control.

References

1. Alamdori Kh., Ponomarev V., Dolganova N. V. Results of microscopic fish protein hydrolysate in the process of manufacturing starting fish feed with chitosan // Bulletin of the Moscow state University: Electronic journal. 2013. No. 2. P. 1-7.
2. Grigoriev V. S. Age features of morphology of lymph nodes of cattle // Naukoviy Vesnik Luganskogo national agrarian University. Veterinary Sciences. 2012. No. 40. P. 50-54.
3. Gromova O. A. Organic calcium salts: prospects for use in clinical practice // Russian collaborative center of the UNESCO Institute of trace elements, Izhevsk state Academy. 2012. No. 28. P. 1407-1411.
4. Dmitriev A. O. Influence of stimulating top dressing on obtaining infertile Queens // Beekeeping. 2016. No. 2. P. 12-13.
5. Zamaltdinov R. H. Influence of different doses of Vodnit in the diets of dairy cows on the morphological composition of blood, quality and milk productivity // Vestnik Altaiskogo GAU. 2015. No. 7. P. 107-111.
6. Keller N. B. Ways of penetration of sclerotia into the depths of the ocean // Nature. 2012. No. 11. P. 57-64.
7. Kolesnikov A. V., Molyanova G. V. Influence of feed additives dihydroquercetin and Vodnit on humoral factors of protection of the body of calves // Izvestiya samarskoy gsha. 2014. No. 1. Pp. 25-29.
8. Lam Ch. N. Phospholipids and fatty acids of horn corals // Biol. seas. 1981. No. 6. P. 44-47.
9. Latyshev N. A. Fatty acids of soft coral. *Gersemia Rubiformis* // Chemistry of natural compounds. 1988. No. 3. Pp. 447-448.
10. Mannapova R. T., Rapiyev R. H. Indicators of the immune response in the animal body as adaptive-regulatory mechanisms for stress // Fundamental research. 2014. No. 3. P. 2016-2020.
11. Molyanova G. V. Influence of thymosin-A1A on the activity of transamination enzymes in the blood of suckling pigs in the warm period of the year // Bulletin of the Saratov state agrarian University named after N. I. Vavilov. 2011. No. 5. P. 25-28.
12. Momojyan M. M. Study of the sea star *Solaster endeca* as a source of biologically active substances (BAS) and protein meal // Fisheries. 1985. No. 10. Pp. 67-68.
13. Pudovkin N., Garipov T. V., Smutnev A. V. A.Iron exchange in the body of piglets and ways of its correction // Agrarian scientific journal. 2015. No. 6. P. 32-34.

14. Semenov V. G., Chuchulin A. V. System of chromate prevention and therapy of hoof diseases in cows // Scientific notes of the Bauman Kazan state Academy of veterinary medicine. 2016. V. 226. Pp. 147-150.

15. Yutkin, S. S. Effect of coral water on the concentration of enzymes of transamination in the body of calves /S. S. Yutkin //Bulletin Samara state agricultural academia.2016. n 3. P. 181-185.

16. Yushkin D. S. Natural bischofite of the Volgograd Deposit in the rations of boars-producers // Materials of the XXI regional conference of young researchers of the Volgograd region. Volgograd: Fgbou VO Volgogradsky GAU, 2017. P. 15-17.

17. Vasilev V., Krivenko D., Pudovkin N. Food gualiAy pond carp at use ditt stlenium-comtaining prepared selenolin // British Journal of Science Education and Culture. London University Press. 2014. № 5. P. 224-228.

Authors Information

Grigoriev Vasily Semenovich, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Epizootology, Pathology and Pharmacology, Samara State Agrarian University. 89272639070, 446442, Samara region, Kinel'sky district, urban settlement Ust-Kinelsky, st. Sports 12, apt. 61, E-mail: grigoriev_vs@yandex.ru

Molyanova Galina Vasilievna, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Epizootology, Pathology and Pharmacology, Samara State Agrarian University. 89276542710, Samara region, Kinel'sky district, Ust-Kinelsky settlement, Studentsy settlement, st. Vasilkovskaya 3, E-mail: molyanova@yandex.ru

Kokhanov Alexander Petrovich, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky pr., 26), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, E-mail: kohanov_000@mail.ru

Информация об авторах

Григорьев Василий Семенович, доктор биологических наук, профессор кафедры эпизоотологии, патологии и фармакологии Самарского государственного аграрного университета. 89272639070, (446442, Самарская область, Кинельский район, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Спортивная 12, кв. 61), E-mail: grigoriev_vs@yandex.ru

Молянова Галина Васильевна, доктор биологических наук, профессор кафедры эпизоотологии, патологии и фармакологии Самарского государственного аграрного университета. 89276542710, (Самарская область, Кинельский район, п.г.т. Усть-Кинельский, поселок Студенцы, ул. Васильковская, 3), E-mail: molyanova@yandex.ru

Коханов Александр Петрович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, E-mail: kohanov_000@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-23

CONJUNCTURAL STUDY OF THE CONSUMER PREFERENCES ON THE MEAT MARKET

V. N. Hramova¹, A. D. Timofeeva¹, Y. I. Hramova¹, I. A. Timofeev¹, E. S. Vorontsova^{2,3}

¹Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

²Povolzhsky Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products", Volgograd, Russia

³All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia

Received 25.10.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

The article presents a market research of consumer preferences in the meat market of the Volgograd region, which consisted in identifying which products from which manufacturers the population buys most often, what they pay attention to when choosing meat products, what criteria they use when buying, how often they consume and purchase meat products. Based on the data obtained in the course of the study, it is possible to draw conclusions not only on individual indicators, but also to assess the prospects for the development of the meat industry in the region.

Abstract

Introduction. Agriculture and food industry in aggregate represent a strategic sphere of the economy of the Volgograd region, designed to ensure a sustainable supply of the population with the required amount of high-quality food. The meat industry occupies a special place among the food industry in the Volgograd region. A wide range of meat products is presented in the trade networks of the city and the region. **An object.** The market research consisted in identifying consumer preferences: the products of which manufacturers the population purchases most often, what they pay attention to when choosing meat products, what criteria they use when purchasing, how often they consume and purchase meat products. Based on the data obtained in the course of the study, it is possible to draw conclusions not only on individual indicators, but also to assess the prospects for the development of the meat industry in the region. **Materials and methods.** At the initial stage, a statistical observation program was developed - the characteristics were selected that are essential, basic for the characterization of meat products; selected names of meat products; the main issues necessary for a complete description of the picture of the situation in the meat market and their gradation have been identified; there is a logical sequence of questions. As a method of collecting information, a survey in the form of a questionnaire was chosen, created on an Internet resource using the GoogleForms service. The created survey was passed by residents of the city of Volgograd and the Volgograd region through social networks, the number of respondents was 740 people according to the method of confidence intervals (with a measurement accuracy of $\pm 2\%$). **Results and conclusion.** In modern conditions of increasing competition, the results of marketing research are considered one of the most important factors of success. They allow us to identify the level of awareness of buyers, market conditions, consumer preferences and draw conclusions about the quality of the product, the possibilities of actively influencing the market with all elements of the marketing mix. Thus, after processing the results of the survey, conducting an analysis, the main factors of the competitiveness of meat products were determined - the correspondence of the price to the income of buyers, as well as the quality of the products. The information obtained as a result of the survey will help manufacturers of meat products to offer customers products that match their preferences and, as a result, increase profits.

Key words: *conjuncture, market conditions, marketing, marketing research, meat products, survey, food industry, consumer, consumer preferences, market.*

Citation. Hramova V. N., Timofeeva A. D., Hramova Y. I., Timofeev I. A., Vorontsova E. S. Consumer preferences study on the meat market. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4 (60). 237-245 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-23

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

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

УДК 637.521.47: 338.4

КОНЬЮНКТУРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПРЕДПОЧТЕНИЙ НА РЫНКЕ МЯСОПРОДУКТОВ

В. Н. Храмова¹, доктор биологических наук, профессор
А. Д. Тимофеева¹, аспирант; Я. И. Храмова¹, аспирант
И. А. Тимофеев¹, ассистент; Е. С. Воронцова^{2,3}, аспирант

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

²Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград

³Всероссийский НИИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 25.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Сельское хозяйство и пищевая промышленность в совокупности представляют стратегическую сферу экономики Волгоградской области, призванную обеспечить устойчивое снабжение населения необходимым количеством качественных продуктов питания. Мясная промышленность занимает особое место среди отраслей пищевой промышленности

Волгоградской области. В торговых сетях города и области представлен широкий ассортимент мясных продуктов. **Объект.** Конъюнктурное исследование заключалось в выявлении потребительских предпочтений: продукцию, каких производителей население приобретает чаще всего, на что обращают внимание при выборе мясных продуктов, какими критериями пользуются при покупке, как часто употребляют и приобретают мясные изделия. На основе полученных в ходе исследования данных можно сделать заключения не только по отдельным показателям, но и оценить перспективы развития мясной отрасли в области. **Материалы и методы.** Методом сбора данных явился опрос через социальные сети, в котором приняли участие 740 жителей Волгограда и Волгоградской области. **Результаты и выводы.** Проведенные исследования позволяют оценить предпочтения потребителей в области мясной продукции на основе опроса и могут быть использованы в маркетинговой деятельности организаций как производителей данной продукции, так и в каналах распределения.

Ключевые слова: конъюнктура рынка мясопродуктов, маркетинговые исследования, мясные продукты, потребительские предпочтения, рынок мясных продуктов.

Цитирование. Храмова В. Н., Тимофеева А. Д., Храмова Я. И., Тимофеев И. А., Воронцова Е. С. Конъюнктурное исследование потребительских предпочтений на рынке мясопродуктов. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 237-245. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-23

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На сегодняшний день рынок мясопродуктов считается одним из самых крупнейших рынков продовольственных товаров. Его состояние оказывает существенное влияние на другие рынки продуктов питания. В частности, показателен в этом отношении рынок колбасных изделий, являющийся очень динамичным. Для него характерен более высокий уровень конкуренции, чем для других продовольственных рынков [7, 12-15].

Потребление мясопродуктов увеличивается, когда улучшается и стабилизируется экономическая ситуация. За десятки лет существования отечественного мясопроизводства складывалась своего рода определенная культура потребления мясных продуктов. При выборе мясных продуктов потребители пользовались такими определяющими ключевыми критериями, как качество и стоимость продукции [14].

Для большего развития рынка мясопродуктов и выявления особенностей структуры потребления мясной продукции населением было проведено исследование, основными задачами которого являлось выявление степени осведомленности покупателей о производителях и о предпочтениях марок мясных продуктов; определение критериев покупки продуктов; выявление потребительских предпочтений; определение социально-демографических характеристик покупателей [13]. Объектом исследования являлся рынок мясных продуктов Волгоградской области. Исследуемые мясопродукты – вареные, сырокопченые, полукопченые, варёно-копченые колбасы, сосиски, сардельки, мясные деликатесы, полуфабрикаты. В качестве субъекта исследования выступали жители города Волгограда и Волгоградской области.

Материалы и методы. На начальном этапе была разработана программа статистического наблюдения – отобраны признаки, являющиеся существенными, основными для характеристики мясных продуктов; выбраны наименования мясных изделий; определены основные вопросы, необходимые для полного описания картины ситуации мясного рынка, и их градация; логически выстроена последовательность вопросов. В каче-

стве способа сбора информации был выбран опрос в виде анкеты, созданный в интернет-ресурсе с помощью сервиса GoogleForms [6]. Созданный опрос прошли жители города Волгограда и Волгоградской области через социальные сети, количество опрошенных составило, согласно методу доверительных интервалов, 740 человек (при точности измерения, равной $\pm 2\%$).

Результаты и обсуждение. В общем числе респондентов 85,5 % женщин и 14,5 % мужчин. Больше всего в опросе приняло участие респондентов в возрасте от 18 до 25 лет (46,1 %). Распределение респондентов по возрасту представлено на рисунке 1.

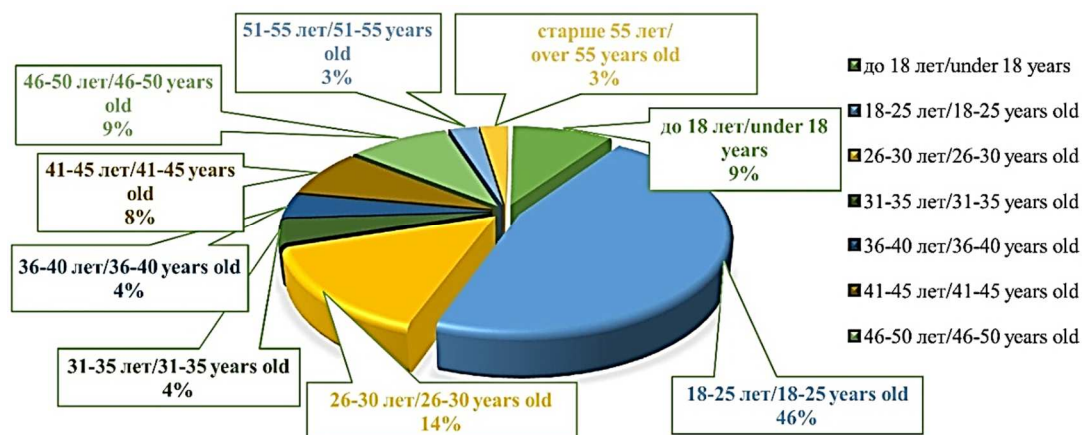


Рисунок 1 – Распределение респондентов по возрасту

Figure 1 – Distribution of respondents by age

Наибольшую долю в распределении потребителей по роду деятельности занимают рабочие – 43,4 % (рисунок 2). Служащие и учащиеся занимают соответственно по 22,7 % и 15,8 % в структуре покупателей [10].



Рисунок 2 – Распределение респондентов по роду деятельности

Figure 2 – Distribution of respondents by occupation

В ходе опроса была выявлена частота потребления мясных продуктов респондентами (рисунок 3). Ответы распределились следующим образом – 36,8 % потребляют мясные продукты каждый день, 34,2 % – 1-2 раза в неделю, и по 14,5 % – 1-2 раза в две недели и 1-2 раза в месяц [8]. Таким образом, очевидно, что мясные продукты играют большую роль в повседневной жизни населения. Почти у 40 % опрошенных людей ежедневно на столе присутствуют мясные изделия.

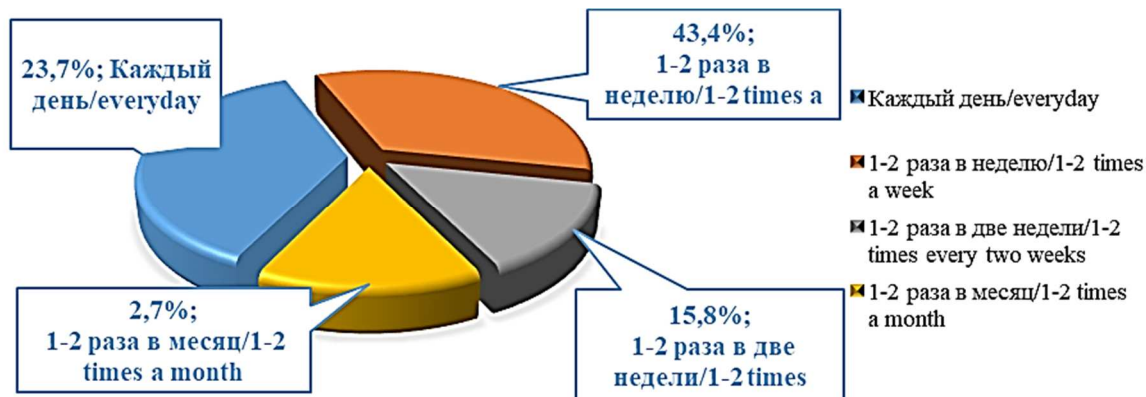


Рисунок 3 – Частота потребления мясных продуктов респондентами

Figure 3 – Frequency of consumption of meat products by respondents

Из мясной продукции большей популярностью среди опрошенных пользуются полуфабрикаты (их выбрало 52,6 % опрошенных), не меньшим спросом пользуются вареные колбасы – 50 %, а также сосиски и сардельки – 48,6 %, сырокопченые колбасы – 46,1 % [4]. Меньшее предпочтение респонденты отдают мясным деликатесам (32,9 %), полукопчёным (30,3 %) и варёно-копченым (23,7 %) колбасам (рисунок 4).

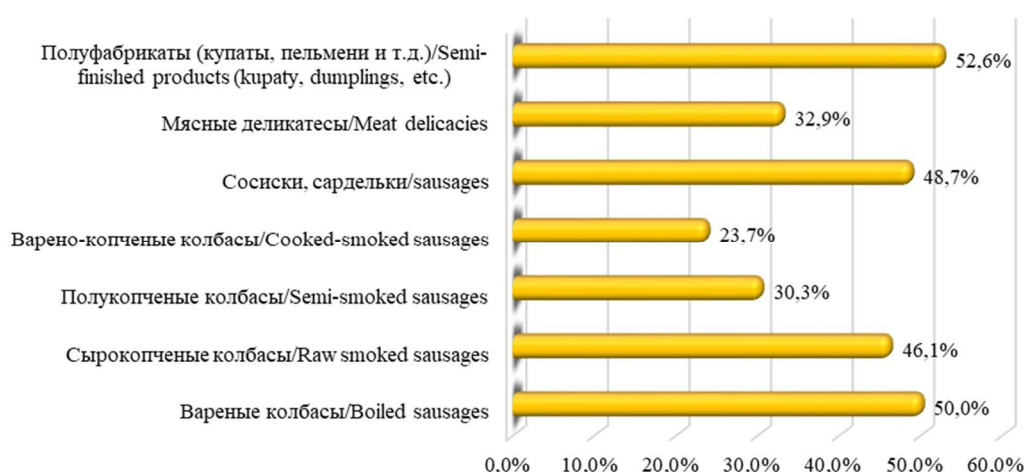


Рисунок 4 – Гистограмма предпочтений мясных продуктов респондентами

Figure 4 – Histogram of respondents' preferences for meat products

Также респондентам предлагался вопрос о частоте приобретения мясных продуктов (рисунок 5) [11]. Большинство опрошенных (35,5 %) приобретают мясные продукты 1 раз в неделю, немного меньше респондентов (32,9 %) – 2-3 раза в месяц, 14,5 % - 2-3 раза в неделю, 9,2 % – 1 раз в месяц, 6,6 % – реже одного раза в месяц, и лишь 1,3 % приобретают мясные продукты 4 раза в неделю и чаще.

Были исследованы потребительские предпочтения по производителям мясных продуктов с помощью вопроса: «Мясные продукты какого производителя Вы приобретаете чаще всего?» (рисунок 6) [5]. Большим спросом пользуется продукция местного производителя «Волгоградский мясокомбинат» (36,8 %). Также многие опрошенные отметили, что приобретают продукцию ПАО «Черкизово» (14,3 %). Несмотря на то, что предприятие ООО «Волжский мясокомбинат» расположено вблизи Волгограда, и что в

опросе также принимали участие жители города Волжский, продукция этого производителя не пользуется таким большим спросом – ее приобретают лишь 3% опрошенных. Такой невысокий спрос на продукцию ООО «Волжский мясокомбинат», вероятно, можно объяснить небольшим разнообразием ассортиментной линейки.

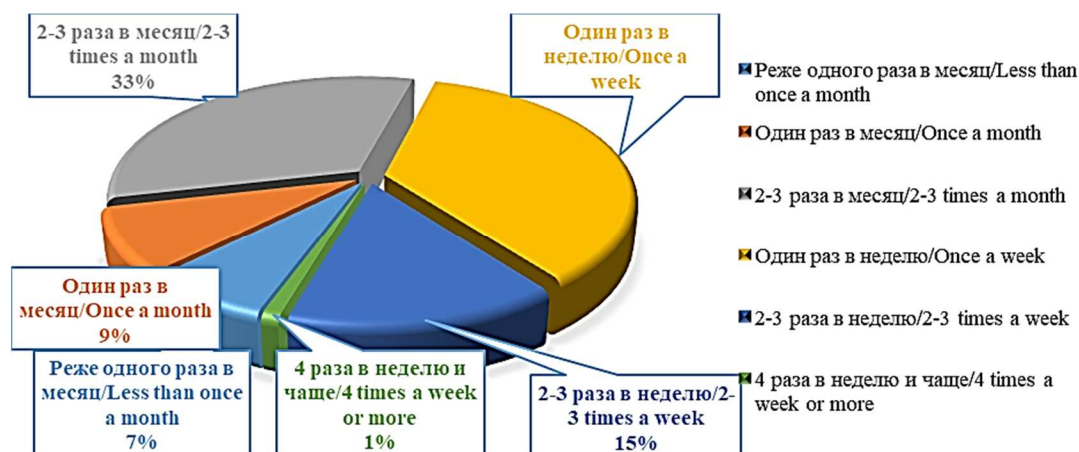


Рисунок 5 – Частота потребления мясных продуктов респондентами

Figure 5 – Frequency of consumption of meat products by respondents

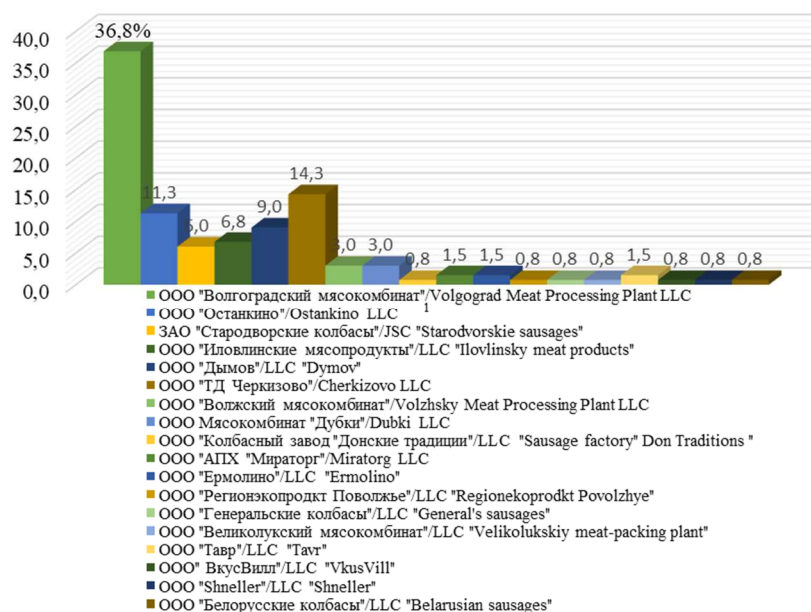


Рисунок 6 – Потребительские предпочтения по производителям мясных продуктов

Figure 6 – Consumer preferences for meat products

И в завершение опроса респондентам был задан вопрос о критериях, которыми они руководствуются при выборе мясных продуктов (рисунок 7) [1]. На первом месте стоит критерий, связанный с качественными характеристиками продукта – вкус (80,3 %), на второе место респонденты отнесли состав продукции (69,7 %), на третьем месте – цена (63,2 %). Вот три основополагающих фактора, которыми руководствуются покупатели при выборе мясных продуктов – важно соотношение цены и качества. Стоит отметить, что большой процент опрошенных также обращает внимание на внешний вид продукта (34,2 %), что также может повлиять на их выбор при покупке [2, 3, 9].

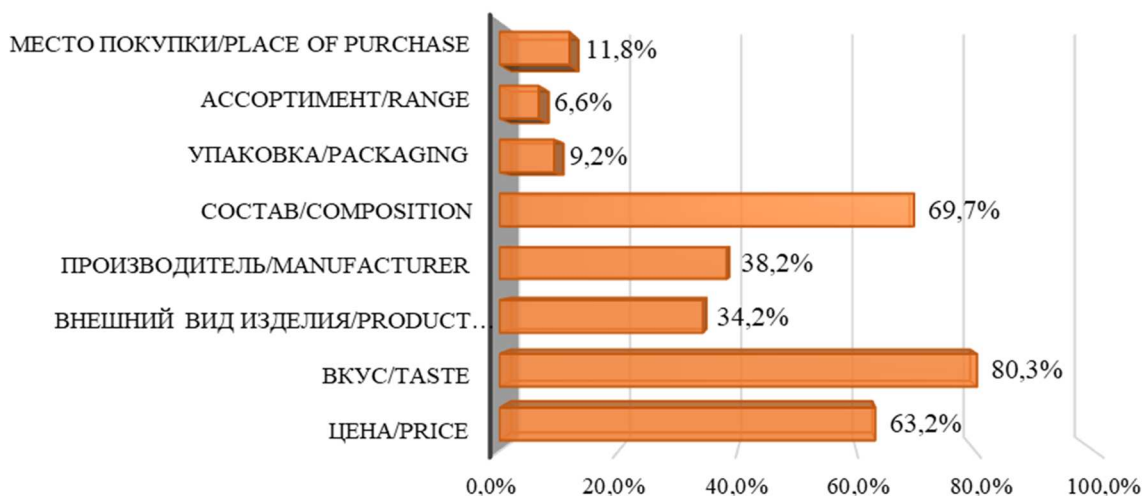


Рисунок 7 – Критерии покупки мясных продуктов

Figure 7 – Criteria for the purchase of meat products

Выводы. В современных условиях нарастания конкуренции результаты маркетингового исследования считаются одним из важнейших факторов успеха. Они позволяют выявить уровень осведомленности покупателей, конъюнктуру рынка, потребительские предпочтения и сделать выводы относительно качества товара, возможностей активного воздействия на рынок всеми элементами комплекса маркетинга. Таким образом, обработав полученные результаты опроса, проведя анализ, определили основные факторы конкурентоспособности мясных продуктов – соответствие цены доходам покупателей, а также качество продукции. Полученная в результате проведенного опроса информация поможет производителям мясных продуктов предложить покупателям продукцию, соответствующую их предпочтениям, и, как следствие, увеличить прибыль.

Библиографический список

1. Беляев Н. М. Маркетинговые исследования потребительских мотиваций и предпочтений при выборе мясных продуктов // Аспирант. Изд-во: Южный университет (ИУБиП). 2016. № 3. С. 126-128.
2. Гузий С., Ондрейовичова М. Анализ предпочтений покупателей на рынке продуктов питания России // Международный сельскохозяйственный журнал. 2015. № 4. С. 54-58.
3. Керзина Е. А., Сеник Е. А. Исследование спроса на рынке мясопродуктов Пермского края // Экономика и предпринимательство. 2014. № 1-3. С. 223-227.
4. Ковалева И. В., Сурай Н. М. Маркетинговые исследования рынка мясных полуфабрикатов г. Барнаула // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. Из-во: Алтайский государственный аграрный университет. 2015. № 5. С. 190-194.
5. Крутиков В. К., Якунина М. В. Региональный рынок мяса: конкурентоспособность предприятий и продукции. М.: Ноосфера, 2011. 160 с.
6. Потребление мясных продуктов: опрос [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScNcQdaYRhB-PlkQF_hOzP547BP4FyaLvL197EkZu5IjK8W5w/viewform.
7. Саетгалиев З. И., Шаяхметов И. Т., Хужахметова Г. Н. Исследование конъюнктуры на региональном мясном рынке // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 35-37.
8. Сурай Н. М., Высоцкая О. А. Исследование потребительских предпочтений на рынке мясной продукции при формировании рационального компонента региональных брендов // Техника и технология пищевых производств. 2017. № 1. С. 144-151.

9. Титова Е. М., Алексеев М. Н. Критерии оценки конкурентоспособности мясопродуктов на товарном рынке // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2007. № 2. С. 41-46.

10. Тихонова О. Ю., Резниченко И. Ю., Зоркина Н. Н. Исследование потребительских предпочтений в отношении маркировки пищевых продуктов и оценки ее качества // Техника и технология пищевых производств. 2015. № 1. С. 152-156.

11. A Meta-Analysis of Geographical Indication Food Valuation Studies: What Drives the Premium for Origin-Based Labels? / O. C. Deselnicu, M. Costanigro, D. M. Souza-Monteiro, D. Th. McFadden // Journal of Agricultural and Resource Economics. 2013. Vol. 38. No. 2.

12. Aboah J., Lees N. Consumers use of quality cues for meat purchase: Research trends and future pathways // Meat Science. 2020. V. 166.

13. Is packaging affecting consumers' preferences for meat products? A study of modified atmosphere packaging and vacuum packaging in iberian dry-cured ham / A. Ortiz [et al.] // Journal of Sensory Studies. 2020. V. 35(4).

14. Martin C., Lange C., Marette S. Importance of additional information, as a complement to information coming from packaging, to promote meat substitutes: A case study on a sausage based on vegetable proteins // Food Quality and Preference. 2020. № 87.

15. Van Loo E. J., Caputo V., Lusk J. L. (2020). Consumer preferences for farm-raised meat, lab-grown meat, and plant-based meat alternatives: Does information or brand matter? // Food Policy. 2020. N. 95.

Conclusions. In the competition of the results of marketing research of modern conditions one of the most important factors of success. They allow us to identify the level of awareness of buyers, market conditions, consumer preferences and draw conclusions about the quality of the product, the impact on the market of all elements of the marketing complex. Thus, after processing the results of the survey, conducting an analysis, the main factors of the competitiveness of meat products were determined - the correspondence of the price to the income of buyers, as well as the quality of the products. The information obtained as a result of the survey will help manufacturers of meat products to offer customers products that match their preferences, and, as a result, increase profits.

References

1. Belyaev N. M. Marketing research of consumer motivations and preferences when choosing meat products // Post-graduate student. Publishing house: Southern University (IUBiP). 2016. No. 3. P. 126-128.

2. Guziy S., Ondrejovichova M. Analysis of consumer preferences in the Russian food market // International Agricultural Journal. 2015. No. 4. P. 54-58.

3. Kerzina E. A., Senik E. A. Research of demand in the market of meat products of the Perm region // Economy and entrepreneurship. 2014. No. 1-3. P. 223-227.

4. Kovaleva I. V., Suray N. M. Marketing research of the market of semi-finished meat products in Barnaul // Bulletin of the Altai State Agrarian University. From: Altai State Agrarian University. 2015. No. 5. P. 190-194.

5. Krutikov V. K., Yakunin M. V. Regional meat market: competitiveness of enterprises and products. M.: Noosfera, 2011. 160 p.

6. Poll "Consumption of meat products" [Electronic resource]. Access mode: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScNcQdaYRhB-IIkQF_hOzP547BP4FyaLvL197EkZu5IjK8W5w/viewform.

7. Saetgaliev Z. I., Shayakhmetov I. T., Khuzhakhmetova G. N. Research of the conjuncture in the regional meat market // Modern problems of science and education. 2012. No. 3. P. 35-37.

8. Suray N. M., Vysotskaya O. A. Research of consumer preferences in the market of meat products in the formation of a rational component of regional brands // Technics and technology of food production. 2017. No. 1. P. 144-151.

9. Titova E. M., Alekseev M. N. Criteria for assessing the competitiveness of meat products on the commodity market // Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy. 2007. No. 2. P. 41-46.
10. Tikhonova O. Yu., Reznichenko I. Yu., Zorkina N. N. Research of consumer preferences in relation to food labeling and assessment of its quality // Technics and technology of food production. 2015. No. 1. P. 152-156.
11. A Meta-Analysis of Geographical Indication Food Valuation Studies: What Drives the Premium for Origin-Based Labels? / O. C. Deselnicu, M. Costanigro, D. M. Souza-Monteiro, D. Th. McFadden // Journal of Agricultural and Resource Economics. 2013. Vol. 38. No. 2.
12. Aboah J., Lees N. Consumers use of quality cues for meat purchase: Research trends and future pathways // Meat Science. 2020. V.166.
13. Is packaging affecting consumers' preferences for meat products? A study of modified atmosphere packaging and vacuum packaging in iberian dry-cured ham / A. Ortiz [et al.] // Journal of Sensory Studies. 2020. V. 35(4).
14. Martin C., Lange C., Marette S. Importance of additional information, as a complement to information coming from packaging, to promote meat substitutes: A case study on a sausage based on vegetable proteins // Food Quality and Preference. 2020. № 87.
15. Van Loo E. J., Caputo V., Lusk J. L. (2020). Consumer preferences for farm-raised meat, lab-grown meat, and plant-based meat alternatives: Does information or brand matter? // Food Policy. 2020. N. 95.

Authors Information

Khramova Valentina Nikolaevna, Professor of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (400005, Russia, Volgograd, Lenin Ave., 28), Doctor of Biological Sciences, Professor tel.: +7 (8442) 24-81-47; 24-80-29; e-mail: hramova_vn@mail.ru; ftp@vstu.ru

Timofeeva Anastasia Dmitrievna, postgraduate student of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (400005, Russia, Volgograd, Lenin Ave., 28), tel.: +7 (8442) 24-84-47, e-mail: timcher1909@yandex.ru

Khramova Yaroslavna Igorevna, postgraduate student of the Department of Industrial Ecology and Life Safety, Volgograd State Technical University (400005, Russia, Volgograd, Lenin Ave., 28), tel.: +7 (8442) 24-80-29, e-mail: ftp@vstu.ru

Timofeev Ivan Anatolyevich, Assistant of the Department of Automatic Installations, Volgograd State Technical University (400005, Russia, Volgograd, Lenin Ave., 28), tel.: +7 (8442) 24-81-51, e-mail: mr.timofeev1995@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, graduate student of the federal state budgetary scientific institutions "Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products" (400131, Volgograd, Rokossovskogo Street, 6); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0730-853X> E-mail: esvoronts@mail.ru

Информация об авторах

Храмова Валентина Николаевна, профессор кафедры технологии пищевых производств, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28), доктор биологических наук, профессор тел.: +7 (8442) 24-81-47; 24-80-29; e-mail: hramova_vn@mail.ru; ftp@vstu.ru

Тимофеева Анастасия Дмитриевна, аспирант кафедры технологии пищевых производств, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28), тел.: +7 (8442) 24-84-47, e-mail: timcher1909@yandex.ru

Храмова Ярославна Игоревна, аспирант кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28), тел.: +7 (8442) 24-80-29, e-mail: ftp@vstu.ru

Тимофеев Иван Анатольевич, ассистент кафедры автоматические установки, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28), тел.: +7 (8442) 24-81-51, e-mail: mr.timofeev1995@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, аспирант федерального государственного бюджетного научного учреждения «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0730-853X>. E-mail: esvoronts@mail.ru

THE USE OF CDKL2 GENE SECTION SEQUENCING TO SEARCH POLYMORPHIC VARIANTS IN THE GENOME OF CHICKENS

O. V. Mirtofanova, N. V. Dementieva, A. A. Krutikova, I. A. Meftach,
K. V. Plemyashov

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Sankt-Petersburg, Russia

Received 16.10.2020

Submitted 02.12.2020

The work was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research in the framework of the scientific project No. 18-016-00114 using chicken populations of the bioresource collection "Genetic collection of rare and endangered chicken breeds" (RRIFAGB, St. Petersburg, Pushkin).

Summary

The article presents the results of the analysis of polymorphism in the CDKL2 gene in the genome of chickens of gene pool breeds, obtained using Sanger sequencing. The frequencies of genotypes and alleles were calculated for four substitutions identified during in silico analysis. Samples where genetic balance disorder was observed.

Abstract

Introduction. The relevance of the study is due to the fact that the search for genetic factors that affect the productive qualities of chickens of gene pool and local breeds continues. Despite the fact that many loci associated with the growth rate and live weight are known, there remains a significant number of unexplored factors, knowledge of which may be in demand in projects to create modern domestic highly productive chicken crosses. **Object.** The object of our study was chickens of the Rhode Island ($n = 11$), Pushkin ($n = 16$), Yurlov ($n = 16$), Russian White ($n = 16$) breeds from the Genetic Collection of Rare and Endangered Breeds of Chickens. **Materials and methods.** DNA was isolated from frozen blood from chickens using methods based on the use of proteinase K and phenol. Using in silico search, the CDKL2 gene was found as a candidate gene associated with body weight in chickens. To determine the variants of genetic polymorphism in this gene, the international databases NCBI and ENSEMBL were analyzed, as a result of which single nucleotide substitutions were identified. To detect the detected polymorphisms, a special primer design was developed, selected in the BLAST NCBI program. The search for polymorphic variants was carried out by sequencing the site of the candidate locus. For this, an Applied Biosystems 3500 Genetic Analyzer and BigDye® Terminator v3.1 Sequencing Standard Kit (Applied Biosystems) was used according to the manufacturer's protocol. Sequence alignment was performed using Mega 6.0 software. Biometric processing of digital data was performed using Microsoft Excel programs. **Results and conclusion.** In silico analysis of databases, four polymorphic loci were found in the intron of the CDKL2 gene associated with body weight in chickens. In the course of Sanger sequencing to replace rs14449653 in chickens of the Rhode Island ($n = 11$) and Russian White ($n = 16$) breeds, only AA homozygotes were identified. In the sample of Pushkin breed chickens ($n = 16$), GG homozygotes predominated. A violation of the genetic balance was noted in the sample of Pushkin breed chickens according to rs14449653 ($\chi^2=6.30$), in the Rhode Islands according to rs16388214 ($\chi^2=4.18$). In the sample of Yurlovskaya chickens ($n = 16$), no genetic balance was observed for all SNPs. The frequency of occurrence of allele A for rs14449653 was equal to 1 in chickens of egg breeds. According to the replacement rs16388214 in representatives of this direction of productivity, the frequency of the T allele was 0.850 in the Rhode Islands and 0.937 in Russian white chickens. For the rest of the substitutions, no obvious differences were found between the breeds selected for analysis.

Key words: chickens, DNA, sequencing, single nucleotide polymorphism, live weight.

Citation. Mirtofanova O. V., Dementieva N. V., Krutikova A. A., Meftach I. A., Plemyashov K. V. Use of CDKL2 gene section sequencing to search polymorphic variants in the genome of chickens *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 246-252 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-24

Author's contribution. Each author participated in the collection of material for research, data analysis and preparation of the manuscript

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

УДК 636.034

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕКВЕНИРОВАНИЯ УЧАСТКА ГЕНА *CDKL2* ДЛЯ ПОИСКА ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ В ГЕНОМЕ КУР

О. В. Митрофанова, кандидат биологических наук

Н. В. Дементьева, кандидат биологических наук

А. А. Крутикова, кандидат биологических наук

И. А. Мефтах, аспирант

К. В. Племяшов, доктор ветеринарных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, г. Санкт-Петербург - Пушкин

Дата поступления в редакцию 16.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 18-016-00114 с использованием популяций кур ЦКП «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (ВНИИГРЖ, Санкт-Петербург, Пушкин)

Актуальность исследования обусловлена тем, что в настоящее время продолжается поиск генетических факторов, оказывающих влияние на продуктивные качества кур генофондных и локальных пород. Несмотря на то, что известно множество локусов, ассоциированных со скоростью роста и живой массой, остается значительное число неизученных факторов, знания о которых могут быть востребованными в проектах по созданию современных отечественных высокопродуктивных кроссов кур. **Объект.** Объектом нашего исследования послужили куры пород род-айланд ($n=11$), пушкинская ($n=16$), юрловская ($n=16$), русская белая ($n=16$) из ЦКП «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур». **Материалы и методы.** ДНК была выделена из замороженной после взятия крови кур с помощью методов, основанных на использовании протеиназы К и фенола. С помощью поиска *in silico* в качестве гена-кандидата, ассоциированного с показателями живой массы у кур, был найден ген *CDKL2*. Для определения вариантов генетического полиморфизма в этом гене проанализированы международные базы данных NCBI и ENSEMBL, в результате чего выявлены одиночные нуклеотидные замены. Для детекции обнаруженных полиморфизмов разработали специальный дизайн праймеров, подобранный в программе BLAST NCBI. Поиск полиморфных вариантов осуществлялся методом секвенирования участка кандидатного локуса. Для этого использовали набор реагентов Applied Biosystems 3500 Genetic Analyzer и BigDye® Terminator v3.1 Sequencing Standard Kit (Applied Biosystems) согласно протоколу изготовителя. Выравнивание последовательностей проводили в программе Mega 6.0. Биометрическая обработка цифровых данных выполнена с помощью программ Microsoft Excel. **Результаты и выводы.** При анализе баз данных, проводимом *in silico*, были обнаружены четыре полиморфных локуса в интроне гена *CDKL2*, связанного с живой массой у кур. В ходе секвенирования по Сенгеру по замене rs14449653 у кур пород род-айланд ($n=11$) и русская белая ($n=16$) выявлены только гомозиготы AA. В выборке кур пушкинской породы ($n=16$) преобладали гомозиготы GG. Отмечено нарушение генетического равновесия в выборке кур пушкинской породы по rs14449653 ($\chi^2=6,30$), у род-айландов по rs16388214 ($\chi^2=4,18$). В выборке кур юрловской породы ($n=16$) по всем SNPs нарушения генетического равновесия не наблюдалось. Частота встречаемости аллели А по rs14449653 оказалась равна 1 у кур яичных пород. По замене rs16388214 у представителей этого направления продуктивности частота аллели Т составила 0,850 у род-айландов и 0,937 у русских белых кур. По остальным заменам явных отличий между выбранными для анализа породами выявлено не было.

Ключевые слова: селекция птицы, ДНК кур, генофонд кур, полиморфизм генов, живая масса кур.

Цитирование. Митрофанова О. В., Дементьева Н. В., Крутикова А. А., Мефтах И. А., Племяшов К. В. Использование секвенирования участка гена *CDKL2* для поиска полиморфных вариантов в геноме кур генофондных пород. Известия *НВ АУК*. 2020. 4 (60). 246-252. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-24

Авторский вклад. Каждый автор участвовал в сборе материала для исследования, анализе данных и подготовке рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Использование материала генофондных пород кур в ходе изучения фундаментальных основ формирования различных продуктивных признаков является обязательным условием получения необходимого для поиска важных взаимосвязей размаха изменчивости. Это обусловлено высоким уровнем генетического разнообразия в таких популяциях, что отличает их от узкоспециализированных промышленных кроссов [1]. ЦКП «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (ВНИИГРЖ, г. Санкт-Петербург-Пушкин) в настоящее время включает в себя 40 пород и популяций кур различного направления продуктивности [2].

Поиск участков генома, ассоциированных со скоростью роста и живой массой у кур, является актуальной задачей современной селекции [5]. Это связано с тем, что в птицеводстве, особенно промышленном, возможности традиционных методов совершенствования популяций практически исчерпаны. Важной задачей в связи с этим становится разработка методов и подходов, основанных на геномной оценке [9].

В настоящее время как локусы, участвующие в формировании живой массы у животных, определены различные участки в геноме, в том числе и гены [4, 7, 8]. Благодаря широкому внедрению полногеномного генотипирования с применением чипов различной плотности, стало возможным выявлять несколько тысяч однонуклеотидных замен (single nucleotide polymorphism, SNP) у различных животных [6]. Это дает возможность находить значимые ассоциации полиморфных вариантов с признаками продуктивности.

Целью нашего исследования было с помощью метода секвенирования по Сенгеру детектировать полиморфные варианты в гене *CDKL2* у кур генофондных пород и оценить уровень полиморфизма на этом участке генома.

Объект исследования. Объектом нашего исследования послужили куры пород род-айланд (n=11), пушкинская (n=16), юрловская (n=16), русская белая (n=16) из ЦКП «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур».

Материалы и методы. Материалом для исследования стала ДНК, выделенная из замороженной после взятия крови кур с помощью методов, основанных на использовании протеиназы К и фенола.

Для анализа были сформированы выборки из животных одного возраста, содержащиеся в одинаковых условиях. При рождении куры помечались индивидуальными крылометками, что позволило идентифицировать каждое животное в течение всего периода жизни.

С помощью поиска *in silico* в качестве гена-кандидата, ассоциированного с показателями живой массы у кур, был найден ген *CDKL2* [3]. Для определения вариантов генетического полиморфизма в этом гене проанализированы международные базы данных NCBI и ENSEMBL, в результате чего выявлены одиночные нуклеотидные замены. Для детекции обнаруженных полиморфизмов разработали специальный дизайн праймеров, подобранный в программе BLAST NCBI. Использовали праймеры следующего состава: прямой – F_BW214 5'-GGTGGTTGTATCCCAGTCTGAT и обратный – R_BW214 5'-GGTGGGAGCTTTGCAGGTATT.

Поиск полиморфных вариантов осуществлялся методом секвенирования по Сенгеру участка кандидатного локуса. Для этого использовали набор реагентов Applied Biosystems 3500 Genetic Analyzer и BigDye® Terminator v3.1 Sequencing Standard Kit (Applied Biosystems) согласно протоколу изготовителя. Выравнивание последовательностей проводили в программе Mega 6.0. Биометрическая обработка цифровых данных выполнена с помощью программ Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. При анализе баз данных, проводимом *in silico*, были обнаружены четыре полиморфных локуса в интроне гена CDKL2, связанного с живой массой у кур (таблица 1). Это четыре SNPs, расположенные на близком расстоянии друг от друга на хромосоме 4 кур.

Таблица 1 – Однонуклеотидные замены, выявленные на участке гена CDKL2 у кур в ходе анализа *in silico*

Table 1 – Single-nucleotide polymorphisms identified in the CDKL2 gene region in chickens during *in silico* analysis

SNP	Генетические варианты / Genetic variants	Локализация / Localization	Позиция в геноме / Position in the genome	Ссылка на базу данных / Database link
rs14449653	G/A	CDKL2, intron variant	4:34055082	ENSGALG00000010119
rs16388214	T/C	CDKL2, intron variant	4:34055171	ENSGALG00000010119
rs313452189	T/C	CDKL2, intron variant	4:34055185	ENSGALG00000010119
rs314407159	T/C	CDKL2, intron variant	4:34055270	ENSGALG00000010119

На рисунке 1 представлена часть полученных в ходе секвенирования последовательностей в гене CDKL2. Изучаемый участок расположен в интроне изучаемого гена. Продукт этого гена является членом большого семейства CDC2-родственных серин/треонин протеинкиназ. Связь полиморфизма в этом гене с живой массой была показана ранее в работах китайских исследователей.

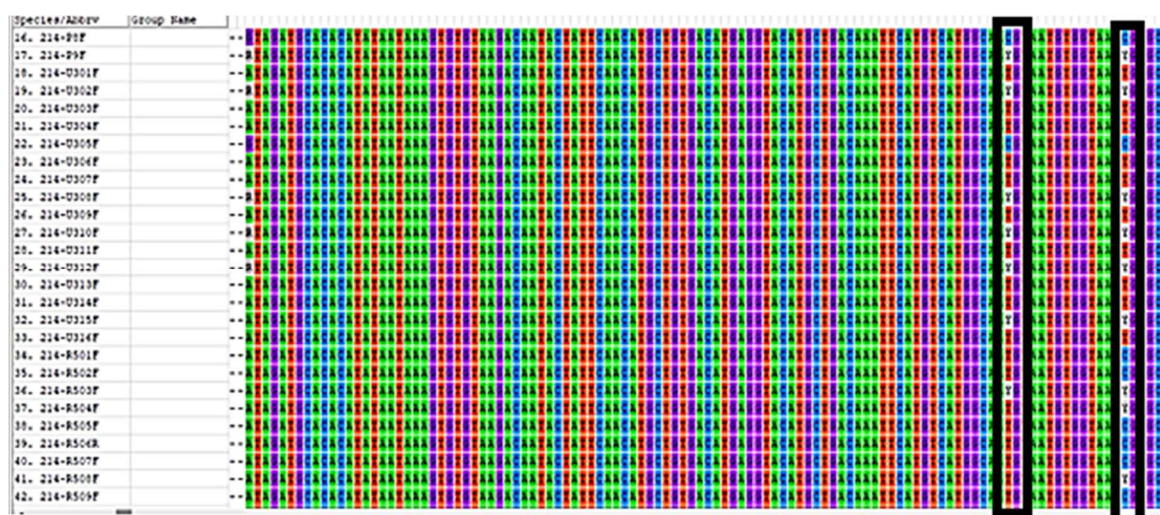


Рисунок 1 – Часть результатов секвенирования целевого участка гена CDKL2 кур. Каждая строка соответствует одному животному, в прямоугольных рамках обозначены полиморфные участки

Figure 1 – Part of the results of sequencing the target region of the chicken CDKL2 gene. Each line corresponds to one animal, polymorphic areas are indicated in rectangular frames

Уровень полиморфизма по изученным в ходе анализа SNPs представлен в таблице 2. По замене rs14449653 у кур пород род-айланд (n=11) и русская белая (n=16) в ходе определения последовательности ДНК выявлены только гомозиготы AA. В выборке кур пушкинской породы (n=16) преобладали гомозиготы GG.

Таблица 2 – Полиморфизм участка гена CDKL2, определенный с помощью секвенирования по Сенгеру у кур опытных групп ЦКП «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур»

Table 2. – Polymorphism of the CDKL2 gene region determined by Sanger sequencing in chickens from the experimental groups of the Genetic Collection of Rare and Endangered Chicken Breeds Center

SNP	Генотипы, аллели / Genotypes, alleles	Порода кур / Breed of chickens			
		Род-айланд / Rhode Island breed n=11	Пушкинская / Pushkin breed n=16	Юрловская / Yurlov breed n=16	Русская белая / Russian white n=16
rs14449653	AA	1,00	0,125	0,687	1,00
	AG	0,00	0,125	0,250	0,00
	GG	0,00	0,750	0,063	0,00
	A	1,00	0,187	0,813	1,00
	G	0	0,813	0,187	0
	χ^2	-	6,30	0,653	-
rs16388214	CC	0,10	0,250	0,062	0,000
	CT	0,10	0,438	0,313	0,125
	TT	0,80	0,312	0,625	0,875
	C	0,150	0,469	0,219	0,063
	T	0,850	0,531	0,781	0,937
	χ^2	4,18	0,22	0,166	0,05
rs313452189	CC	0,300	0,437	0,062	0,625
	CT	0,200	0,437	0,313	0,375
	TT	0,500	0,125	0,625	0,000
	C	0,400	0,656	0,219	0,812
	T	0,600	0,344	0,781	0,188
	χ^2	3,39	0,03	0,166	0,82
rs314407159	CC	0,300	0,375	0,062	0,375
	CT	0,500	0,437	0,438	0,500
	TT	0,200	0,188	0,500	0,125
	C	0,550	0,594	0,281	0,625
	T	0,450	0,406	0,719	0,375
	χ^2	0,01	0,150	0,085	0,076

Нарушено генное равновесие в выборке кур пушкинской породы по rs14449653 ($\chi^2=6,30$), у род-айланда по rs16388214 ($\chi^2=4,18$). Это может быть связано с особенностями формирования выборки, так как для секвенирования взята ДНК небольшого количества животных. Возможно, повлияли и те селекционные приемы, которые использовали при разведении пород в рамках коллекции, например, включение в разведение ограниченного числа производителей.

В выборке кур юрловской породы (n=16) по всем SNPs нет нарушения генетического равновесия. Замены rs16388214 и rs313452189 наследовались сцеплено.

Частота встречаемости аллели А по rs14449653 равна 1 у кур яичных пород, таких как род-айланд и русская белая. По замене rs16388214 у представителей этого направления продуктивности частота аллели Т составила 0,850 у род-айландов и 0,937 у русских белых кур, что выше, чем у других пород. По остальным заменам явных отличий между выбранными для анализа породами выявлено не было.

Библиографический список

1. Разведение малочисленных и редких пород кур / И. А. Паронян [и др.] // Генетика и разведение животных. 2016. № 4. С. 62-66.
2. Шабанова С. А., Макарова А. В., Карклин А. И. Значение новых популяций кур и их использование // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2015. № 39. С. 158-161.
3. A multiallelic indel in the promoter region of the Cyclin-dependent kinase inhibitor 3 gene is significantly associated with body weight and carcass traits in chickens / W. Li [et al.] // Poult Sci. 2019. V. 98(2). P. 556-565.
4. Applications of myostatin (MSTN) gene in the livestock animals and humans / W. A. Ahad [et al.] // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2017. V.6. № 9. P. 1807-1811.
5. Association of polymorphic variants in MSTN, PRL, and DRD2 genes with intensity of young animal growth in Pushkin breed chickens / O. V. Mitrofanova [et al.] // Cytology and Genetics. 2017. V. 51. № 3. P. 179-184. <https://doi.org/10.3103/S0095452717030082>.
6. Efficient SNP Discovery by Combining Microarray and Lab-on-a-Chip Data for Animal Breeding and Selection / C.-W. Huang [et al.] // Microarrays (Basel). 2015. V. 4. № 4. P. 570-595.
7. Expression and effect of Calpain9 gene genetic polymorphism on slaughter indicators and intramuscular fat content in chickens / H. X. Cui [et al.] // Poultry science. 2018. V. 97. № 10. P. 3414-3420. <https://doi.org/10.3382/ps/pey232>.
8. Mapping QTL for white striping in relation to breast muscle yield and meat quality traits in broiler chickens / E. Pampouille [et al.] // BMC Genomics. 2018. V. 19. N. 202. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-4598-9>.
9. Yakovlev A. F., Dement'eva N. V. Evaluation of the genome in bird breeding // Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii=Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. V. 21. № 7. P. 770-777.

Conclusions. In silico analysis of databases, four polymorphic loci were found in the intron of the CDKL2 gene associated with body weight in chickens. In the course of Sanger sequencing to replace rs14449653 in chickens of the Rhode Island (n = 11) and Russian White (n = 16) breeds, only AA homozygotes were identified. In the sample of Pushkin breed chickens (n = 16), GG homozygotes predominated.

A violation of the genetic balance was noted in the sample of Pushkin breed chickens according to rs14449653 ($\chi^2=6.30$), in the Rhode Islands according to rs16388214 ($\chi^2=4.18$). In the sample of Yurlovskaya chickens (n = 16), no genetic balance was observed for all SNPs. The frequency of occurrence of allele A for rs14449653 was equal to 1 in chickens of egg breeds. According to the replacement rs16388214 in representatives of this direction of productivity, the frequency of the T allele was 0.850 in the Rhode Islands and 0.937 in Russian white chickens. For the rest of the substitutions, no obvious differences were found between the breeds selected for analysis.

Reference

1. Breeding of indigenous and rare breeds of chickens / I. A. Paronyan [et al.] // Genetics and animal breeding. 2016. No. 4. P. 62-66.
2. Shabanova S. A., Makarova A. B., Karklin A. I. Value of new chickens populations and their // Izvestiya Saint-Petersburg state agrarian university. 2015. № 39. P. 158-161.

3. A multiallelic indel in the promoter region of the Cyclin-dependent kinase inhibitor 3 gene is significantly associated with body weight and carcass traits in chickens / W. Li [et al.] // *Poult Sci.* 2019. V. 98(2). P. 556-565.

4. Applications of myostatin (MSTN) gene in the livestock animals and humans / W. A. Ahad [et al.] // *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2017. V.6. № 9. P. 1807-1811.

5. Association of polymorphic variants in MSTN, PRL, and DRD2 genes with intensity of young animal growth in Pushkin breed chickens / O. V. Mitrofanova [et al.] // *Cytology and Genetics.* 2017. V. 51. № 3. P. 179-184. <https://doi.org/10.3103/S0095452717030082>.

6. Efficient SNP Discovery by Combining Microarray and Lab-on-a-Chip Data for Animal Breeding and Selection / C.-W. Huang [et al.] // *Microarrays (Basel).* 2015. V. 4. № 4. P. 570-595.

7. Expression and effect of Calpain9 gene genetic polymorphism on slaughter indicators and intramuscular fat content in chickens / H. X. Cui [et al.] // *Poultry science.* 2018. V. 97. № 10. P. 3414-3420. <https://doi.org/10.3382/ps/pey232>.

8. Mapping QTL for white striping in relation to breast muscle yield and meat quality traits in broiler chickens / E. Pampouille [et al.] // *BMC Genomics.* 2018. V. 19. N. 202. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-4598-9>.

9. Yakovlev A. F., Dement'eva N. V. Evaluation of the genome in bird breeding // *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii*=Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. V. 21. № 7. P. 770-777.

Authors Information

Mitrofanova Olga Viktorovna - scientific secretary of Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (Russia, 196601, Sankt-Petersburg, Puchkin, Moskovskoe schosse, 55A), candidate of biological sciences, 8 (812) 451-60-05 e-mail: mo1969@mail.ru.

Dementieva Natalia Viktorovna - Main Researcher, Laboratory of Molecular Genetics of Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (Russia, 196601, Sankt-Petersburg, Puchkin, Moskovskoe schosse, 55A), candidate of biological sciences, 8 (812) 451-60-05, e-mail: dementevan@mail.ru.

Krutikova Anna Alekseevna - researcher Laboratory of Molecular Genetics of Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (Russia, 196601, Sankt-Petersburg, Puchkin, Moskovskoe schosse, 55A), candidate of biological sciences, 8 (812) 451-60-05, e-mail: anntim2575@mail.ru

Meftah Inessa Ahmedovna - graduate student Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (Russia, 196601, Sankt-Petersburg, Puchkin, Moskovskoe schosse, 55A), tel. 8 (812) 451-76-63, e-mail:

Plemyashov Kirill Vladimirovich - main researcher, Reproduction Department of Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (Russia, 196601, Sankt-Petersburg, Puchkin, Moskovskoe schosse, 55A), doctor of science, tel. 8 (812) 451-76-63, e-mail: kirill060674@mail.ru

Информация об авторах

Митрофанова Ольга Викторовна - учёный секретарь ВНИИГРЖ (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Московское шоссе, 55А), тел. 8 (812) 451-60-05, кандидат биологических наук, e-mail: mo1969@mail.ru

Дементьева Наталия Викторовна - ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Московское шоссе, 55А), тел. 8 (812) 451-60-05, кандидат биологических наук, e-mail: dementevan@mail.ru.

Крутикова Анна Алексеевна – старший научный сотрудник, лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Московское шоссе, 55А), тел. 8 (812) 451-60-05, кандидат биологических наук, e-mail: anntim2575@mail.ru

Мефтах Инесса Ахмедовна – аспирант ВНИИГРЖ (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Московское шоссе, 55А), тел. 8 (812) 451-60-05.

Племяшов Кирилл Владимирович – главный научный сотрудник отдела воспроизводства ВНИИГРЖ (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Московское шоссе, 55А), тел. 8 (812) 451-60-05, доктор ветеринарных наук, член-корреспондент РАН, e-mail: kirill060674@mail.ru.

BIOCHEMICAL INDICATORS OF BLOOD OF MEAT AND EGG CHICKENS BREEDS IN POSTNATAL ONTOGENESIS

Z. L. Fedorova, O. Yu. Perinek

*Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding —
Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry*

*The work was performed in the framework of the State Assignment,
code: AAAA-A18-118021590129-9.*

Received 24.09.2020

Submitted 25.11.2020

Summary

The article presents the results of a study of the biochemical blood parameters of egg-meat hens in ontogenesis. It was found that the most intense metabolism is observed at the age of 210 days, which corresponds to the period of intensive oviposition. The results obtained can be useful in assessing changes in the metabolic profile and health status of chickens of egg-meat breeds.

Abstract

Introduction. The study of breed characteristics of age-related physiology of birds, along with general patterns of development of the body, is necessary for conducting breeding work with the breed. Morphological, biochemical and immunological blood analysis is one of the most objective means for judging the processes occurring in the body. These indicators are especially important in the parent flock during the pre-laying period and during the oviposition period to obtain high-quality offspring. It is impossible to use data on blood biochemistry obtained by researchers on highly specialized breeds and crosses of chickens in relation to egg-meat breeds, since these breeds differ greatly in growth rate, productivity, and metabolism. Data on the biochemistry of the blood of egg-meat breeds, very little. In this regard, the aim of this work was to study the biochemical blood parameters of egg-meat hens in ontogenesis. **Object.** The object of research samples blood of egg-meat hens in ontogenesis. **Materials and methods.** For research at the age of 98 days, 10 clinically healthy chickens of the Pushkin breed with a live weight corresponding to the average for the flock (1350 g) were selected. Blood sampling was performed three times during laying period: I - pre-laying period (at age 120 days), II – on the plateau of oviposition (at age 210 days), III – reduced egg production (at age 392 days). The samples were examined using a Clima MC-15 semi-automatic biochemical analyzer. **Results and conclusion.** We found that in experimental hens, the protein content in the blood changed slightly with age. In period III, the protein content in the blood was 10.5% and 26.19% higher than in hens in periods I and II, respectively. There was an increase in the relative content of globulins and a decrease in albumin in period II. The uric acid content in the blood was lower in the II period by 51.6 and 57.2% than in the I and III periods, respectively. Creatinine decreased with age from 62.8 mmol / L in period I to 34.97 mmol / L in period III. The content of cholesterol in the blood serum of hens during the egg-laying period, in comparison with the pre-laying period, increased by more than 40%. The glucose content was higher in the II period than in the I and III periods by 17.8 and 23.7%, respectively. The calcium contents in the blood of hens in the II period was 55.8 and 42.1% higher than in periods I and III, respectively. In our experiments, the phosphorus concentration was higher in period II. In periods I and III, the concentration was lower by 26.1 and 42.6%, respectively. There is a significant decrease in the concentration of phosphorus in the III period, compared to the II period, which is associated with a decrease in phosphatase activity in the blood. There is a decrease in alkaline phosphatase activity with age. The results obtained in the experiment indicate that in periods II and III, in comparison with period I, the alkaline phosphatase activity was 51.8% and 62.3% lower, respectively, due to the fact that in chickens in the pre-lay period, the formation of bone tissue continues. In the III period, in comparison with the II period, the activity of alkaline phosphatase decreased by 21.8%. The activity of Alanine aminotransferase in the blood in each age period decreased by 20%. The activity of Aspartate aminotransferase fluctuated, the highest was observed in the II period, and the lowest - in the III period. Based on the analysis of the biochemical parameters of the blood of hens with a combined direction of productivity in postnatal ontogenesis, it was found that the

most intense metabolism is observed at the age of 210 days, which corresponds to the period of intensive egg-laying. The obtained results can be useful in assessing changes in the metabolic profile, health status of hens with a combined direction of productivity.

Key words: *blood biochemistry, meat and egg chickens breeds, hens, blood serum, metabolism, postnatal ontogenesis.*

Citation. Fedorova Z.L., Perinek O.Yu. Biochemical indicators of blood of meat and egg chickens breeds in postnatal ontogenesis. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 253-262 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-25

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

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

УДК 636.52/.58:636.068

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ МЯСО-ЯИЧНЫХ ПОРОД КУР В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

З. Л. Федорова, кандидат сельскохозяйственных наук
О. Ю. Перинек, кандидат биологических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», г. Санкт-Петербург

Дата поступления в редакцию 24.09.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Работа проведена в рамках государственного задания, шифр темы: №АААА- А18-118021590129-9

Актуальность. Изучение породных особенностей возрастной физиологии птиц, наряду с общими закономерностями развития организма, необходимо для ведения селекционной работы с породой. По морфологическому, биохимическому и иммунологическому анализам крови можно судить о процессах, протекающих в организме. Особенно важны эти показатели в родительском стаде в предкладковый период и в период яйцекладки для получения высококачественного потомства. Использовать данные по биохимии крови, полученные исследователями на узкоспециализированных высокопродуктивных породах и кроссах кур, применительно к породам мясо-яичного направления продуктивности нельзя, так как эти породы значительно отличаются по скорости роста, продуктивности, обмену веществ. Данных по биохимии крови комбинированных пород очень мало, поэтому целью в данной работе было изучение биохимических показателей крови кур мясо-яичного направления продуктивности в онтогенезе. **Объект.** Объектом исследований являются образцы крови кур пушкинской породы в онтогенезе. **Материалы и методы.** Для исследований в возрасте 98 дней жизни было отобрано 10 клинически здоровых кур пушкинской породы с живой массой, соответствующей средней по стаду (1350 г). Забор крови производили трижды в разные периоды яйцекладки: I период – предкладковый (возраст 120 дней), II период – плато яйцекладки (возраст 210 дней), III период – снижение яйценоскости (возраст 392 дня). Пробы исследовали на полуавтоматическом биохимическом анализаторе Clima MC-15. **Результаты и выводы.** Нами было выявлено, что у подопытных кур содержание белка в крови с возрастом изменялось незначительно. В III периоде содержание белка в крови было на 10,5 % и 26,19 % выше, чем у кур в I и II периоды соответственно. Отмечалось повышение относительного содержания глобулинов и снижение альбуминов во II периоде. Содержание мочевой кислоты в крови было ниже во II периоде на 51,6 и 57,2 %, чем в I и III периодах соответственно. Креатинин с возрастом снижался с 62,8 ммоль/л в I периоде до 34,97 ммоль/л в III периоде. Содержание хо-

лестерина в сыворотке крови у кур в период яйцекладки, в сравнении с предкладковым периодом, увеличилось более чем на 40 %. Содержание глюкозы было выше во II период, чем в I и III периоды, на 17,8 и 23,7 % соответственно. Содержание кальция в крови кур во II период было на 55,8 и 42,1 % выше, чем в I и III периоды соответственно. В наших опытах концентрация фосфора была выше во II периоде. В I и III периодах концентрация была ниже на 26,1 и 42,6 % соответственно. Отмечается снижение концентрации фосфора в III периоде, что связано с уменьшением фосфатазной активности в крови. В I и II периодах, по сравнению с III периодом, концентрация была выше на 28,8 % и 74,2 %. Отмечается снижение активности щелочной фосфатазы с возрастом. Результаты, которые были получены в опыте, указывают на то, что во II и III периоды, в сравнении с I периодом, активность ЩФ была ниже на 51,8 % и на 62,3 %, соответственно, ввиду того, что у кур в предкладковом периоде продолжается формирование костной ткани. В III периоде, по сравнению со II периодом, снизилась активность щелочной фосфатазы на 21,8 %. Активность АЛТ в крови в каждом возрастном периоде снижалась на 20 %. Активность АСТ колебалась, самая высокая наблюдалась во II периоде, а самая низкая – в III периоде. На основании проведенного анализа биохимических показателей крови кур комбинированного направления продуктивности в постнатальном онтогенезе было установлено, что самый напряженный обмен веществ наблюдается в возрасте 210 дней, что соответствует периоду интенсивной яйцекладки. Полученные результаты могут быть полезны при оценке изменений метаболического профиля, состояния здоровья кур комбинированного направления продуктивности.

Ключевые слова: биохимия крови кур, мясо-яичная порода кур, куры, сыворотка крови кур, обмен веществ кур, постнатальный онтогенез.

Цитирование. Федорова З. Л., Перинек О. Ю. Биохимические показатели крови мясо-яичных пород кур в постнатальном онтогенезе. Известия НВ АУК. 2020. 4(60). 253-262. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-25

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Изучение породных особенностей возрастной физиологии птиц, наряду с общими закономерностями развития организма, необходимо для ведения селекционной работы с породой. Комплекс различных внешних факторов влияет на организм. Это и изменение климата, и условий кормления или содержания животного, и стрессы, и болезни и многое другое. Эти изменения влияют на обменные процессы организма. Для оценки физиологических процессов в организме птиц можно использовать биохимию крови [5]. Кровь чутко реагирует на все эти изменения и приспосабливается, меняя свой биохимический состав. Включаются сложные адаптационные механизмы, которые направлены на снижение или устранение вредных факторов, действующих на организм. Эти колебания могут быть как незначительными, в границах нормативных значений, так и выходить за пределы нормативных показателей. «Картина крови» позволяет проанализировать протекание обменных процессов организма и вовремя обнаружить сдвиги [2, 9] (В. И. Волгин, 2018; Н. В. Садовников, 2009; Т. И. Серeda, 2007). Изучение биохимии крови важно при научно-исследовательских работах, связанных не только с кормлением и содержанием, но и селекционно-племенной работой. На основе данных, полученных в раннем возрасте, можно спрогнозировать продуктивные качества и племенную ценность птицы.

В настоящее время в исследовательских лабораториях широко применяются полуавтоматические и автоматические анализаторы крови, где используются готовые наборы реактивов. Классические методы исследований, где часто на точность измерений влиял так называемый «человеческий фактор», ушли на второй план, что повысило точность измерений. Изменились условия кормления и содержания современных сель-

скохозяйственных птиц, что, несомненно, влияет на их физиологический статус, поэтому требуется уточнение референтных величин изучаемых параметров крови [1]. Особенно важны эти показатели в родительском стаде в предкладковый период и в период яйцекладки для получения высококачественного потомства.

Анализируя литературные данные по биохимическим исследованиям крови кур, мы выявили, что в последние годы исследования проводятся на узкоспециализированных породах и кроссах птиц, у которых хорошо выражены физиологические и биологические процессы, обуславливающие тот или иной уровень продуктивности. Использовать эти данные применительно к комбинированным породам нельзя, так как эти породы сильно отличаются по скорости роста, продуктивности, обмену веществ. Данных по биохимии крови комбинированных пород кур, которые часто используются селекционерами в создании новых селекционных форм и у которых не менее важно отслеживать их физиологическое состояние, очень мало. Даже те данные, которые имеются, значительно разнятся между собой у разных авторов, поэтому, цель данной работы – это изучение биохимических показателей крови кур мясо-яичного направления продуктивности в онтогенезе.

Материалы и методы. Исследования проведены на курах пушкинской породы комбинированного направления продуктивности на базе «Генетической коллекции редких и исчезающих пород кур» ВНИИГРЖ (СПб., г. Пушкин). Для анализа биохимических показателей крови в динамике, на основании контрольного взвешивания, в возрасте 98 дней, было отобрано 10 гармонично развитых, здоровых курочек с живой массой на уровне среднего показателя по стаду (1350 г) и размещено в индивидуальных клетках для учета кормления и яичной продуктивности.

В экспериментальный период птица кормилась ограниченно полнорационным комбикормом Тосненского КЗ, в состав которого входили: пшеница, подсолнечный шрот, кукуруза, отруби пшеничные, ракушка, шрот соевый, мука известняковая, масло подсолнечное, мука рыбная, соль, сода, по нормам, соответствующим её физиологическому состоянию. Питательность комбикорма приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Питательность комбикорма

Table 1 – Nutritional value of compound feed

В 100 г комбикорма содержится: / Contained in 100 g of compound feed:	Возраст, недель / Age, weeks	
	25-40	> 40
Обменной энергии, ккал/100г / Exchange energy, kcal / 100g	270	260
Сырой протеин, %/ Crude protein, %	17,17	16,22
Сырой жир, %/ Crude fat, %	3,15	2,25
Сырая клетчатка, %/ Crude fiber, %	6,02	7,74
Кальций, %/ Calcium, %	3,3	3,02
Фосфор, %/ Phosphorus, %	0,5	0,65
Натрий, %/ Sodium, %	0,14	0,2

Показатели крови были определены в разные периоды яйцекладки: I период – предкладковый (возраст 120 дней), II период – плато яйцекладки (возраст 210 дней), III – снижение яйценоскости (возраст 392 дня). Каждый образец крови производили в один одноразовый шприц, не содержащий антикоагулянт из подкрыльцовой вены на внутренней стороне крыла над локтевым сочленением [7]. Пробы отвозили в лабораторию при Санкт-Петербургском государственном университете ветеринарной медицины, где исследовали на высокопроизводительном полуавтоматическом биохимическом анализаторе Clima MC-15 ("RAL Tecnica para el Laboratorio, S.A.", Испания), предназначенном для проведения высокоточных биохимических исследований методами абсорбции и иммунотурбидиметрии.

На 392-й день жизни кур была проведена аутопсия для контроля возможных патологических изменений в органах и тканях. Все птицы были здоровы.

Статистическая обработка результатов (среднее значение (M), стандартная ошибка среднего ($\pm SEM$)) проводилась с использованием программы Microsoft Excel 2010.

Результаты и обсуждение. У птиц интенсивность обмена веществ выше, чем у других животных, поэтому высокая потребность в протеине [11].

Нами было установлено, что у кур мясо-яичной породы содержание общего белка в крови с возрастом изменялось незначительно (таблица 2).

Таблица 2 – Биохимические показатели крови кур яично-мясных пород в постнатальном онтогенезе

Table 2 – Blood biochemical parameters of hens of egg-meat breeds in postnatal ontogenesis

Показатели / Indicators	Возраст кур, дн.					
	120	диапазон колебаний / range	210	диапазон колебаний / range	392	диапазон колебаний / range
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	52,59 $\pm$ 1,07 ^b	43,9-56,4	46,05 $\pm$ 0,86 ^c	43,2-49,1	58,11 $\pm$ 2,37 ^b	44,0-62,0
Альбумин, г/л / Albumin, g/l	17,94 $\pm$ 0,82 ^b	15,4-21,0	12,75 $\pm$ 0,69 ^c	11,3-14,6	17,90 $\pm$ 0,64 ^b	15,6-20,3
Глобулины, г/л / Globulins, g/l	34,64 $\pm$ 1,18 ^d	32,7-41,2	33,3 $\pm$ 1,21 ^a	31,1-38,2	40,21 $\pm$ 2,15 ^d	27,5-46,4
Альбумины, % общего белка / Albumin, % total protein	34,14 $\pm$ 1,49 ^a	26,9-38,3	27,75 $\pm$ 1,64 ^d	24,73-31,35	31,09 $\pm$ 1,31	24,2-37,5
Глобулины, % от общего белка / Globulins, % of total protein	65,86 $\pm$ 1,49 ^a	61,7-73,1	72,25 $\pm$ 1,64 ^b	68,65-77,8	68,90 $\pm$ 1,31	62,5-74,8
Мочевая кислота, мкмоль/л / Uric acid, μ mol/l	316 $\pm$ 21,61 ^b	226,2-364,9	152,9 $\pm$ 13,53 ^c	103,4-183,6	357,3 $\pm$ 32,92 ^b	210-549
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, μ mol/l	62,8 $\pm$ 1,87 ^{a, b}	58,6-71	55,43 $\pm$ 2,78 ^{d, b}	52,3-63,6	34,97 $\pm$ 0,75 ^c	31,5-38,1
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	2,21 $\pm$ 0,12 ^{a, b}	1,85-2,85	3,29 $\pm$ 0,73 ^c	2,57-7,08	3,74 $\pm$ 0,57 ^d	1,41-6,4
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mmol/l	11,93 $\pm$ 0,82	9,6-14,6	14,05 $\pm$ 0,99 ^a	11,9-17,7	11,36 $\pm$ 0,45 ^d	9,7-13,3
Кальций, ммоль/л / Calcium, mmol/l	3,21 $\pm$ 0,08 ^b	2,92-3,36	5,00 $\pm$ 0,19 ^c	4,41-5,6	3,52 $\pm$ 0,22 ^b	2,53-4,42
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	1,70 $\pm$ 0,15	1,34-2,48	2,30 $\pm$ 0,41 ^a	1,53-3,67	1,32 $\pm$ 0,15 ^d	0,68-1,77
Ca:P	2,08 $\pm$ 0,19	1,29-2,89	2,43 $\pm$ 0,32	1,35-3,22	2,85 $\pm$ 0,27	2,12-4,85
Щелочная фосфатаза, МЕ/л / Alkaline phosphatase, IU/l	869,8 $\pm$ 74,15 ^c	572,5-1151,9	419,13 $\pm$ 63,50 ^b	342-651	327,8 $\pm$ 52,33 ^b	139,8-560,4
АЛТ, МЕ/л / ALT, IU/l	13,03 $\pm$ 1,63 ^a	5,7-17,1	10,47 $\pm$ 1,32	5,7-14,3	7,76 $\pm$ 0,99 ^d	4,2-11,4
АСТ, МЕ/л / AST, ME/l	204,1 $\pm$ 5,06 ^b	196,8-226,1	259,42 $\pm$ 7,09 ^c	242-274	184,8 $\pm$ 7,17 ^b	157,6-210,1

Достоверные различия между группами / Reliable differences between groups:

^{a, d} – $P < 0,05$; ^{b, c} – $P < 0,01$

У несущейся птицы существует взаимосвязь содержания белка в крови с яйценоскостью. Чем выше процент яйценоскости у кур, тем меньше содержание белка в сыворотке их крови [8]. Видимо, поэтому в III периоде, когда снижалась яйценоскость, содержание белка в крови было на 10,5 и 26,19 % выше, чем у кур I и II периода соответственно. Высокое содержание белка в предкладковый период отмечалось из-за продолжающегося роста кур.

На концентрацию общего белка в крови влияет распад альбуминов и глобулинов.

В наших исследованиях состав белка в крови исследуемых кур изменялся с возрастом. Отмечалось повышение относительного содержания глобулинов и снижение альбуминов во II периоде (таблица 2). Это связано с интенсивностью обменных процессов в продуктивный период.

У млекопитающих для диагностирования работы почек анализируют содержание мочевины в крови. У птиц этот показатель не принимают во внимание, так как общий азот из организма птицы на 70 % выводится с мочевой кислотой [6].

Наши исследования показали, что в крови мочевой кислоты содержалось ниже во II периоде на 51,6 % и 57,2 %, чем в I и III соответственно.

На количество мочевой кислоты в крови влияет не только работа почек, но и количество поступившего белка в организм или скорость его расщепления в организме. Недостаток белка в рационе может привести к снижению концентрации мочевой кислоты в сыворотке крови. На концентрацию мочевой кислоты в крови влияет и потребление воды. При недостатке воды мочевая кислота может обратно всасываться и за счет этого в крови ее концентрация повышается. Это влияет на объективность оценки функционирования почек по одному показателю, поэтому часто дополнительно определяют концентрацию креатинина [11].

Считается, что концентрация креатинина прямо пропорционально мышечной массе, связанной с возрастом, физической активностью [13].

В наших исследованиях креатинин с возрастом снижался с 62,8 мкмоль/л в I периоде до 34,97 мкмоль/л в III периоде.

Для оценки липидного обмена в организме обращают внимание на содержание холестерина в крови, синтез которого происходит в печени.

С возрастом количество холестерина, как правило, возрастает. В наших исследованиях содержание холестерина в сыворотке крови у кур в яйценосный период возросло больше чем на 40 %, в сравнении с предкладковым периодом, что можно связать с активизацией половых гормонов в организме в этот период. В III периоде высокий уровень холестерина может указывать на повышенное жиросложение в теле кур.

Для поддержания жизненно важных физиологических процессов, организму нужна глюкоза. Глюкоза, попадающая в организм, первоначально поступает в печень, где около 5 % её идет на превращение в гликоген, остальная часть транспортируется в кровь и ткани [12].

Наши исследования показали, что содержание глюкозы было выше во II периоде на 17,8 и 23,7 %, в сравнении с I и III периодами соответственно.

Минералы необходимы для роста и развития птиц. Они участвуют во многих пищеварительных, физиологических процессах организма. Одним из самых важных химических элементов является кальций. В процессе яйцекладки он интенсивно потребляется тканями животного. Так как птица при недостатке кальция способна извлекать его из костей, то уровень кальция в сыворотке крови мало вариабелен. Заметные изменения его содержания в сыворотке крови свидетельствуют о значительных сбоях в организме птицы или нехватке в рационе. Самая высокая потребность в кальции у кур

возникает в период яйценоскости. Кальций играет существенную роль не только как строительный материал для скорлупы яйца, но и участвует в транспорте белков, которые содержатся в желтке [8].

В результате наших исследований выявлено, что содержание кальция в крови кур во II периоде было на 55,8 % и 42,1 % выше, чем в I и III периодах соответственно. На повышенное содержание кальция в крови влияет интенсивная яйценоскость кур (как результат стимуляции половых гормонов).

Другой, не менее важный структурный элемент в организме кур – это неорганический фосфор. С фосфором связаны многие обменные процессы в организме. Фосфор активно участвует в вырабатывании коллагена. При помощи щелочной фосфатазы ионы фосфора доставляются в костную ткань [4].

В крови птиц концентрация неорганического фосфора подвержена значительным колебаниям в зависимости от напряженности обмена веществ и наличия фосфора в рационе.

В наших опытах концентрация фосфора была выше во II периоде. В I и III периодах концентрация была ниже на 26,1 и 42,6 % соответственно. Отмечается значительное снижение концентрации фосфора в III периоде, по сравнению со II периодом, что, видимо, связано с уменьшением фосфатазной активности в крови.

При изучении минерального обмена надо не только учитывать концентрацию в крови кальция и фосфора как отдельных компонентов, но и обращать внимание на соотношение между ними. Увеличение кальция и фосфора физиологично у несушек, ввиду напряженного минерального обмена. Соотношение должно быть выше единицы [11]. В наших исследованиях соотношение с возрастом повышается с 2,08 до 2,85.

Щелочная фосфатаза (ЩФ) встречается во многих тканях и органах. Роль этого фермента ещё мало изучена, но его активность связана с интенсивностью внутриклеточных изменений в ткани костей. Большое количество этого фермента обнаруживается в формирующихся костях [4].

Отмечается снижение активности щелочной фосфатазы с возрастом. Результаты, которые были получены в опыте, указывают на то, что во II и III периоды, в сравнении с I периодом, активность ЩФ была ниже на 51,8 % и на 62,3 %, соответственно, ввиду того что у кур в предкладковом периоде продолжается формирование костной ткани. В III периоде, по сравнению со II периодом, снизилась активность щелочной фосфатазы на 21,8 %.

Чтобы всесторонне оценить физиологическое состояние организма и для раннего прогноза уровня продуктивности у птиц, иногда определяют количество аминотрансфераз АлАТ и АсАТ в крови. Они участвуют в разных обменных процессах. Обычно по количеству этих ферментов в сыворотке крови судят о состоянии печени [3]. Также они являются метаболитами цикла Кребса [10].

При оценке активности трансаминаз мы установили, что активность АлАТ в крови с каждым возрастным периодом снижалась на 20 %. Активность АсАТ колебалась, самая высокая активность наблюдалась во II период – 259,42 МЕ/л, а самая низкая – в III периоде – 184,8МЕ/л.

Выводы. На основании проведенного анализа биохимических показателей крови кур комбинированного направления продуктивности в постнатальном онтогенезе было установлено, что самый напряженный обмен веществ наблюдается в возрасте 210 дней, что соответствует периоду интенсивной яйцекладки. Некоторые показатели крови отличаются от норм крови, указанных для промышленной птицы в литературных источниках. Например, если сравнить стандартные интервалы колебаний биохимических показателей крови маточного поголовья кур-несушек кросса «Хайсекс коричне-

вый», в возрасте 210 дней, приведенные Насоновым И. В. и др. [7], то можно отметить существенные расхождения, в связи с тем что у высокопродуктивной несушки и кур мясо-яичного направления продуктивности метаболические процессы отличаются. Если по концентрации общего белка в сыворотке крови расхождения были небольшие, то интервалы по кальцию и фосфору у подопытных птиц значительно отличались. Интервалы кальция – 6,0-7,5 ммоль/л у кросса против 4,4-5,6 ммоль/л у пушкинской породы, а фосфора – 1,1-1,3 ммоль/л у кросса против 1,53-3,7 ммоль/л у пушкинской породы. Некоторые авторы, такие как Амиров Д. Р. и др., в своих методических указаниях используют данные по биохимии крови кур, опубликованные профессором А. А. Кудрявцевым, датированные 1948 годом [6].

Полученные нами результаты могут быть полезны при оценке изменений метаболического профиля, состояния здоровья кур комбинированного направления продуктивности.

Библиографический список

1. Возрастные изменения биохимических показателей крови у мясных цыплят (*Gallus gallus* L.) / И. А. Егоров [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 4. С. 820-830.
2. Динамика морфологических и биохимических показателей крови цыплят-бройлеров при использовании в рационе микробиологических препаратов / О. Г. Лоретц [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2017. № 11(165). С. 25-31.
3. Ермолина С. А., Булдакова К. В., Созинов В. А. Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров при применении альгасола // Успехи современного естествознания. 2014. № 9-1. С. 34-37. URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=34183>.
4. Клетикова Л. В. Динамика обмена кальция и фосфора у высокопродуктивных кур в зависимости от периода яйцекладки // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 1. С. 57-58. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=4555>
5. Клинические и биохимические показатели крови птиц / В. А. Пономарев [и др.]. Иваново: ПресСто, 2014. 287 с.
6. Клинические методы исследования и лабораторная диагностика при незаразной патологии птиц (методические указания) / Д. Р. Амиров [и др.]. Казань, 2015. 28 с.
7. Методические рекомендации по гематологическим и биохимическим исследованиям у кур современных кроссов / И. В. Насонов [и др.]. Минск, 2014. 32 с.
8. Повозников Н. Г., Пустовая Н. В. Продуктивность и биохимический состав крови кур // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2013. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnost-i-biohimicheskiy-sostav-krovi-kur/viewer>.
9. Полноценное кормление молочного скота - основа реализации генетического потенциала продуктивности / В. И. Волгин [и др.]. М.: РАН, 2018. 260 с.
10. Середя Т. И., Дерхо М. А. Оценка роли аминотрансфераз в формировании продуктивности у кур-несушек // Сельскохозяйственная биология. 2014. № 2. С. 75-80.
11. Effects of antibiotic growth promoters on biochemical and haematological parameters of broiler chickens' blood / A. Slyamoval [et al.] // Research for rural Development. 2016. V. 1. P. 131-136.
12. Liu W., Zhao J. Insights into the molecular mechanism of glucose metabolism regulation under stress in chicken skeletal muscle tissues // Saudi Journal of Biological Sciences. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.01.005>
13. Piotrowska A., Burlikowska K., Szymeczko R. Changes in Blood Chemistry in Broiler Chickens during the Fattening Period // Folia biologica (Kraków). 2011. Vol. 59. No 3-4. P. 183-187.

Conclusions. Based on the analysis of the biochemical parameters of the blood of chickens of the combined direction of productivity, it was found that the most intense metabolism is observed at the age of 210 days, which corresponds to the period of intensive egg-laying. Some blood parameters differ from the blood standards indicated for industrial poultry in the literature. For example, if we compare the intervals of fluctuations in the biochemical parameters of the

blood of the broodstock of laying hens of the cross "Hisex brown", at the age of 210 days, given by Nasonov I.V. [7], there are significant differences. These differences are due to the fact that metabolic processes differ in high-yielding layers and hens of the meat and egg direction of productivity. The discrepancies in the content of total protein in serum are small. By the content of calcium and phosphorus, the differences are significant. The intervals of calcium are 6.0-7.5 mmol/l, in the cross, against 4.4-5.6 mmol/l in the Pushkin breed, and phosphorus is 1.1-1.3 mmol/l, in the cross, against 1, 53-3.7 mmol/l in the Pushkin breed. Some authors, such as Amirov D.R. and others, in their methodological instructions use data on the biochemistry of the blood of chickens, published by Professor AA Kudryavtsev, in 1948 [6].

The results obtained by us can be useful in assessing changes in the metabolic profile, health status of chickens with a combined direction of productivity.

Reference

1. Vozrastnye izmeneniya biohimicheskikh pokazatelej krovi u myasnyh cyplyat (*Gallus gallus* L.) / I. A. Egorov [i dr.] // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2018. Vol. 53. № 4. P. 820-830.
2. Dinamika morfologicheskikh i biohimicheskikh pokazatelej krovi cyplyat-brojlerov pri ispol'zovanii v racione mikrobiologicheskikh preparatov / O. G. Loretc [i dr.] // *Agrarnyj vestnik Urala*. 2017. № 11(165). P. 25-31.
3. Ermolina S. A., Buldakova K. V., Sozinov V. A. Biohimicheskie pokazateli krovi cyplyat-brojlerov pri primenении al'gasola // *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*. 2014. № 9-1. P. 34-37. URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=34183>.
4. Kletikova L. V. Dinamika obmena kal'ciya i fosfora u vysokoproduktivnyh kur v zavisimosti ot perioda jajcekladki // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. 2014. № 1. P. 57-58. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=4555>
5. Klinicheskie i biohimicheskie pokazateli krovi ptic / V. A. Ponomarev [i dr.]. Ivanovo: PresSto, 2014. 287 p.
6. Klinicheskie metody issledovaniya i laboratornaya diagnostika pri nezaraznoj patologii ptic (metodicheskie ukazaniya) / D. R. Amirov [i dr.]. Kazan', 2015. 28 p.
7. Metodicheskie rekomendacii po gematologicheskim i biohimicheskim issledovaniyam u kur sovremennyh krossov / I. V. Nasonov [i dr.]. Minsk, 2014. 32 p.
8. Povochnikov N. G., Pustovaya N. V. Produktivnost' i biohimicheskij sostav krovi kur // *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. 2013. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/produktivnost-i-biohimicheskij-sostav-krovi-kur/viewer>.
9. Polnocennoe kormlenie molochного skota - osnova realizacii geneticheskogo potentsiala produktivnosti / V. I. Volgin [i dr.]. M.: RAN, 2018. 260 p.
10. Sereda T. I., Derho M. A. Ocenka roli aminotransferaz v formirovanii produktivnosti u kur-nesushek // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2014. № 2. P. 75-80.
11. Effects of antibiotic growth promoters on biochemical and haematological parameters of broiler chickens' blood / A. Slyamoval [et al.] // *Research for rural Development*. 2016. V. 1. P. 131-136.
12. Liu W., Zhao J. Insights into the molecular mechanism of glucose metabolism regulation under stress in chicken skeletal muscle tissues // *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2014.01.005>
13. Piotrowska A., Burlikowska K., Szymeczko R. Changes in Blood Chemistry in Broiler Chickens during the Fattening Period // *Folia biologica (Kraków)*. 2011. Vol. 59. No 3-4. P. 183-187.

Authors Information

Zoya L.Fedorova – Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry. (55a, Moskovskoeshosse, St Petersburg, 196601 Russia), Ph.D. (Agricultural), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7927-2401>, e-mail: zoya-fspb@mail.ru

Oksana Yu.Perinek – Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry. (55a, Moskovskoeshosse, St Petersburg, 196601 Russia), Ph.D. (Biological), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8953-7511>, e-mail: odormidonova@mail.ru

Информация об авторах

Федорова Зоя Леонидовна – старший научный сотрудник отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (196601, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское ш., д. 55а), кандидат с.-х. наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7927-2401>, e-mail: zoya-fspb@mail.ru

Перинек Оксана Юрьевна - старший научный сотрудник отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», (196601, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское ш., д. 55а), кандидат биологических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8953-7511>, e-mail: odormidono-va@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-26

ASSOCIATION OF SNPB IN THE GENE FOR MYOSTATIN WITH AN INDICATOR OF LIVE WEIGHT IN CHICKENS OF EXPERIMENTAL POPULATION «EXPERIMENTAL CS»

G. K. Peglivanyan, T. A. Larkina, A. V. Makarova, O. V. Mitrofanova

All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals – branch of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, St. Petersburg, Russia

Received 03.09.2020

Submitted 25.11.2020

This work was carried out with financial support from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the state assignment AAAA-A18-118021590138-1 using chicken populations of the bioresource collection "Genetic collection of rare and endangered chicken breeds" (All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals, St. Petersburg, Pushkin)

Summary

The article presents the results of the analysis of polymorphism for rs316247861 in the myostatin gene in chickens from the population of experienced CS (n = 45). The frequencies of alleles and genotypes for the studied substitution were determined. The analysis of the association of the growth rate of chickens with the rs316247861 genotype in the myostatin gene was carried out. The greatest growth retardation was observed in CC homozygotes. At the same time, no significant differences were found between animals with different genotypes.

Abstract

Introduction. The urgency of the problem under study is due to the need to improve the productivity of hens of local breeds and experimental populations bred within the framework of biological resource collections. Today, gene pool birds have to compete with highly productive industrial crosses. To improve the efficiency of selection of young chickens in the early stages of development, it is necessary to look for genetic markers of productivity. This will significantly reduce the cost of growing, as well as increase the competitiveness of domestic gene pool breeds and chicken populations on the market.

Object. The object of the study was the DNA of chickens from the experimental CS population (n = 45), bred within the framework of the Genetic Collection of Rare and Endangered Breeds of Chickens (All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals, St. Petersburg). **Materials and methods.** DNA was isolated from chicken blood using the phenolic method. Analysis of the polymorphism for the rs316247861 substitution in the myostatin gene was performed using PCR-RFLP using the restriction endonuclease BstH1I. The live weight of chickens (g) was determined during control weighing at the age of 7, 33, 50, 67 and 89 days individually for each individ-

ual. The analysis of the data obtained was carried out in Excel using the Pearson χ^2 test, the significance of differences was calculated using the Student's t-test. **Results and conclusion.** In the present sample of chickens from the experimental CS population, a high frequency of GC heterozygotes for the rs316247861 substitution in the myostatin gene was observed (0.49). At the same time, there is no deviation from the Hardy-Weinberg equilibrium ($\chi^2 = 0.07$ with the number of degrees of freedom $r = 2$). The frequency of the C allele in the studied group was 0.58, the G allele - 0.42. Until the age of 67 days, individuals with the GG genotype ($n = 8$) outnumbered their counterparts with the CC ($n = 15$) and CG genotypes ($n = 22$). The greatest growth retardation was observed in CC homozygotes. At the age of 89 days, close average values of live weight were observed for CC homozygotes (1437.9 ± 52.95 g) and GG homozygotes (1437.7 ± 49.79 g). Our calculations do not allow us to consider the conclusion about the superiority of GG homozygotes for the rs316247861 replacement in the myostatin gene in terms of live weight up to the age of 67 days as reliable. To obtain significant associations, it is necessary to continue the study of chickens in the experimental CS population and to increase the sample size participating in the study.

Key words: chickens, DNA, PCR-RFLP, single nucleotide polymorphism, myostatin.

Citation. Peglivanyan G.K., Larkina T.A., Makarova A.V., Mitrofanova O.V. Association of SNPB in the gene for myostatin with an indicator of live weight in chickens experimental population «experimental CS» *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 3(57). 262-269 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-26

Author's contribution. The author of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

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

УДК 636.034

АССОЦИАЦИЯ SNP В ГЕНЕ МИОСТАТИНА С ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЖИВОЙ МАССЫ У КУР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ «ОПЫТНАЯ ЦС»

Г. К. Пегливанян, аспирант

Т. А. Ларкина, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник

А. В. Макарова, научный сотрудник

О. В. Митрофанова, кандидат биологических наук, ученый секретарь

Всероссийский НИИ генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиал ФГБНУ
Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста,
г. Санкт-Петербург - Пушкин

Дата поступления в редакцию 03.09.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания АААА-А18-118021590138-1 с использованием популяций кур БРК «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (ВНИИГРЖ, Санкт-Петербург, Пушкин)

Актуальность исследуемой проблемы обусловлена необходимостью улучшения продуктивных показателей кур локальных пород и экспериментальных популяций, разводимых в рамках биоресурсных коллекций. Сегодня генофондная птица вынуждена конкурировать с высокопродуктивными промышленными кроссами. Чтобы повысить эффективность отбора молодняку кур на ранних этапах развития, необходимо искать генетические маркеры продуктивности. Это позволит значительно сократить расходы на выращивание, а также повысит конкурентоспособность отечественных генофондных пород и популяций кур на рынке. **Объектом исследования** послужила ДНК кур популяции Опытная ЦС ($n=45$), разводимой в рамках БРК «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (ВНИИГРЖ, г. Санкт-Петербург). **Материалы и методы.** ДНК выделяли из крови кур с помощью фенольного метода. Анализ

полиморфизма по замене rs316247861 в гене миостатина проводили с помощью ПЦР-ПДРФ с использованием эндонуклеазы рестрикции *BstHNI*. Живую массу кур (г) определяли в ходе контрольных взвешиваний в возрасте 7, 33, 50, 67 и 89 суток индивидуально для каждой особи. Анализ полученных данных осуществляли в программе Excel с применением критерия χ^2 Пирсона, достоверность различий рассчитывали с использованием t-критерия Стьюдента. **Результаты и выводы.** В представленной выборке кур популяции Опытная ЦС наблюдалась высокая частота гетерозигот GC по замене rs316247861 в гене миостатина (0,49). При этом отклонения от равновесия Харди-Вайнберга нет ($\chi^2=0,07$ при числе степеней свободы $r=2$). Частота аллеля C в изученной группе была равна 0,58, аллеля G - 0,42. До возраста 67 дней особи с генотипом GG ($n = 8$) превосходили своих сверстниц с генотипами CC ($n = 15$) и CG ($n = 22$). Наибольшее отставание в росте отмечено у гомозигот CC. В возрасте 89 дней наблюдались близкие средние значения живой массы для гомозигот CC ($1437,9 \pm 52,95$ г) и гомозигот GG ($1437,7 \pm 49,79$ г). Проведенные нами расчеты не позволяют считать вывод о превосходстве гомозигот GG по замене rs316247861 в гене миостатина по показателям живой массы до возраста 67 дней достоверными. Для получения значимых ассоциаций необходимо продолжить изучение кур популяции Опытная ЦС и увеличить размер выборки, участвующей в исследовании.

Ключевые слова: живая масса кур, ПЦР-ПДРФ, однонуклеотидный полиморфизм, миостатин, генофонд кур, селекция птицы.

Цитирование. Пегливанян Г. К., Ларкина Т. А., Макарова А. В., Митрофанова О. В. Ассоциация SNP в гене миостатина с показателями живой массы у кур экспериментальной популяции «Опытная ЦС» *Известия НВ АУК*. 2020. 4 (60). 262-269. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-26

Авторский вклад. Каждый автор участвовал в сборе материала для исследования, анализе данных и подготовке рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последнее время растет интерес к локальным и генофондным популяциям в животноводстве, в том числе и в птицеводстве. Представители малочисленных пород и породных групп являются источником неисчерпаемых генетических ресурсов. Отсутствие жесткого отбора позволяет сохранять в таких популяциях высокое генетическое разнообразие, уникальные гены и генные комплексы [1].

Создание новых экспериментальных популяций сельскохозяйственной птицы является важным элементом работы, проводимой в рамках БРК «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (ВНИИГРЖ, г. Санкт-Петербург). Популяция «Опытная ЦС», созданная в хозяйстве, имеет редко встречающуюся рыже-полосатую окраску оперения [3]. Она выведена путем скрещивания четырехлинейных гибридных петухов (корниш х белый плимутрок) с курами пород нью-гемпшир и полтавская глинистая. В настоящее время это мясо-яичная популяция. Живая масса курочек достигает 2,3-2,4 кг, петушков – 3,2-3,5 кг. Птица имеет темно-полосатый хвост, листовидный и розовидный гребень, красные ушные мочки, желтый цвет кожи и ног.

Изучение полиморфизма генов, связанных со скоростью роста и формированием скелетных мышц, актуально для многих видов сельскохозяйственных животных, а в особенности для птицы, обладающей высокой скоростью прироста живой массы. Одним из генов, ассоциированных с ростом скелетных мышц, является ген миостатина (*MSTN*) [4, 8-10]. У свиньи, буйвола, коровы, рыбок данио, птиц и домашней мыши ген миостатина состоит из 3 экзонов, отделенных друг от друга 2 интронами, и кодирует белок-предшественник из 376 аминокислот [4, 9, 10].

Анализ геномов кур с помощью ДНК-маркеров – важная составляющая современной генетики. Высок интерес к однонуклеотидным заменам, так называемым SNP (single nucleotide polymorphism) [6]. Поиску значимых ассоциаций отдельных SNP с продуктивными признаками у животных и птиц посвящено большое количество иссле-

дований [8-10]. ДНК-диагностика имеет ряд преимуществ перед традиционной селекцией по фенотипу: она позволяет оценивать индивидуумов на любом этапе жизненного цикла вне зависимости от пола и без учета изменчивости, обусловленной внешней средой [3, 7, 11, 12]. Выявленная связь между аллелями и фенотипическими признаками вносит вклад в фундаментальную науку, а также позволяет эффективно планировать селекционную работу, направленную на повышение генетического потенциала.

Целью нашего исследования было выявить ассоциации однонуклеотидной замены rs316247861 в гене миостатина с показателями живой массы у кур экспериментальной популяции «Опытная ЦС».

Объект исследования. Объектом нашего исследования была ДНК, выделенная из крови кур (n=45) популяции «Опытная ЦС» БРК «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» (ВНИИГРЖ, Санкт-Петербург - Пушкин).

Материалы и методы. Для выделения ДНК использовали цельную кровь, которую получали от кур возрасте 33 дня посредством забора из вен крыла с помощью индивидуальных шприцев. Затем пробы помещали в микропробирку, содержащую в качестве антикоагулянта 30 мкл 0,5 М ЭДТА. Образцы хранили в холодильнике при -20°C . ДНК выделяли по стандартной методике с использованием очистки фенолом [5].

Для генотипирования использовали ПЦР-ПДРФ метод. Реакцию проводили на амплификаторе «Bio-Rad» (США) с применением праймеров F:5'-TAGTCAGCCCCACAGAGAACG-3' и RV:5'-CGAAAGCAGCAGGGTGTGTTA-3'. Режим ПЦР состоял из предварительной денатурации в течение 3 мин при 94°C . Затем шла серия из 35 повторяющихся циклов: 30 сек – 94°C , 30 сек – 60°C , 30 сек – 72°C . В завершении реакции финальный синтез длился 5 мин при 72°C .

Для анализа полиморфизма длин фрагментов в каждую пробирку с ампликоном добавляли 0,2 мкл рестриктазы *Bst*HI (SibEnzyme, Новосибирск). После перемешивания проводили инкубацию (2 часа при 50°C).

Для визуализации результатов исследования использовали 2 % агарозные гели, содержащие флуоресцентный краситель бромистый этидий и ТВЕ-буфер (45 mM трис-борат, 1 mM ЭДТА). Смесь после рестрикции вносили в лунки геля. Электрофорез проводили в течение 20 минут при рабочем напряжении 180 V. В качестве маркера, позволяющего оценить длину фрагментов ДНК на геле, использовали pUC/MspI (Fermentas, Литва). Сигнал флуоресценции фотографировали в системе гель-документации фирмы Kodak. Полученный ампликон имел размер 320 пар оснований (п. о.) гетерозиготы CG отличались наличием трех фрагментов 320, 203 и 117 п. о., гомозиготы CC имели фрагменты 203 и 117 п.о., а у особей с генотипом GG был один фрагмент размером 320 п.о., который соответствует молекулярной массе амплифицированного участка (рисунок 1).

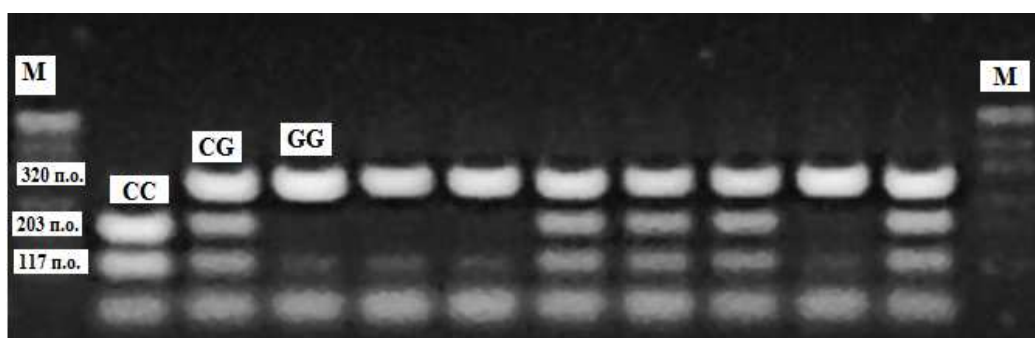


Рисунок 1 – Детекция полиморфизма rs316247861 с помощью ПЦР-ПДРФ анализа

Figure 1 – Detection of rs316247861 polymorphism using PCR-RFLP analysis

Живую массу кур (г) определяли с помощью весов марки «Госметр» (Россия). Контрольные взвешивания проводили в возрасте 7, 33, 50, 67 и 89 суток.

Анализ данных осуществляли в программе Excel. Для оценки уровня селекционного давления рассчитывали отклонения наблюдаемой гетерозиготности от ожидаемой с применением критерия χ^2 Пирсона. Достоверность различий живой массы у особей с разными генотипами по замене rs316247861 в гене миостатина проводили с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. На рисунке 2 представлена диаграмма, которая показывает частоты генотипов по замене rs316247861 в гене миостатина в исследуемой группе кур (n=45). В представленной выборке наблюдается высокая частота гетерозигот GC (0,49). При этом отклонения от равновесия Харди-Вайнберга нет, так как значение критерия Пирсона $\chi^2=0,07$ (при числе степеней свободы $\nu=2$). Частота аллеля C в изученной группе была равна 0,58, аллеля G - 0,42.

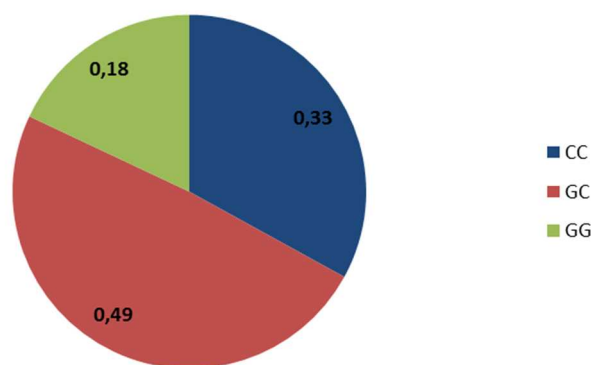


Рисунок 2 – Частоты генотипов по замене rs316247861 в гене миостатина у кур популяции «Опытная ЦС»

Figure 2 – Genotype frequencies for the rs316247861 substitution in the myostatin gene in the chicken population «Opytnaja CS»

Анализ интенсивности роста кур изучаемой выборки, представленный в таблице 1, показал, что до возраста 67 дней особи с генотипом GG (n = 8) превосходили своих сверстниц с генотипами CC (n = 15) и CG (n = 22). Наибольшее отставание в росте отмечено у гомозигот CC. При этом достоверных различий между животными с разными генотипами обнаружено не было. В возрасте 89 дней наблюдались близкие средние значения живой массы для гомозигот CC (1437,9±52,95 г) и гомозигот GG (1437,7±49,79 г).

Таблица 1 – Живая масса кур (г) популяции Опытная ЦС (n=45) в зависимости от генотипа по замене rs316247861 в гене миостатина

Table 1 – Live weight of chickens (g) of the population Experienced CS (n = 45) depending on the genotype by replacing rs316247861 in the myostatin gene

№	Возраст кур / Age of chickens	Живая масса, г / Live weight, g		
		Генотип / Genotype		
		CC (n = 15)	CG (n = 22)	GG (n = 8)
1	7 дней / 7 days	76,2±2,46	75,9±1,32	78,1±5,56
2	33 дня / 33 days	396,9±15,50	398,4±9,32	406,5±18,08
3	50 дней / 50 days	747,6±26,03	765,2±18,0	800,5±26,78
4	67 дней / 67 days	1164,5±90,41	1261,4±29,19	1272±42,93
5	89 дней / 89 days	1437,9±52,95	1417,7±33,23	1437,7±49,79

Выводы. Исследованная нами выборка ($n=45$) популяции кур «Опытная ЦС» находится в состоянии генетического равновесия ($\chi^2=0,07$). Частота аллеля С в изученной группе составила 0,58, аллеля G – 0,42. До возраста 67 дней наблюдалось превосходство по живой массе особей с генотипом GG ($n = 8$) над сверстницами генотипами CC ($n = 15$) и CG ($n = 22$). Наибольшее отставание в росте отмечено у гомозигот CC. При этом достоверных различий между животными с разными генотипами обнаружено не было. В возрасте 89 дней наблюдались близкие средние значения живой массы для гомозигот CC ($1437,9 \pm 52,95$ г) и гомозигот GG ($1437,7 \pm 49,79$ г). Для получения значимых ассоциаций необходимо продолжить изучение кур популяции «Опытная ЦС» по интенсивности роста и увеличить размер выборки, участвующей в исследовании.

Библиографический список

1. Разведение малочисленных и редких пород кур / И. А. Паронян [и др.] // Генетика и разведение животных. 2016. № 4. С. 62-66.
2. Связь генотипов по однонуклеотидным заменам в гене миостатина с показателями живой массы у кур Юрловской породы / О. В. Митрофанова [и др.] // Генетика и разведение животных. 2015. № 1. С. 39-42.
3. Юрченко О. П., Вахрамеев А. Б., Макарова А. В. Аддитивные взаимодействия генов в формировании окрасок оперения у кур // Генетика и разведение животных. 2015. № 4. С. 41-45.
4. Applications of myostatin (MSTN) gene in the livestock animals and humans / W. A. Ahad [et al.] // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2017. V.6. № 9. P.1807-1811.
5. Association of polymorphic variants in MSTN, PRL, and DRD2 genes with intensity of young animal growth in Pushkin breed chickens / O. V. Mitrofanova [et al.] // Cytology and Genetics. 2017. V. 51. № 3. P. 179-184.
6. Efficient SNP Discovery by Combining Microarray and Lab-on-a-Chip Data for Animal Breeding and Selection / C.-W. Huang [et al.] // Microarrays (Basel). 2015. V. 4. № 4. P. 570-595.
7. Evaluation of growth performance and muscle marker genes expression in four different broiler strains in Jordan / K. Jawasreha [et al.] // Italian Journal of Animal Science. 2019. V. 18. № 1. P.766-776.
8. Mapping QTL for white striping in relation to breast muscle yield and meat quality traits in broiler chickens / E. Pampouille [et al.] // BMC Genomics. 2018. V. 19. N. 202. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-4598-9>.
9. Myostatin (MSTN) gene indel variation and its associations with body traits in Shaanbei White Cashmere goat / Y. Bi [et al.] // Animals (Basel). 2020. V. 10. № 1.
10. Novel report on mutation in exon 3 of myostatin (MSTN) gene in Nilagiri sheep: an endangered breed of South India / A. R. Sahu [et al.] // Trop Anim Health Prod. 2019. № 51. P. 1817-1822. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01873-7>.
11. Polymorphism of the myostatin (MSTN) gene in Landes and Kielecka Geese Breeds / G. Smołucha [et al.] // Animals (Basel). 2020. V. 10. № 1.
12. The single nucleotide polymorphisms of myostatin gene and their associations with growth and carcass traits in Daheng Broiler / X. X. Zhang [et al.] // Brazilian Journal of Poultry Science. 2019. V. 21. N. 3. P. 001-008.

Conclusions. The studied sample ($n = 45$) of the "Opytnaja CS" chicken population is in a state of genetic equilibrium ($\chi^2 = 0.07$). The frequency of the C allele in the studied group was 0.58, the G allele - 0.42. Until the age of 67 days, there was a superiority in live weight of individuals with the GG genotype ($n = 8$) over their peers with the CC ($n = 15$) and CG genotypes ($n = 22$). The greatest growth retardation was observed in CC homozygotes. At the same time, no significant differences were found between animals with different genotypes. At the age of 89 days, close average values of live weight were observed for CC homozygotes (1437.9 ± 52.95 g) and GG homozygotes (1437.7 ± 49.79 g). To obtain significant associations, it is necessary to continue the study of chickens from the population in terms of growth intensity and to increase the sample size participating in the "Opytnaja CS" study.

Reference

1. Breeding of indigenous and rare breeds of chickens / I. A. Paronyan [et al.] // Genetics and animal breeding. 2016. No. 4. P. 62-66.
2. Relationship of snp genotypes in myostatin gene with carcass weight trait in Yurlov chicken breed / O. V. Mitrofanova [et al.] // Genetics and animal breeding. 2015. № 1. P. 39-42.
3. Jurchenko O. P., Vakhrameev A. B., Makarova A. V. The genetic potential of productivity and breeding value of animals // Genetics and animal breeding. 2015. No. 4. P. 41-45.
4. Applications of myostatin (MSTN) gene in the livestock animals and humans / W. A. Ahad [et al.] // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2017. V.6. № 9. P.1807-1811.
5. Association of polymorphic variants in MSTN, PRL, and DRD2 genes with intensity of young animal growth in Pushkin breed chickens / O. V. Mitrofanova [et al.] // Cytology and Genetics. 2017. V. 51. № 3. P. 179-184.
6. Efficient SNP Discovery by Combining Microarray and Lab-on-a-Chip Data for Animal Breeding and Selection / C.-W. Huang [et al.] // Microarrays (Basel). 2015. V. 4. № 4. P. 570-595.
7. Evaluation of growth performance and muscle marker genes expression in four different broiler strains in Jordan / K. Jawasreha [et al.] // Italian Journal of Animal Science. 2019. V. 18. № 1. P.766-776.
8. Mapping QTL for white striping in relation to breast muscle yield and meat quality traits in broiler chickens / E. Pampouille [et al.] // BMC Genomics. 2018. V. 19. N. 202. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-4598-9>.
9. Myostatin (MSTN) gene indel variation and its associations with body traits in Shaanbei White Cashmere goat / Y. Bi [et al.] // Animals (Basel). 2020. V. 10. № 1.
10. Novel report on mutation in exon 3 of myostatin (MSTN) gene in Nilagiri sheep: an endangered breed of South India / A. R. Sahu [et al.] // Trop Anim Health Prod. 2019. № 51. P. 1817-1822. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01873-7>.
11. Polymorphism of the myostatin (MSTN) gene in Landes and Kielecka Geese Breeds / G. Smołucha [et al.] // Animals (Basel). 2020. V. 10. № 1.
12. The single nucleotide polymorphisms of myostatin gene and their associations with growth and carcass traits in Daheng Broiler / X. X. Zhang [et al.] // Brazilian Journal of Poultry Science. 2019. V. 21. N. 3. P. 001-008.

Authors Information

Peglyvanjan Grigory Karapetovich researcher of the laboratory of molecular genetics of Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (Russia, 196601, Sankt-Petersburg, Puchkin, Moskovskoeschosse, 55A), tel. 8(812) 451-76-63, e-mail:peglivanian_grig@mail.ru.

LarkinaTatianaAleksandrovna - researcher of the laboratory of molecular genetics of Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (Russia, 196601, Sankt-Petersburg, Puchkin, Moskovskoeschosse, 55A), candidate of biological sciences, tel. 8 (812) 451-76-63, e-mail: tanya.larkina2015@yandex.ru.

Makarova Aleksandra Vladimirovna -researcher of the department of genetics, breeding and conservation of genetic resources of agricultural birds of Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (Russia, 196601, Sankt-Petersburg, Puchkin, Moskovskoeschosse, 55A), tel. 8 (812) 451-76-63, e-mail:admiralmak@mail.ru.

Mitrofanova Olga Viktorovna - scientific secretary of Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry (Russia, 196601, Sankt-Petersburg, Puchkin, Moskovskoeschosse, 55A), candidate of biological sciences, 8 (812) 451-60-05 e-mail: mo1969@mail.ru.

Информация об авторах

Пегливанян Григорий Карапетович – младший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Московское шоссе, 55А), аспирант, тел. 8 (812) 451-76-63, e-mail: peglivanian_grig@mail.ru.

Ларкина Татьяна Александровна – младший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики ВНИИГРЖ (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Московское шоссе, 55А), кандидат биологических наук, тел. 8 (812) 451-76-63, e-mail: tanya.larkina2015@yandex.ru.

Макарова Александра Владимировна – научный сотрудник отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц ВНИИГРЖ (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Московское шоссе, 55А), тел. 8 (812) 451-76-63, e-mail: admiralimak@mail.ru.

Митрофанова Ольга Викторовна – учёный секретарь ВНИИГРЖ (РФ, 196601, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Московское шоссе, 55А), тел. 8 (812) 451-60-05, кандидат биологических наук, e-mail: mo1969@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-27

PRODUCTIVE QUALITIES OF DAIRY COWS AT OPTIMIZATION OF MINERAL SUPPLY OF RATIONS

M. A. Stepurina¹, A. T. Varakin¹, **A. S. Filatov²**, I. N. Khakimov³,
E. S. Vorontsova^{2,4}, Kokhanov A.P.¹

¹ *Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia*

² *Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-milk Production, Volgograd, Russia*

³ *Samara State Agrarian University, Samara, Russia*

⁴ *All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia*

Received 08.09.2020

Submitted 25.11.2020

Summary

The article presents the results of research on improving the productivity of dairy cows, the quality of milk obtained and the economic efficiency of its production by introducing into the ration of cows Volgograd bischofite and a combined mineral supplement, which includes selenium-containing preparation Selenopiran and additionally contains Volgograd bischofite.

Abstract

Introduction. In case of scientifically based management of dairy cattle breeding, it is very important and relevant to use a mineral feed additive Volgograd bischofite, as well as a combined feed mineral supplement the organic Selenopiran preparation and additionally the Volgograd bischofite, which improves the mineral nutrition of dairy cows. **Materials and methods.** For the experimental dairy cows, rations were developed for the following periods: period of increasing the milk yield and period after increasing the milk yield, according to the detailed feeding rates of the RAAS, which did not differ in the compared groups. These studies show the average daily ration for dairy cows during the main period of scientific and economic experience The differences were that in the main period of the experiment for cows of the II experimental group the main ration and an additional mineral supplement Volgograd bischofite were used; for cows of the III experimental group the main ration and an additional combined mineral supplement the Selenopiran preparation together with Volgograd bischofite were used. **Results and conclusion.** According to the results obtained in the experiment, dairy cows of the experimental groups had higher indicators of productivity and quality of milk produced. In the main period of the experiment, the average daily milk yield of cows in the II and III experimental groups increased by 1.3 or 7.74% and 1.9 kg or 11.31%, respectively, than animals of the I control group. During this period, the fat content in milk in animals of the II experimental group on average increased by 0.05 and III experimental - by 0.08 % (P<0.05), and protein in milk - by 0.02 and 0.05 % (P<0.05), respectively, in comparison with the I control group. Morphological and biochemical blood parameters of cows in the compared groups were normal. Cows of the experimental groups had a higher digestibility and use of nutrients in the diet, with the best result in the III experimental group when using a combined feed additive in the ration. The economic assessment of the conducted research showed that the level of profitability of milk production in the control group was 27.0 %, and in the experimental groups it increased by 11.3 and 15.8 %, respectively.

Key words: dairy cows, ration, Volgograd bischofite, Selenopiran preparation, productivity, milk quality, economic efficiency.

Citation. Stepurina M. A., Varakin A. T., Filatov A. S., Khakimov I. N., Vorontsova E. S., Kokhanov A. P. Productive qualities of dairy cows at optimization of mineral supply of rations *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 269-280 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-27

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

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

УДК 636.2.034.087.72

ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА ДОЙНЫХ КОРОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РАЦИОНОВ

М. А. Степурина¹, аспирант

А. Т. Варакин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. С. Филатов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

И. Н. Хахимов³, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е. С. Воронцова^{2,4}, аспирант

А. П. Коханов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹ ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет

² ФГБНУ Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград

³ ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет

⁴ ФГБНУ Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, Волгоград

Дата поступления в редакцию 08.09.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Актуальность. При научно обоснованном ведении молочного скотоводства весьма важным и актуальным является применение минеральной кормовой добавки Волгоградского бишофита, а также комбинированной кормовой минеральной добавки: селеноорганический препарат «Селенопирин» и дополнительно Волгоградский бишофит, что обеспечивает улучшение минерального питания дойных коров. **Материалы и методы.** Подопытным дойным коровам были разработаны рационы на следующие периоды: раздой и после раздоя, по детализированным нормам кормления РАСХН, которые не различались по сравниваемым группам. В данных исследованиях приведен среднесуточный рацион для дойных коров за время главного периода научно-хозяйственного опыта. Различия состояли в том, что в главном периоде эксперимента для коров II опытной группы использовали основной рацион и дополнительно минеральную добавку – Волгоградский бишофит; III опытной группы – основной рацион и дополнительно комбинированную минеральную добавку: препарат «Селенопирин» вместе с Волгоградским бишофитом. **Результаты и выводы.** Согласно полученным результатам в эксперименте, дойные коровы опытных групп имели более высокие показатели продуктивности и качества произведенного молока. В главном периоде опыта у коров во II и III опытных группах среднесуточный удой молока возрос соответственно на 1,3 или 7,74 % и 1,9 кг или 11,31 %, чем у животных I контрольной группы. В этот период содержание жира в молоке у животных II опытной группы в среднем повысилось на 0,05 и III опытной – на 0,08 % ($P < 0,05$), а белка в молоке – соответственно на 0,02 и 0,05 % ($P < 0,05$), в сравнении с I контрольной группой. Морфологические и биохимические показатели крови у коров в сравниваемых группах были в норме. Коровы опытных групп имели более высокую переваримость и использование питательных веществ рациона, с лучшим результатом в III опытной группе при использовании в рационе комбинированной кормовой добавки. Экономическая оценка проведенных исследований показала, что уровень рентабельности производства молока в контроле составил 27,0 %, а в опытных группах повысился соответственно на 11,3 и 15,8 %.

Ключевые слова: дойные коровы, рационы дойных коров, волгоградский бишофит, Селенопирин, продуктивность дойных коров, качество молока коров, экономическая эффективность молочного скотоводства.

Цитирование. Степурина М. А., Варакин А. Т., Филатов А. С., Хакимов И. Н., Воронцова Е. С., Коханов А.П. Продуктивные качества дойных коров при оптимизации минеральной обеспеченности рационов. *Известия НВ АУК*. 2020. 4 (60). 269-280. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-27

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 научных публикациях уделяется значительное внимание современному состоянию молочного производства [9, 17] и прогнозированию по развитию молочного скотоводства [8, 21].

По результатам исследований показано, что на продуктивные качества сельскохозяйственных животных оказывают влияние особенности их различного происхождения [4, 6, 12, 18].

Результаты ряда научно-исследовательских работ также свидетельствуют о том, что продуктивность животных и показатели производства продукции обуславливаются ростом при улучшении кормовой базы, рациональном использовании кормовых ресурсов и повышением качества рационов [1, 7, 10, 20].

Этому во многом способствует научно обоснованное использование в рационах биологически активных веществ, в числе которых кормовые минеральные добавки имеют первостепенное значение [2, 11, 14, 16].

При анализе рационов дойных коров было установлено, что они недостаточно обеспечены жизненно необходимыми минеральными элементами, и в частности магнием и селеном.

Однако недостаток макро- и микроэлементов в питании сельскохозяйственных животных влияет на снижение их продуктивности; вызывает различные заболевания и ухудшает качество получаемой продукции.

Поэтому в животноводческой практике необходимо шире применять минеральные добавки для балансирования рационов по дефицитным макро- и микроэлементам.

Исследователи рекомендуют для улучшения минеральной обеспеченности рационов сельскохозяйственных животных использовать природный Волгоградский бишофит [5, 13].

Волгоградский бишофит – это минерал, основой которого служит хлорид магния с комплексом очень важных в кормлении животных макро- и микроэлементов. Наличие в нем многих жизненно необходимых минеральных элементов сделало возможным его использование как комплексную минеральную кормовую добавку для животных.

Весьма значительный научный и производственный интерес при этом представляет введение этой ценной природной минеральной добавки в рационы для питания лактирующих коров.

Следует также отметить, что в жизнедеятельности сельскохозяйственных животных большая биологическая роль отведена микроэлементу селену. При обеспеченности рационов животных этим минеральным элементом выявлено улучшение течения обменных процессов в их организме и воспроизводительной функции [2, 5].

В настоящее время с целью профилактики селеновой недостаточности нашли применение различные соединения этого микроэлемента. Однако наибольшее предпочтение отдается использованию органических селеновых соединений по причине того, что они являются менее токсичными и эффективными, по сравнению с неорганическими соединениями данного элемента.

Необходимо отметить, что имеется эффективная альтернатива применению неорганическим источникам селена – это использование соединений этого микроэлемента, но органической природы. Таким источником селена может служить органическое соединение пирановой структуры «Селенопиран».

Препарат «Селенопиран» (9-фенил-симм-октагидроселеноксантен) выпускается в виде оранжевого жирорастворимого порошка, без запаха, при содержании в нем 24 % селена. «Селенопиран» возможно применять в рационах сельскохозяйственных животных как альтернативу селениту натрия.

Поэтому существенное значение для науки и практики по ведению молочного скотоводства имеет включение Волгоградского бишофита и селеноорганического препарата «Селенопиран» в рационы для улучшения их биологической полноценности.

Актуальность данной научно-исследовательской работы определяется тем, что она направлена на решение важной продовольственной задачи по увеличению объемов производства молока с высоким качеством и повышению эффективности его получения, продуктивных качеств лактирующих коров путем улучшения минеральной питательности их рационов.

Цель настоящей работы – изучение продуктивных качеств дойных коров и эффективности производства молока в сравнительном аспекте при введении в рационы Волгоградского бишофита и комбинированной кормовой добавки, состоящей из селеноорганического препарата «Селенопиран», с дополнительным содержанием Волгоградского бишофита.

Материалы и методы. Исследования были выполнены на базе ИП КФХ «Кочкина Н. И.» в Быковском районе Волгоградской области. В комплекс настоящих исследований входили научно-хозяйственный и физиологический опыты. Для эксперимента в качестве подопытного материала использовали дойных коров красной степной породы данного крестьянско-фермерского хозяйства. Опыты на полновозрастных коровах провели с начала лактационного периода.

Данный эксперимент на коровах был выполнен методом групп, для которого сформировали 3 группы дойных коров вышеуказанной породы: I контрольную, II опытную и III опытную. Животных в группы подобрали по принципу аналогов. В каждой группе содержалось по десять подопытных коров. За время выполнения исследований условия содержания подопытных животных и ухода за ними во всех сравниваемых группах не различались.

Научно-хозяйственный опыт был проведен в течение 195 дней и состоял из трех периодов, в том числе предварительного (уравнительного) продолжительностью двадцать дней, переходного – семь дней, главного (учетного) – сто пятьдесят три дня и заключительного – пятнадцать дней.

В главном (учетном) периоде дойные коровы I контрольной группы получали основной рацион (ОР); II опытной – ОР с дополнительным включением в качестве минеральной кормовой добавки Волгоградского бишофита; III опытной группы – ОР с дополнительным включением комбинированной кормовой добавки: минерального вещества в виде селенсодержащего препарата «Селенопиран» в комплексе с Волгоградским бишофитом.

Молочную продуктивность изучали индивидуально от каждой коровы всех групп каждую декаду на основании проведения контрольного доения. При этом в исследуемом молоке, наряду с другими показателями его качества, определяли содержание жира и белка согласно общепринятым методикам.

Полученные данные в исследованиях были обработаны с использованием метода вариационной статистики.

Для контроля физиологического состояния подопытных животных организовали изучение гематологических показателей в начале и в конце научно-хозяйственного опыта путем взятия крови до кормления в утренние часы. Исследования гематологических показателей были выполнены по общепринятым методикам. Кровь для исследования брали из яремной вены у девяти подопытных коров по три из каждой сравниваемой группы.

В физиологических исследованиях также было организовано изучение переваримости питательных веществ рационов, баланса и использования азота, минеральных элементов. Такие исследования провели в главном периоде научно-хозяйственного опыта, во второй его половине – на девяти коровах по три из каждой группы.

По завершении эксперимента была выполнена оценка экономической эффективности введения в рационы дойных коров испытываемых кормовых минеральных добавок по методике ВАСХНИЛ (1983).

Результаты. Для подопытных лактирующих коров всех групп основные рационы сбалансировали по детализированным нормам кормления РАСХН на следующие периоды: раздой, совпавший с первыми 73 днями, и после раздоя, – с последующими 80 днями главного периода научно-хозяйственного опыта. В состав рационов коров включили разнообразные компоненты – корма и балансирующие добавки.

Причем для восполнения недостатка в задаваемых кормах жизненно важного макроэлемента – магния – в рацион животных II опытной группы было организовано введение минеральной добавки Волгоградский бишофит.

Характеризуя биологическую роль микроэлемента – селена в организме сельскохозяйственных животных, необходимо отметить, что он также относится к жизненно важным, необходимым элементам питания. При его недостаточном содержании в кормах применяются разные препараты неорганической и органической форм этого минерального элемента, в качестве примера: селенит натрия и ДАФС-25 и другие. В связи с этим в состав основного рациона коровам III опытной группы была введена комбинированная кормовая добавка: минеральное вещество в виде селеноорганического препарата «Селенопиран» вместе с Волгоградским бишофитом.

Состав среднесуточного рациона дойных коров в сравниваемых группах за главный период опыта приведен в таблице 1.

При характеристике особенностей рационов дойных подопытных коров I контрольной, II и III опытных групп в среднем за сутки в главном периоде научно-хозяйственного эксперимента необходимо отметить, что они не различались по содержанию энергии и нормируемых питательных веществ, а именно по энергетическим кормовым единицам, составившим 16,95; по обменной энергии – 169,5 МДж, сухому веществу – 16,62 кг, сырому протеину – 2275,1 г, переваримому протеину – 1559,7 г, расщепляемому в рубце протеину – 1709,2 г, сырой клетчатке – 3651,3 г, крахмалу – 2062,0 г, сахарам – 1316,0 г, сырому жиру – 503,5 г. Содержание макроэлементов в среднем суточном рационе коров было следующим: кальций – 117,3 г, фосфор – 72,4 г, калий – 213,2 г, сера – 34,9 г; микроэлементов: железо – 2105,1 мг, медь – 141,5 мг, цинк – 941,2 мг, кобальт – 10,3 мг, марганец – 940,6 мг, йод – 12,6 мг. В рационе содержалось каротина – 758,3 мг, витамина Д – 14,6 тыс. МЕ и витамина Е – 1773,0 мг.

Однако магния в среднесуточных рационах по сравниваемым группам соответственно содержалось: 21,8; 27,0 и 27,0 г, что взаимосвязано с использованием Волгоградского бишофита для коров II и III опытных групп.

В экспериментальных работах, которые выполняются на лактирующих коровах молочных пород, большое значение имеет исследование показателей, характеризующих их продуктивность и качество получаемого молока [6, 7].

Таблица 1 – Корма и добавки в среднесуточном рационе для лактирующих коров, кг

Table 1 – Feed and additives in the average daily ration for lactating cows, kg

Содержание в рационе / Content in the ration	Группа / Group		
	I контрольная / I control	II опытная / II experienced	III опытная / III experienced
Злаковое сено / Cereal hay	2,0	2,0	2,0
Бобовое сено / Bean hay	3,0	3,0	3,0
Концентрированные корма / Concentrated feed, в том числе с высоким содержанием протеина / also high in protein	4,70 1,23	4,70 1,23	4,70 1,23
Силос / Silage	27,0	27,0	27,0
Кормовая патока (меласса) / Fodder syrup (molasses)	1,24	1,24	1,24
Поваренная соль, г / Table salt, g	105	105	105
Кормовой фосфат, г / Feed phosphate, g	95	95	95
Элементарная сера, г / Elemental sulfur, g	13,2	13,2	13,2
Волгоградский бишофит, мг / Volgograd bischofite, mg	-	68500,0	-
Комбинированная минеральная добавка, мг / Combined mineral supplement, mg	-	-	68508,92
Углекислая медь, мг / Copper carbonate, mg	87,8	87,8	87,8
Углекислый цинк, мг / Zinc carbonate, mg	1095,0	1095,0	1095,0
Хлористый кобальт, мг / Cobalt chloride, mg	20,4	20,4	20,4
Хлористый марганец, мг / Manganese chloride, mg	1443,0	1443,0	1443,0
Йодистый калий, мг / Potassium iodide, mg	9,0	9,0	9,0
Витамин Д, тыс. ME / Vitamin D, thousand IU	11,4	11,4	11,4

Результаты по продуктивным качествам дойных коров в сравниваемых группах, полученные в течение главного периода научно-хозяйственного опыта (153 дня), представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели молочной продуктивности коров, n = 10 ($M \pm m$)

Table 2 – Indicators of milk productivity of cows, n = 10 ($M \pm m$)

Группа / Group	Надоено молока в среднем за сутки, кг / Milk yield on average per day, kg	Содержание в молоке, % / Content in milk, %	
		жира / fat	белка / protein
I контрольная / I control	16,80±0,30	3,88±0,015	3,38±0,010
II опытная / II experienced	18,10±0,20	3,93±0,021	3,40±0,015
III опытная / III experienced	18,70±0,17	3,96±0,025	3,43±0,018

Согласно данным научно-хозяйственного опыта, по сравнению с коровами I контрольной группы, которым задавали основной рацион, у аналогов II опытной группы при использовании в составе основного рациона в качестве минеральной добавки Волгоградского бишофита, средний суточный удой повысился на 1,3 кг (7,74 %) с достоверной разницей и значением $P < 0,01$; III опытной группы – комбинированной минеральной добавки следующего состава: препарат «Селенопиран» в комплексе с Волгоградским бишофитом – на 1,9 кг (11,31 %) со значением $P < 0,001$. Разница по этому показателю между опытными группами была в пользу животных III опытной с преимуществом на 0,6 кг (3,31 %) при $P < 0,05$.

В то же время у коров опытных групп, получавших испытываемые минеральные добавки, были установлены лучшие показатели по качественным показателям производенного молока. Так, содержание жира и белка в молоке у животных II опытной группы повы-

силось в среднем соответственно на 0,05 и 0,02 %; III опытной группы - на 0,08 ($P < 0,05$) и 0,05 % ($P < 0,05$), чем в I контрольной группе. По сравнению со II опытной группой у коров III опытной исследуемые показатели были выше соответственно на 0,03 и 0,03 %.

По валовому удою молока с базисной жирностью (3,4 %), в сравнении с I контрольной группой (2933,3 кг), преимущество коров II опытной группы составило 267,7 кг (9,13 %) и III опытной – 399,04 (13,60 %). Коровы III группы, получавшие в дополнение к рациону комбинированную добавку, имели этот показатель больше, чем животные II группы, на 131,34 кг (4,10 %).

При изучении физиологических показателей, связанных с характером обмена веществ в организме животных, в исследованиях выполняются анализы гематологических показателей [3, 19, 22].

Согласно результатам наших исследований, у подопытных коров по сравниваемым группам морфологические и биохимические показатели крови соответствовали физиологической норме. Дойные коровы опытных групп имели более высокий уровень переваримости и использования питательных веществ рационов, чем в контроле, с лучшим результатом по переваримости рациона, баланса азота и минеральных элементов в III опытной группе при введении в состав основного рациона комбинированной кормовой минеральной добавки.

По окончании научно-хозяйственного опыта нами была выполнена оценка экономической эффективности проведенных исследований, результаты которой приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Экономическая эффективность производства молока
(в расчете на 1 корову)

Table 3 – Economic efficiency of milk production (per 1 cow)

Показатель / Indicator	Группа коров / Group of cows		
	I контрольная / I control	II опытная / II experienced	III опытная / III experienced
Надоемо молока за 153 дня лактации, кг / Milk yielded in 153 days of lactation, kg	2570,4	2769,3	2861,1
Надоемо молока с базисной жирностью (3,4 %), кг / Milk with basic fat content (3.4%), kg	2933,3	3201,0	3332,34
Производственные затраты на 1 корову, руб. / Production costs per 1 cow, rubles	50796,0	50923,0	51332,0
Себестоимость производства 1 кг молока с базисной жирностью, руб. / Cost of production of 1 kg of milk with basic fat content, rubles	17,32	15,91	15,40
Реализационная стоимость молока, руб. / Sales value of milk, rubles	64532,6	70422,0	73311,5
Прибыль, руб. / Profit, rubles	13736,6	19499,0	21979,5
Уровень рентабельности, % / Profitability level, %	27,0	38,3	42,8

По результатам научно-хозяйственного опыта в среднем за главный (учетный) период от каждой коровы I контрольной группы надой натурального молока составил 2570,4 кг, а II опытной группы – на 198,9 кг больше, или на 7,74 %, и III опытной – на 290,7 кг больше, или на 11,31 %. Между группами коров, получавших в составе рационов испытываемые кормовые добавки, разница составила 91,8 кг, или 3,31 % в пользу III группы при использовании комбинированной минеральной добавки.

В сравнении с I контрольной группой по валовому удою молока с базисной жирностью коровы II опытной группы имели превосходство на 9,13 и III опытной – на 13,60 %. Коровы III опытной группы имели преимущество над животными II опытной группы на 4,10 %.

За главный период эксперимента в среднем на каждую корову I контрольной группы производственные затраты составили 50796,0 руб., а II опытной группы – на 127,0 руб. выше, или на 0,25 %, и III опытной – на 536,0 руб. выше, или на 1,05 %. В III группе этот показатель был выше на 409,0 руб., или на 0,80 %, чем во II группе.

Характеризуя такие важные данные, как себестоимость производства 1 кг молока с базисной жирностью, необходимо отметить, что этот показатель в сравнительном аспекте был выше в I контрольной группе. Так, во II опытной группе изучаемый показатель был ниже на 1,41 руб., или на 8,14 %, и в III опытной – на 1,92 руб., или на 11,08 %. По сравнению со II группой при введении в рацион Волгоградского бишофита данный показатель в III группе с использованием комбинированной добавки понизился на 0,51 руб., или на 3,20 %.

В связи с более высокой молочной продуктивностью коров опытных групп, получавших в составе рационов испытываемые добавки, от этих животных была установлена и более высокая реализационная стоимость молока с базисным содержанием жира (3,4 %). Изучаемый показатель у коров II и III опытных групп был выше соответственно на 5889,4 руб. (9,13 %) и 8778,9 (13,60 %). В III группе этот показатель повысился на 2889,5 руб., или на 4,10 %, чем во II группе.

При характеристике полученной прибыли следует отметить, что по сравнению с контролем (13 736,6 руб.) опытные группы отличались более высоким изучаемым показателем, который показал увеличение соответственно на 5762,4 (41,95 %) и 8242,9 руб. (60,01 %). Прибыль в III группе была выше на 2480,5 руб., или на 12,72 % в сравнении со II группой.

Более высокие показатели опытных групп по надоям молока и содержанию в нем жира, по реализационной стоимости произведенного молока и полученной прибыли положительно отразились на уровне рентабельности. В I контрольной группе уровень рентабельности произведенного молока составил 27,0 %, а во II опытной группе данный показатель повысился на 11,3 и в III опытной группе – на 15,8 %. Разница между опытными группами по этому показателю составила 4,5 % с преимуществом коров, которым задавали в дополнение к рациону комбинированную минеральную добавку.

Обсуждение. Введение в состав основного рациона минеральной кормовой добавки Волгоградский бишофит и комбинированной кормовой минеральной добавки: препарат «Селенопиран» в комплексе с Волгоградским бишофитом позволило существенно повысить полноценность рационов дойных коров путем улучшения обеспеченности важными элементами минерального питания, а это оказало положительное влияние на повышение переваримости и использования в их организме питательных веществ корма; показатели, характеризующие молочную продуктивность и качество произведенного молока. Однако наиболее высокий результат выявлен у лактирующих коров III опытной группы при скормливания им в дополнение к основному рациону комбинированной кормовой добавки. Морфологические и биохимические показатели крови у подопытных животных во всех группах находились в соответствии с физиологическими нормами.

У дойных коров опытных групп при скормливания в рационах испытываемых минеральных добавок установлены лучшие показатели по экономической эффективности, чем в контроле, а наиболее высокий результат выявлен у животных с использованием комбинированной кормовой добавки.

Выводы. Таким образом, введение в рацион Волгоградского бишофита и комбинированной минеральной добавки, которая включает селеносодержащий препарат «Селенопиран» и содержит дополнительно Волгоградский бишофит, обеспечивает повышение продуктивности дойных коров, качества получаемого молока и экономической эффективности его производства. При этом лучший результат достигнут при включении в рацион подопытных животных комбинированной кормовой добавки.

Библиографический список

1. Влияние бишофита и фосфатидного концентрата на мясную продуктивность свиней / В. В. Саломатин, Р. Н. Муртазаева, А. Т. Варакин, В. А. Корнилова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. Вып. 2. С. 46-51.
2. Влияние кормовых добавок на воспроизводительные качества хряков-производителей / А. Т. Варакин, С. И. Николаев, В. В. Саломатин, Д. К. Кулик, Е. А. Харламова // Зоотехния. 2017. № 6. С. 28-30.
3. Гематологические показатели коров при использовании иммуномодулирующих препаратов / М. Х. Баймишев, С. П. Еремин, Х. Б. Баймишев, С. А. Баймишева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. Вып. 1. С. 89-94.
4. Гистологическое строение кожи и характеристика рун молодняка овец различного происхождения / В. В. Абонеев, Ю. А. Колосов, Н. Г. Чамурлиев, В. В. Марченко, Е. В. Абонеева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 180-191.
5. Изменение гематологических показателей хряков-производителей при введении в рацион минеральных добавок / А. Т. Варакин, В. В. Саломатин, Д. К. Кулик, В. Д. Кочарян, Е. А. Харламова // Ветеринария. 2019. № 4. С. 46-49.
6. Молочная продуктивность коров голштинской породы в южно-лесостепной зоне Предуралья / Р. М. Мударисов, И. Н. Хакимов, В. Г. Семенов, Н. И. Кульмакова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. Вып.3. С. 32-39.
7. Молочная продуктивность коров, качество молока и продуктов его переработки при нормализации протеинового питания / Н. Г. Чамурлиев, А. С. Филатов, А. Г. Мельников, Е. А. Мельникова, Е. С. Воронцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 202-212.
8. Нейросетевое прогнозирование развития молочного животноводства Волгоградской области / Г. В. Федотова, И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, А. В. Глущенко, Е. С. Воронцова, Д. А. Мосолова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. 2 (58). С. 223-240.
9. Оценка современного состояния молочного производства в России / И. Ф. Горлов, Г. В. Федотова, Н. И. Мосолова, В. Н. Сергеев, А. В. Глущенко, Е. С. Воронцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 189-197.
10. Adjustment of the feeding level of meat-type cows with different live weight and fatness / R. M. Mudarisov, I. N. Khakimov, V. G. Semenov, D. A. Baimukanov, A. T. Varakin, N. I. Kulmakova, L. A. Korosteleva, K. Zh. Iskhan, K. B. Apeev // Bulletin the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. 2019. Vol. 4. N. 380. P. 46-54.
11. Comparative assessment of effect of copper nano- and microparticles in chicken / S. A. Miroshnikov, E. V. Yausheva, E. A. Sizova, E. P. Miroshnikova, V. I. Levahin // Oriental Journal of Chemistry. 2015. Vol. 31. № 4. P. 2327-2336.
12. Estimation of maximum thermo-hygrometric index thresholds affecting milk production in italian brown swiss cattle / A. Maggiolino [et al.] // Journal of Dairy Science. 2020. V.103(9). P. 8541-8553.
13. Hematological Parameters of Boars-Producers at use of a Natural Mineral Additive in a Diet / A. T. Varakin, D. K. Kulik, V. V. Salomatin, V. S. Zoteev, G. A. Simonov // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 3837-3841.
14. Influence of natural zeolites supplemented with inorganic selenium on the productive performance of dairy cows / M. P. Marin // Pakistan Journal of Zoology. 2020. V. 52(2). P. 775-783.
15. Mogollón-García H. D., Nieto-Sierra D. F., Castro-Rincón E. Productive performance of holstein and the crossbreeding kiwi cross x holstein cattle. [Rendimiento productivo de Ganado Holstein y el cruzamiento Kiwi Cross x Holstein] // Agronomy Mesoamerican. 2020. V. 31(2). P. 329-339.
16. Productive indicators of cows and milk quality, when adding amide-vitamin-mineral concentrate to the diet / S. Y. Smolentsev // International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences. 2020. V. 11(2). P. 1511-1514.

17. Relationship between quality of facilities, animal-based welfare indicators and measures of reproductive and productive performances on dairy farms in the northwest of Spain / S. Verdes [et al.] // Italian Journal of Animal Science. 2020. V. 19(1), 319-329.

18. Reproductive and productive performance, udder health, and conformation traits of purebred Holstein, F1, and R1 crossbred Holstein × Simmental cows / D. A. Knob [et al.] // Tropical Animal Health and Production. 2020. V. 52(4). P. 1639-1647.

19. Residual feed intake and blood variables in young Nellore cattle / C. F. Nascimento, R. H. Branco, S. F. Bonilha, J. N. Cyrillo, J. A. Negrão, M. E. Mercadante // Journal of Animal Science. 2015. Vol. 93 (3). P. 1318-1326.

20. Symposium review: Development, implementation, and perspectives of health evaluations in the United States / K. L. Parker Gaddis // Journal of Dairy Science. 2020. V. 103(6). P. 5354-5365.

21. The level of productive qualities of cows of black-motley breed contained in standard conditions of Russian farms / M. A. Petrova [et al.] // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020. V. 548(2) www.scopus.com

22. The relationship of plasma urea nitrogen with growth traits and age at first estrus in gilts / C. A. Lents, L. A. Rempel, J. Klindt, T. Wise, D. Nonneman, B. A. Freking // Journal of Animal Science. 2013. Vol. 91 (7). P. 3137-3142.

Conclusion. Thus, the introduction into the ration of Volgograd bischofite and a combined mineral supplement, which includes the selenium-containing preparation Selenopiran and additionally contains the Volgograd bischofite, provides an increase in the productivity of dairy cows, the quality of milk obtained and the economic efficiency of its production. Moreover, the best result was achieved when a combined feed additive was included in the ration of experimental animals.

Reference

1. Influence of bischofite and phosphatide concentrate on meat productivity of pigs / V.V. Salomatin, R.N. Murtazaeva, A.T. Varakin, V.A. Kornilova // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2020. Issue. 2. P. 46-51.

2. Influence of feed additives on the reproductive qualities of boars-producers / A.T. Varakin, S.I. Nikolaev, V.V. Salomatin, D.K. Kulik, E.A. Kharlamova // Animal Science. 2017. No. 6. P. 28-30.

3. Hematological indicators of cows when using immunomodulatory preparations / M.Kh. Baimishev, S.P. Eremin, Kh.B. Baimishev, S.A. Baimisheva // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2019. Issue. 1. P. 89-94.

4. The histological structure of the skin and characteristics of the runes of young sheep of various origins / V.V. Aboneev, Yu.A. Kolosov, N.G. Chamurliiev, V.V. Marchenko, E.V. Aboneeva // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. 1 (57). P. 180-191. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-18.

5. Changes in hematological parameters of sire boars when mineral supplements are introduced into the ration / A.T. Varakin, V.V. Salomatin, D.K. Kulik, V.D. Kocharyan, E.A. Kharlamova // Veterinary Medicine. 2019. No. 4. P. 46-49.

6. Milk productivity of Holstein cows in the southern forest-steppe zone of the Urals / R.M. Mudarisov, I.N. Khakimov, V.G. Semenov, N.I. Kulmakova // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2020. Issue 3. P. 32-39.

7. Milk productivity of cows, the quality of milk and its processing products during the normalization of protein nutrition / N.G. Chamurliiev, A.S. Filatov, A.G. Melnikov, E.A. Melnikova, E.S. Vorontsova // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. 1 (57). P. 202-212. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-20.

8. Neural network forecasting of the development of dairy farming in the Volgograd region / G.V. Fedotova, I.F. Gorlov, M.I. Slozhenkina, A.V. Glushchenko, E.S. Vorontsova, D.A. Mosolova // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. 2 (58). P. 223-240. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-02-23.

9. Assessment of the current state of dairy production in Russia / I.F. Gorlov, G.V. Fedotova, N.I. Mosolova, V.N. Sergeev, A.V. Glushchenko, E.S. Vorontsova // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2019. 2 (54). P. 189-197. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-23.
10. Adjustment of the feeding level of meat-type cows with different live weight and fatness / Mudarisov R.M., Khakimov I.N., Semenov V.G., Baimukanov D.A., Varakin A.T., Kulmakova N.I., Korosteleva L.A., Iskhan K.Zh., Apeev K.B. // Bulletin the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. 2019. Vol. 4. N. 380. P. 46-54.
11. Comparative assessment of effect of copper nano- and microparticles in chicken / S.A. Miroshnikov, E.V. Yausheva, E.A. Sizova, E.P. Miroshnikova, V.I. Levahin // Oriental Journal of Chemistry. - 2015. - Vol. 31. - № 4. - P. 2327-2336.
12. Estimation of maximum thermo-hygro-metric index thresholds affecting milk production in italian brown swiss cattle / A. Maggiolino [et al.] // Journal of Dairy Science. 2020. V.103(9). P. 8541-8553.
13. Hematological Parameters of Boars-Producers at use of a Natural Mineral Additive in a Diet / Varakin A.T., Kulik D.K., Salomatin V.V., Zoteev V.S., Simonov G.A. // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Issue 1. P. 3837-3841.
14. Influence of natural zeolites supplemented with inorganic selenium on the productive performance of dairy cows / M. P. Marin // Pakistan Journal of Zoology. 2020. V. 52(2). P. 775-783.
15. Mogollón-García H. D., Nieto-Sierra D. F., Castro-Rincón E. Productive performance of holstein and the crossbreeding kiwi cross x holstein cattle. [Rendimiento productivo de Ganado Holstein y el cruzamiento Kiwi Cross x Holstein] // Agronomy Mesoamerican. 2020. V. 31(2). P. 329-339.
16. Productive indicators of cows and milk quality, when adding amide-vitamin-mineral concentrate to the diet / S. Y. Smolentsev // International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences. 2020. V. 11(2). P. 1511-1514.
17. Relationship between quality of facilities, animal-based welfare indicators and measures of reproductive and productive performances on dairy farms in the northwest of Spain / S. Verdes [et al.] // Italian Journal of Animal Science. 2020. V. 19(1), 319-329.
18. Reproductive and productive performance, udder health, and conformation traits of purebred holstein, F1, and R1 crossbred holstein × simmental cows / D. A. Knob [et al.] // Tropical Animal Health and Production. 2020. V. 52(4). P. 1639-1647.
19. Residual feed intake and blood variables in young Nellore cattle / C.F. Nascimento, R.H. Branco, S.F. Bonilha, J.N. Cyrillo, J.A. Negrão, M.E. Mercadante // Journal of Animal Science. - 2015. - Vol. 93 (3). - P. 1318-1326.
20. Symposium review: Development, implementation, and perspectives of health evaluations in the United States / K. L. Parker Gaddis // Journal of Dairy Science. 2020. V. 103(6). P. 5354-5365.
21. The level of productive qualities of cows of black-motley breed contained in standard conditions of Russian farms / M. A. Petrova [et al.] // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020. V. 548(2) www.scopus.com.
22. The relationship of plasma urea nitrogen with growth traits and age at first estrus in gilts / C.A. Lents, L.A. Rempel, J. Klindt, T. Wise, D. Nonneman, B.A. Freking // Journal of Animal Science. - 2013. - Vol. 91 (7). - P. 3137-3142.

Author's Information

Stepurina Maria Aleksandrovna, postgraduate student of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26); E-mail: kafedra-kormlenie@mail.ru

Varakin Aleksandr Tikhonovich, ¹ Professor of the Department "Private Animal Science" of Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26); ² Chief Researcher of the Federal Research Center of Agroecology, Complex Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, University Ave. 97), Doctor of Agricultural Sciences, Professor; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0375-7108>; E-mail: varakinat58@mail.ru

Filatov Alexander Sergeevich, Chief Researcher of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russia, 400131, Volgograd, Rokossovsky St., 6), Doctor of Agricultural Sciences, Professor; ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3550-4324>; E-mail: niimmp@mail.ru

Khakimov Ismagil Nasibullovich, Professor of the Department "Breeding and feeding of farm animals", Samara State Agrarian University (Russia, 446442, Samara Region, Kinel, Ust-Kinelsky urban settlement, st. Uchebnaya, 2), Doctor of Agricultural Sciences, Professor; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1640-8436>; E-mail: xakimov_2@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, postgraduate student of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russia, 400131, Volgograd, Rokossovsky St., 6); E-mail: niimmp@mail.ru

Kokhanov Alexander Petrovich, Professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky pr., 26), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, E-mail: kohanov_000@mail.ru

Информация об авторах:

Степурина Мария Александровна, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26); E-mail: kafedra-kormlenie@mail.ru

Варакин Александр Тихонович, профессор кафедры «Частная зоотехния» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0375-7108>; E-mail: varakinat58@mail.ru

Филатов Александр Сергеевич, главный научный сотрудник Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. им. Рокоссовского, 6), доктор сельскохозяйственных наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3550-4324>; E-mail: niimmp@mail.ru

Хакимов Исмагиль Насибуллович, профессор кафедры «Разведение и кормление сельскохозяйственных животных» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» (РФ, 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2), доктор сельскохозяйственных наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1640-8436>; E-mail: xakimov_2@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, аспирант Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. им. Рокоссовского, 6); E-mail: niimmp@mail.ru

Коханов Александр Петрович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, E-mail: kohanov_000@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-28

EFFICIENCY OF USING THE COMBINATION OF SUGARS IN THE DILUENT FOR CRYOPRESERVATION OF ROOSTERS SPERM

Y.L. Silyukova, O.I. Stanishevskaya

All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals – branch of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, St. Petersburg, Russia

Received 12.08.2020

Submitted 25.11.2020

The work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education, on the science project № AAAA-A18-118021590132-9.

Summary

A new composition of the extender for cryopreservation of roosters sperm has been approved. The biological substantiation of the selection of the experimental composition of the diluent is presented. The final results on the use of the experimental breaker reflect its effectiveness and make it possible to recommend it for use in freezing male sperm for long-term storage of samples of genetic material of roosters reproductive cells in cryobanks.

Abstract

Introduction. When creating a cryobank of reproductive cells of rare and endangered chicken breeds, not only as their samples, but also as an insurance fund for sperm with possible use for industrial purposes, it is necessary to increase the fertility potential of the spermatozoa of the laid sperm. One of the ways to increase the fertility of frozen / thawed sperm is the modernization of media for cryopreservation of male sperm. **Materials and methods.** In the course of the study, cocks (n = 10) and chickens (n = 30) of the Russian White breed from the «Genetic collection of rare and endangered chicken breeds» of All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals, were used. The test component of experimental media for cryopreservation of male sperm was determined to be maltose with replacement of the fructose component by 10% and 20% of the control medium. Artificial insemination and incubation of eggs was carried out to determine the fertility of frozen / thawed male sperm. **Results and Conclusions.** In the M-LKS10 and M-LKS20 groups with the use of maltose as a component of the medium for sperm cryopreservation, a significant increase in the level of egg fertilization was noted. The maximum percentage of egg fertilization of 92.6% was obtained from the frozen sperm using the experimental composition M-LKS10, which is 17.9% higher than in the control group. **Conclusions.** The results of the presented studies demonstrate an increase in the total percentage of egg fertilization when using frozen / thawed sperm in the M-LCS10 (92.6%) and M-LCS20 (86.3%) groups compared with the LCS control group (74.7%) and long-term stability of the level of fertilization of eggs.

Key words: chickens, sperm, spermatozoa, cryopreservation, cryobank, media, saccharides, motility, fertility, artificial insemination.

Citation. Siluykova Y.L., Stanishevskaya O.I. Efficiency of using the combination of sugars in thinners for cryopreservation of roosters sperm. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 0(00). 280-290 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-28

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

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.

УДК 636.4.087.8:615

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНАЦИИ САХАРИДОВ В РАЗБАВИТЕЛЕ ДЛЯ КРИОКОНСЕРВАЦИИ СЕМЕНИ ПЕТУХОВ

Ю. Л. Силукова

О. И. Станишевская, доктор биологических наук

*Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения
сельскохозяйственных животных - филиал Федерального государственного
бюджетного научного учреждения Федеральный научный
центр животноводства – ВИЖ им. Л. К. Эрнста, г. Санкт Петербург*

Дата поступления в редакцию 12.08.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Работа проведена в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме № АААА-А18-118021590132-9

Актуальность. При создании криобанка репродуктивных клеток редких и исчезающих пород кур не только как их образцов, но и как страховой фонд семени с возможным использованием в производственных целях необходимо повысить потенциал фертильности сперматозоидов закладываемого семени. Одним из направлений повышения фертильности заморожено/оттаянного семени является модернизация сред для криоконсервации семени петухов. **Материалы и методы.** В ходе исследования использованы петухи (n=10) и куры (n=30) русской белой породы «Генетической коллекции редких и исчезающих пород кур» ВНИИГРЖ. Испытуемым компонентом экспериментальных сред для криоконсервации семени петухов определен состав среды с замещением компонента фруктозы на мальтозу в процентном соотношении 10 % и 20 % от контрольной среды. Проведено искусственное осеменение и инкубирование яиц

для определения фертильности заморожено/оттаянного семени петухов. **Результаты и выводы.** В группах М-ЛКС10 и М-ЛКС20 с использованием мальтозы в качестве компонента среды для криоконсервации семени отмечено существенное повышение уровня оплодотворенности яиц. Максимальный процент оплодотворенности яиц 92,6 % был получен от семени, замороженного с использованием экспериментального состава М-ЛКС10, что на 17,9 % выше, чем в контрольной группе. **Выводы.** Результаты представленных исследований демонстрируют повышение общего процента оплодотворенности яиц при использовании заморожено/оттаянного семени у групп М-ЛКС10 (92,6 %) и М-ЛКС20 (86,3 %) по сравнению с группой ЛКС-контроль (74,7 %) и продолжительную стабильность уровня оплодотворенности яиц.

Ключевые слова: сперма петухов, сперматозоиды, криоконсервация спермы петухов, криобанки, искусственное осеменение птицы.

Цитирование. Силукова Ю. Л., Станишевская О. И. Эффективность использования комбинации сахаридов в разбавителе для криоконсервации семени петухов. *Известия НВ АУК.* 2020. 4(60). 280-290. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-28

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Криоконсервация семени является важным, широко используемым методом длительного хранения репродуктивных клеток самцов. Однако эффективность этого метода в птицеводстве не столь высока по сравнению с другими отраслями животноводства, где данный метод практически применяется для генетического улучшения пород. Поиск новых эффективных концепций и протоколов в криоконсервации семени петухов позволит создавать криобанки генетического материала не только как образцов редких и исчезающих пород, но и как рабочие резервно-страховые хранилища репродуктивных клеток [5, 15]. Криоконсервация вызывает много неблагоприятных изменений в сперматозоидах, которые могут привести к повреждению клеток и снизить качество спермы, а также вызывать тотальную гибель клеток. А именно: происходят частично необратимые повреждения морфологических структур клетки, нарушения структуры органелл, изменения ряда биохимических процессов и ее надмембранной структуры – плотный углеводный слой (гликокаликса) [22]. Все перечисленные изменения сперматозоида и его эпигенетические модификации, связанные с метилированием ДНК, модификация гистонов, клеточных параметров, включая целостность мембраны, стабильность ДНК, активность митохондрий, являются основными причинами снижения подвижности и фертильности сперматозоидов в процессе замораживания-оттаивания [6].

Сохранение функциональной способности сперматозоидов семени птиц после размораживания зависит от многих факторов. К ним относятся видовая принадлежность, породные особенности, композиционный состав среды для замораживания (различающийся компонентами и криопротекторами), используемые процедуры уравнивания (balancing) спермы, также протоколы замораживания и оттаивания. Также общепризнанно, что одним из критериев успешной криоконсервации сперматозоидов является стартовое качество свежей спермы [21].

Для получения высоких результатов заморожено/оттаянного семени петухов необходимо предотвратить повреждения, вызываемые кристаллизацией воды во время замораживания семени. Образование внутриклеточных кристаллов льда, особенно трехвекторная форма кристаллизации [4, 11], является одной из весомых причин гибели клеток, а его предотвращение способствует выживанию клеток. Кроме того, иссле-

дователи разрабатывают пути повышения фертильности заморожено/оттаянного семени не только через протоколы замораживания и оттаивания (fast/slow), но и за счет подбора оптимальных сред для криоконсервации семени. В основном действие компонентов можно определить по следующим направлениям: антиоксиданты – нейтрализуют воздействие накопленного активного кислорода на клетки (l-carnitine, эллаговая кислота, аминокислоты цистеамин, эрготионеин, серин, каталаза) [9, 19, 20, 25]; энергетические компоненты (сахариды) – поддерживают функциональность спермиев за счет облегчения доступности их питания [23] и усиливают конструкцию гликокаликса [22]. Дегидратационная функция групп компонентов позволяет оптимизировать внутриклеточное осмотическое давление (сахариды, гиалуроновая кислота) [17]. Есть еще много различных вариантов составления композиций среды для криоконсервации семени, которые требуют изучения их эффективности. Протокол криоконсервации репродуктивных клеток подразумевает обязательное применение агентов-криопротекторов, различающихся по своему действию на эндо- и экзоцеллюлярные [7, 14], также используются криопротекторы комбинированного действия. Как правило, используются комбинации криопротекторов как непосредственно при создании криопротекторных сред, так и в сочетании с внешними криоагентами – глицерином, диметилсульфоксидом, диметилацетамидом [8, 10].

В большинстве случаев для замораживания семени петухов в качестве среды используются коммерческие среды Lake's (1978), Beltsville Poultry Semen Extender (BPSE) [10] и ВНИИГРЖ (Патент №2482816, 2013) для разбавления нативного семени, с добавлением необходимых компонентов. По многочисленным литературным данным, различное сочетание невосстанавливающих и восстанавливающих сахаров может обеспечить лучшую защиту семени в процессе замораживания/оттаивания [12]. На различных видах животных изучены сочетания фруктозы, галактозы, глюкозы, ксилозы (моносахариды), лактозы, трегалозы, мальтозы, сахарозы (дисахариды). Растительные полисахариды обладают антиоксидантными и противовоспалительными свойствами, способствуют жизнеспособности клеток [24]. Исходя из литературных данных была выбрана мальтоза, как дисахарид растительного происхождения, в качестве компонента среды для криоконсервации при проведении собственных исследований. Мальтоза в данном перечне практически не изучена в составе разбавителя для семени петухов, но ее потенциальное положительное действие на других видах животных показано [13, 18].

Задачей эксперимента было сравнить эффективность различных концентраций испытуемого компонента мальтозы на основе стандартного разбавителя LKS [3] для замораживания семени петухов возраста 44-46 недель жизни и уровень оплодотворенности яиц при осеменении кур заморожено/оттаянным семенем с использованием экспериментальных разбавителей для криоконсервации семени петухов.

Материалы и методы. *Содержание поголовья и оценка семени петухов.*

В опыте использовано поголовье петухов породы русская белая ($\delta n=10$), в возрасте 44-46 недель жизни, содержащихся в индивидуальных клетках. Экспериментальное поголовье содержалось в соответствии с условиями, принятыми в «Генетической коллекции редких и исчезающих пород кур» ВНИИГРЖ.

Сперму собирали квалифицированные специалисты, попадание загрязнений в эякуляты было исключено или сведено до минимума. Сперму получали два раза в неделю путем абдоминального массажа (Burrows & Quinn) в стеклянные пенициллиновые флаконы объемом 10 мл. Каждый полученный эякулят оценивался индивидуально макроскопически (объем эякулята, консистенция, запах, цвет семени) и микроскопически, использовали такие характеристики, как концентрация сперматозоидов (млрд/мл) (Ас-

curead Photometer, IMV Technologies, UK), их подвижность (%) и степень агглюцинации (%) (Микромед MS-12, Россия). Дней сбора и замораживания спермы – 4. Всего оценено 40 эякулятов. Эякуляты объединяли для устранения индивидуальной изменчивости и делили на 3 части, в соответствии с планом эксперимента.

Состав среды для криоконсервации семени петухов. В состав среды ЛКС-контроль [3], экспериментальных М-ЛКС10 и М-ЛКС20 для замораживания семени петухов на 100 мл дистиллированной воды включены следующие компоненты:

Таблица 1 – Состав среды для криоконсервации семени петухов

Table 1 – Composition of the medium for cryopreservation semen of roosters

Наименование компонента / Component name	ЛКС-контроль / LKS-control		М-ЛКС10 / M-LKS10		М-ЛКС20 / M-LKS20	
	масса, г / weight, g	кол-во вещества / amount of substance	масса, г / weight, g	кол-во вещества/ amount of substance	масса, г / weight, g	кол-во вещества/ amount of substance
глутамат натрия / monosodium glutamate	1,92	114 mM	1,92	114 mM	1,92	114 mM
фруктоза / fructose	0,8	44 mM	0,72	40 mM	0,64	36 mM
мальтоза / maltose	-	-	0,166	4,8 mM	0,326	9,5 mM
ацетат калия / potassium ace- tate	0,5 г	51 mM	0,5	51 mM	0,5	51 mM
поливинилпирролидон / pol- yvinylpyrrolidone	0,3	8,3 μM	0,3	8,3 μM	0,3	8,3 μM
протамин сульфат / protamine sulfate	0,032	3,27 μM	0,032	3,27 μM	0,032	3,27 μM

Замораживание и оттаивание семени. Разбавленное семя было поставлено на эквilibрацию при температуре 5 °C на 40 минут. После охлаждения добавляли диметилацетамид (DMA, Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA) в конечной концентрации 6 %. Затем семя вновь экспонировалось при температуре 5 °C в течение 1 минуты. Замораживание проводили в гранулах путем накапывания семени на поверхность азота из пипетки Пастера; стартовую температуру охлаждения семени в пипетке Пастера контролировали с помощью термopары (THERM 2420, AHLBORN, Germany), и она составляла -15 ... -20 °C. Скорость достижения гранулы поверхности азота составляла ~ 1,4 шт./с. Оттаивание проводили с помощью щелевого оттаивателя (разработка ВНИИ-ГРЖ, 1989) при температуре 60 °C.

Оценка заморожено/оттаянного семени. Анализ общей подвижности сперматозоидов после оттаивания проводился с помощью системы Axio Imager (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Germany, x200). Каждый образец оценивался дважды. Во внимание были приняты средние значения.

Искусственное осеменение. В эксперименте были использованы виргинные куры породы русская белая (n=30) в возрасте 48-50 недель жизни, по 10 кур в каждой экспериментальной группе. Куры осеменялись интравагинально по схеме: 2 дня подряд, затем через каждые два дня; доза осеменения составляла 0,04-0,07 мл, количество сперматозоидов с прогрессивным движением было не менее 70-80 млн в каждой дозе осеменения. Осеменение проводили после 14.00 часов. Всего осеменяли 5 дней. Сбор яиц осуществляли через день после 1-го дня осеменения в течение 11 дней. Яйца (n=239) инкубировали в течение 6 дней.

Статистический анализ. Для статистической обработки данных использовались программные приложения Excel 2013 (Microsoft, США) и Statistica 7.0 (StatSoft, США). Данные были представлены в виде средних значений $\pm$ стандартное отклонение. Различия между выборками оценивали по методу Стьюдента, различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты. *Оценка нативного и заморожено/оттаянного семени.* Индивидуальная оценка нативного семени по макроскопическим параметрам качества показала пригодность в соответствии с ГОСТ 27267-87 «Сперма петухов и индюков неразбавленная свежеполученная» [2]. Лимиты показателя прогрессивной подвижности свежеполученного семени составляли от 80 % до 85 % (таблица 2) сперматозоидов с прямолинейно поступательным движением. Объем индивидуальных эякулятов в различные дни варьировал от 0,3 мл до 1,1 мл; концентрация сперматозоидов составляла не менее 3,1 млрд/мл и агглюцинация сперматозоидов составляла на более 10 %.

Оценка прогрессивной подвижности заморожено/оттаянного семени между контролем и экспериментальными группами достоверно не различалась, лимиты показателя прогрессивной подвижности составили от 45 % до 50 % в зависимости от дня получения и замораживания семени.

Оплодотворенность яиц. Для оценки различий в функциональном состоянии заморожено/оттаянного семени между контролем и испытуемыми средами было использовано искусственное осеменение кур с последующей инкубацией яиц. Показатели оплодотворенности яиц (таблица 2) различались в зависимости от используемого состава разбавителя для криоконсервации семени петухов. В группах М-ЛКС10 и М-ЛКС20 с использованием мальтозы в качестве компонента среды для криоконсервации семени отмечено существенное повышение уровня оплодотворенности яиц. Максимальный процент оплодотворенности яиц 92,6 % был получен от семени, замороженного с использованием экспериментального состава М-ЛКС10, что на 17,9 % выше, чем в контрольной группе. Но следует отметить, что при визуальной микроскопической оценке заморожено/оттаянного семени между контрольной и экспериментальными группами различий по показателю активности и процентом сперматозоидов с прямолинейно поступательным движением выявлено не было.

Таблица 2 – Оплодотворенность яиц в зависимости от состава разбавителя, использованного для криоконсервации семени петухов (за 11 дней сбора яиц)

Table 2 – Fertility of eggs depending on the composition of the diluent used for cryopreservation semen of roosters (for 11 days of eggs collection)

Группа / Group	n, эякулятов / n, ejaculate	Лимиты показателя прогрессивной подвижности нативного семени, % / Limits of the native semen progressive motility indicator, %	n, доз осеменения / n, insemination doses	Лимиты показателя прогрессивной подвижности заморожено / оттаянного семени, % / Frozen/thawed semen progressive motility indicator limits, %	Проинкубировано яиц, шт. / Incubated eggs, pcs.	Оплодотворенность яиц, % / Fertility of eggs, %
ЛКС-контроль / LKS-control	40	80-85	110	40-50	83	74,7
М-ЛКС10 / M-LKS10		80-85	110	40-50	81	92,6
М-ЛКС20 / M-LKS20		80-85	110	40-50	75	86,3

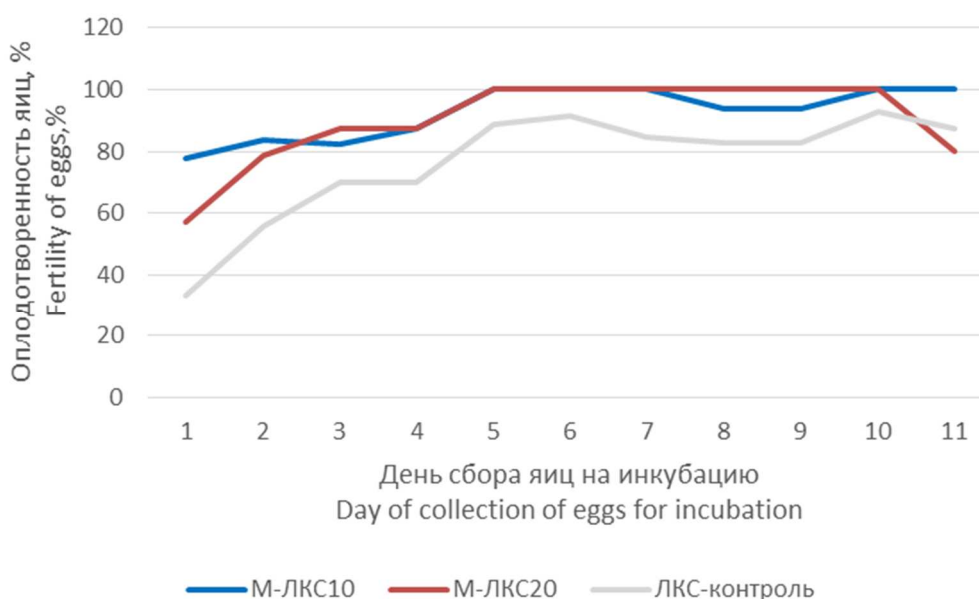


Рисунок 1 – Кривая показателя оплодотворенности яиц в экспериментальных и контрольной группах за каждый день сбора. Последний день осеменения – 6. (Группа М-ЛКС10 яиц $n=81$; группа М-ЛКС20 яиц $n=75$; группа ЛКС-контроль яиц $n=83$)

Figure 1 – Curve of the fertility rate of eggs in the experimental and control groups for each day of collection. The last day of insemination is 6. (Group M-LKS10 eggs $n = 81$; group M-LKS20 eggs $n = 75$; group LKS control eggs $n = 83$)

Оплодотворенность яиц более 85 % сохранялась непрерывно в группе М-ЛКС10 с 4 по 11 день сбора яиц, в группе М-ЛКС20 с 4 по 10 день и в контрольной группе ЛКС-контроль устойчивого значения не наблюдалось и лишь на 5, 7, 9 и 10-й день значения оплодотворенности яиц превышали 85 % (рисунок 1).

Обсуждение. Анализ литературных источников показал, что мальтоза не применялась в качестве компонента среды для криоконсервации семени петухов. По данным, представленным по другим видам животных, мальтоза показывала разную степень эффективности. Мальтоза при добавлении ее в разбавитель для нативного семени петухов не включается в углеводный обмен сперматозоидов [16], что позволяет предположить ее роль в усилении гликокаликса, который является прогрессивной эволюционной клеточной структурой, обеспечивающей возможность специфических клеточных приспособлений к определенному температурному, химическому и другим паратипическим воздействиям [1].

В нашем эксперименте не ставилась задача исследовать клеточные механизмы влияния состава экспериментальных сред на жизнеспособность сперматозоидов, но некоторые гипотезы могут быть предложены. Мальтоза и фруктоза в составе представленных опытных сред (М-ЛКС10 и М-ЛКС20) в сочетании по протоколу замораживания с диметилацетамидом, по своему воздействию на защитные свойства клетки при низкотемпературном воздействии представляют комбинацию трех криопротекторов проникающего и непроникающего действия. Фруктоза как незначительная молекулярная единица свободно проникает в плазму клетки и функционирует и как энергетическая структура, и как компонент, снижающий осмотическую нагрузку на мембрану клетки в процессе замораживания/оттаивания. Мальтоза, по нашему предположению,

фиксируется на надмембранной оболочке (гликокаликсе) клетки, тем самым создавая более прочный углеводный каркас, защищающий клетку от холодовых ударов и предупреждает его разрушение. Вся эта система компонентов позволяет максимально снизить негативное воздействие криоконсервации на сперматозоиды и поддерживать их функциональность в половом тракте курицы после оттаивания, так как целостность гликокаликса является критическим для взаимодействия с гаметам курицы [22]. Эта гипотеза подтверждается результатами наших исследований.

Выводы. Результаты представленных исследований демонстрируют повышение общего процента оплодотворенности яиц при использовании заморожено/оттаянного семени у групп М-ЛКС10 (92,6 %) и М-ЛКС20 (86,3 %) по сравнению с группой ЛКС-контроль (74,7 %) и продолжительную стабильность уровня оплодотворенности яиц. Это позволит в дальнейшем сократить кратность осеменений.

Таким образом, впервые продемонстрировано применение дисахарида мальтоза в качестве компонента среды для криоконсервации семени петухов на основе специализированной среды для криоконсервации семени петухов LKS.

Библиографический список

1. Образование гликокаликса, создание термоизоляции покровов организма: справочник. https://spravochnik.ru/biologiya/obrazovanie_glikokaliksa_sozdanie_thermoizolyacionnyh_pokrovov_organizma/#sozdanie-teploizolyacionnyh-pokrovov-organizma (дата обращения 31.07.2020).
2. Сперма петухов и индюков неразбавленная свежеполученная: ГОСТ 27267-2017. Технические требования и методы испытаний. Введ. 20.06.17. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 2017. 7 с.
3. Целютин К. В., Тур Б. К. Искусственное осеменение и криоконсервация спермы сельскохозяйственной птицы (петухи, индюки, гусаки, селезни). Санкт-Петербург-Пушкин, 2013. 88 с.
4. Askarianzadeh Z., Sharafi M., Torshizi M. A. K. Sperm quality characteristics and fertilization capacity after cryopreservation of rooster semen in extender exposed to a magnetic field // *Animal Reproduction Science*. 2018. № 198. P. 37-46.
5. Chicken semen cryopreservation and use for the restoration of rare genetic resources / A. Th  lie [et al.] // *Poultry Science*. –2018. № 98. P. 447-455.
6. Cryopreservation of rooster semen: Evidence for the epigenetic modifications of thawed sperm / M. Salehi [et al.] // *Theriogenology*. 2020. № 142. P. 15-25.
7. Cryopreservation of turkey spermatozoa without permeant cryoprotectants / A. Gloria [et al.] // *Animal Reproduction Science*. 2019. № 211. P. 106-218.
8. Data on the positive synergic action of dimethylacetamide and trehalose on quality of cryopreserved chicken sperm / F. Mosca [et al.] // *Data Brief*. 2016. № 9. P. 1118-1121.
9. Different concentrations of cysteamine, ergothioneine, and serine modulate quality and fertilizing ability of cryopreserved chicken sperm / P. Thananurak [et al.] // *Poultry Science*. 2020. № 99(2). P. 1185-1198.
10. Dimetilacetamida associada ou n  o ao glicerol para criopreserva  o de s  men ovino. [Dimethylacetamide associated or not to glycerol for cryopreservation of sheep semen] / G.F.O. Menezes [et al.] // *Ciência Anim Brasiler*. 2018. № 19(e-48026).
11. Direct Measurement of Water States in Cryopreserved Cells Reveals Tolerance toward Ice Crystallization / J. Huebinger [et al.] // *Biophysical Journal*. 2016. № 110. P. 840-849.
12. Disaccharide combinations and the expression of enolase3 and plasma membrane Ca²⁺ ATPase isoform in sturgeon sperm cryopreservation / M. D. Xi [et al.] // *Reproduction Domestic Animals*. 2018. № 53(2). P. 472-483.

13. Disaccharide supplementation of extenders is an effective means of improving the cryopreservation of semen in sturgeon / K. Golshahi [et al.] // *Aquaculture*. 2018. № 486. P. 261-265.
14. Donoghue A. M., Wishart G. J. Storage of poultry semen // *Animal Reproduction Science*. 2000. № 62. P. 213-232.
15. Finding an Effective Freezing Protocol for Turkey Semen: Benefits of Ficoll as Non-Permeant Cryoprotectant and 1:4 as Dilution Rate / M. Di Iorio [et al.] // *Animals*. 2020. № 10(3). P. 421.
16. Harris C. C., Wilcox F. H. The Carbohydrate Metabolism of Chicken Semen // *Poultry Science*. 1962. № 41(2). P. 409-416.
17. Hyaluronic acid improves frozen-thawed sperm quality and fertility potential in rooster / S. Lotfi [et al.] // *Animal Reproduction Science*. 2017. № 184. P. 204-210.
18. Influence of sugar supplementation of the extender on motility, viability and acrosomal integrity of dog spermatozoa during freezing / C. Yildiz [et al.] // *Theriogenology*. 2000. № 54(40). P. 579-585.
19. L-Carnitine in rooster semen cryopreservation: Flow cytometric, biochemical and motion findings for frozen-thawed sperm / A. Fattah [et al.] // *Cryobiology*. 2017. № 74. P. 148-153.
20. Lycopene-loaded nanoliposomes improve the performance of a modified Beltsville extender broiler breeder roosters / A. Najafi [et al.] // *Animal Reproduction Science*. 2018. № 195. P. 168-175.
21. Partyka A., Łukaszewicz E., Nizański W. Flow cytometric assessment of fresh and frozen-thawed Canada goose (*Branta canadensis*) semen // *Theriogenology*. 2011. № 76(5). P. 843-850.
22. Peláez J., Long J. A. Characterizing the glycocalyx of poultry spermatozoa: II. In vitro storage of Turkey semen and mobility phenotype affects the carbohydrate component of sperm membrane glycoconjugates // *Journal Andrology*. 2008. № 29(4). P. 431-439.
23. Sucrose increases the quality and fertilizing ability of cryopreserved chicken sperms in contrast to raffinose / P. Thananurak [et al.] // *Poultry Science*. 2019. № 98(9). P. 4161-4171.
24. The Anti-Oxidant and Antitumor Properties of Plant Polysaccharides / R. Jiao [et al.] // *The American Journal of Chinese Medicine*. 2016. № 44(3). P. 463-488.
25. The effects of different levels of catalase and superoxide dismutase in modified Beltsville extender on rooster post-thawed sperm quality / M. R. Amini [et al.] // *Cryobiology*. 2015. № 70(3). P. 226-232.

Conclusions. The results of the presented studies demonstrate an increase in the total percentage of egg fertilization when using frozen / thawed semen in the M-LKS10 (92.6%) and M-LKS20 (86.3%) groups compared with the LKS-control group (74.7%) and long-term stability of the level of fertilization of eggs. This will further reduce the frequency of inseminations.

Thus, for the first time, the use of maltose disaccharide as a component of a medium for cryopreservation roosters' semen was demonstrated based on a specialized medium for cryopreservation roosters' semen LKS.

References

1. Образование гликокаликса, создание термоизольационных покровов организма: справочник. https://spravochnik.ru/biologiya/obrazovanie_glikokaliksa_sozdanie_thermoizolyacionnyh_pokrovov_organizma/#sozdanie-teploizolyacionnyh-pokrovov-organizma (data obrascheniya 31.07.2020).
2. Сперма петухов и индюков неразбавленная свежеполученная: ГОСТ 27267-2017. Технические требования и методы испытаний. Введ. 20.06.17. М.: Gosstandart Rossii: Izd-vo standartov, 2017. 7 s.
3. Celyutin K. V., Tur B. K. Искусственное осеменение и криоконсервация спермы сельскохозяйственной птицы (петуши, индюки, гусак, селезни). Санкт-Петербург-Пушкин, 2013. 88 s.
4. Askarianzadeh Z., Sharafi M., Torshizi M. A. K. Sperm quality characteristics and fertilization capacity after cryopreservation of rooster semen in extender exposed to a magnetic field // *Animal Reproduction Science*. 2018. № 198. P. 37-46.

5. Chicken semen cryopreservation and use for the restoration of rare genetic resources / A. Thélie [et al.] // Poultry Science. –2018. № 98. P. 447-455.
6. Cryopreservation of rooster semen: Evidence for the epigenetic modifications of thawed sperm / M. Salehi [et al.] // Theriogenology. 2020. № 142. P. 15-25.
7. Cryopreservation of turkey spermatozoa without permeant cryoprotectants / A. Gloria [et al.] // Animal Reproduction Science. 2019. № 211. P. 106-218.
8. Data on the positive synergic action of dimethylacetamide and trehalose on quality of cryopreserved chicken sperm / F. Mosca [et al.] // Data Brief. 2016. № 9. P. 1118-1121.
9. Different concentrations of cysteamine, ergothioneine, and serine modulate quality and fertilizing ability of cryopreserved chicken sperm / P. Thananurak [et al.] // Poultry Science. 2020. № 99(2). P. 1185-1198.
10. Dimetilacetamida associada ou não ao glicerol para criopreservação de sêmen ovino. [Dimethylacetamide associated or not to glycerol for criopreservation of sheep semen] / G.F.O. Menezes [et al.] // Ciência Anim Brasileir. 2018. № 19(e-48026).
11. Direct Measurement of Water States in Cryopreserved Cells Reveals Tolerance toward Ice Crystallization / J. Huebinger [et al.] // Biophysical Journal. 2016. № 110. P. 840-849.
12. Disaccharide combinations and the expression of enolase3 and plasma membrane Ca²⁺ ATPase isoform in sturgeon sperm cryopreservation / M. D. Xi [et al.] // Reproduction Domestic Animals. 2018. № 53(2). P. 472-483.
13. Disaccharide supplementation of extenders is an effective means of improving the cryopreservation of semen in sturgeon / K. Golshahi [et al.] // Aquaculture. 2018. № 486. P. 261-265.
14. Donoghue A. M., Wishart G. J. Storage of poultry semen // Animal Reproduction Science. 2000. № 62. P. 213-232.
15. Finding an Effective Freezing Protocol for Turkey Semen: Benefits of Ficoll as Non-Permeant Cryoprotectant and 1:4 as Dilution Rate / M. Di Iorio [et al.] // Animals. 2020. № 10(3). P. 421.
16. Harris C. C., Wilcox F. H. The Carbohydrate Metabolism of Chicken Semen // Poultry Science. 1962. № 41(2). P. 409-416.
17. Hyaluronic acid improves frozen-thawed sperm quality and fertility potential in rooster / S. Lotfi [et al.] // Animal Reproduction Science. 2017. № 184. P. 204-210.
18. Influence of sugar supplementation of the extender on motility, viability and acrosomal integrity of dog spermatozoa during freezing / C. Yildiz [et al.] // Theriogenology. 2000. № 54(40). P. 579-585.
19. L-Carnitine in rooster semen cryopreservation: Flow cytometric, biochemical and motion findings for frozen-thawed sperm / A. Fattah [et al.] // Cryobiology. 2017. № 74. P. 148-153.
20. Lycopene-loaded nanoliposomes improve the performance of a modified Beltsville extender broiler breeder roosters / A. Najafi [et al.] // Animal Reproduction Science. 2018. № 195. P. 168-175.
21. Partyka A., Łukaszewicz E., Nizański W. Flow cytometric assessment of fresh and frozen-thawed Canada goose (*Branta canadensis*) semen // Theriogenology. 2011. № 76(5). P. 843-850.
22. Peláez J., Long J. A. Characterizing the glycocalyx of poultry spermatozoa: II. In vitro storage of Turkey semen and mobility phenotype affects the carbohydrate component of sperm membrane glycoconjugates // Journal Andrology. 2008. № 29(4). P. 431-439.
23. Sucrose increases the quality and fertilizing ability of cryopreserved chicken sperms in contrast to raffinose / P. Thananurak [et al.] // Poultry Science. 2019. № 98(9). P. 4161-4171.
24. The Anti-Oxidant and Antitumor Properties of Plant Polysaccharides / R. Jiao [et al.] // The American Journal of Chinese Medicine. 2016. № 44(3). P. 463-488.
25. The effects of different levels of catalase and superoxide dismutase in modified Beltsville extender on rooster post-thawed sperm quality / M. R. Amini [et al.] // Cryobiology. 2015. № 70(3). P. 226-232.

Информация об авторах:

Siluykova Yulia Leonidovna, junior researcher, Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Saint-Petersburg, Russia (196601, Saint-Petersburg, Pushkin, Moskovskoye sh., 55A).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1905-63730>. **E-mail:** svadim33@mail.ru

Stanishevskaya Olga Igorevna, Leading Researcher, Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, Saint-Petersburg, Russia (196601, Saint-Petersburg, Pushkin, Moskovskoye sh., 55A)

Doctor of Biology Sciences,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9504-3916> **E-mail:** olgastan@list.ru

Информация об авторах:

Силукова Юлия Леонидовна, младший научный сотрудник Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (196601, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, д. 55а)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1905-63730>. **E-mail:** svadim33@mail.ru

Станишевская Ольга Игоревна, главный научный сотрудник, зав. отделом генетики, разведения и сохранения сельскохозяйственных птиц Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (196601, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, д. 55а), доктор биологических наук.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9504-3916> **E-mail:** olgastan@list.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-29

TO THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF AUTOMATION OF CALCULATIONS WHEN DESIGNING THE COMBINED IRRIGATION SYSTEMS

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 28.10.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

An algorithm is proposed that makes it possible to automate some of the most time-consuming computational processes in the design of combined irrigation systems. The algorithm is focused on the creation of optimized technical systems, and the solution of the optimization problem involves the determination of a number of indicators that take into account the entire life cycle of structural elements.

Abstract

introduction. Parametric optimization of structures has always been and remains an urgent task in the design of complex technical systems. Modern irrigation systems, of course, are precisely such - complex - technical systems, which, in addition, are large-scale and require significant resources to create. Minimization of resource costs for the creation of irrigation systems should not compromise the quality of the technological process, reliability and durability of structures in operation. Combined irrigation systems are distinguished by the fact that they realize the possibility of irrigation in various ways with a single water supply network, as well as other structural elements of the system. Such a system should "be able" to operate in various modes, which complicates the design task and the search for optimal design parameters. The implementation of multivariate calculations based on computer algorithms allows you to more accurately solve design problems, allows you to find such options that can be lost in manual mode. The purpose of this study is the algorithmization of automated calculations in the design of combined irrigation systems. **Object.** The object of research is a combined technical irrigation and drainage system, which provides the possibility of irrigation in various ways in a given technological process. **Materials and methods.** The design of combined irrigation systems, like any other irrigation system, is based on hydraulic calculation. The system must provide a given performance in terms of water consumption when creating certain, - working, - pressures. In the case of combined irrigation, these parameters may vary depending on the current operating mode of the system, which must be taken into account when designing. The solution to the problem of optimal design also implies the need to take into account the possibility of increasing the resource intensity of the project with an increase in the range of operating heads in the system and the maximum possible minimization of this vector. It is also necessary to find the optimal balance between the pressure losses during water transport and the resource intensity of the designed water pipelines of the combined irrigation system. The creation of an algorithm makes it possible to automate calculations at the most computationally intensive stages, which greatly facilitates the design process itself. **Results and conclusions.** The principle on which the proposed algorithm is built fits into the well-known scheme: analysis (decomposition of a complex technical system into a sequence of simple structural elements organized in a certain way) - solving an optimization problem - synthesis. The algorithm assumes a search of the structural elements of the combined irrigation system organized in a certain order, the determination of the optimal design parameters of each of the elements and their integration into a single hydraulic model with a check of the feasibility of the given technological modes. To organize the enumeration of structural elements of systems, it is proposed to use a specially formed code, which gives a complete picture of the position of an element in the system and allows it to be uniquely identified. The formation of such a code assumes the use of the principle of linear coordinates used to describe branched linear objects. In this problem, it is assumed that the ordinal level of the water

conduit is determined by the serial number of a number located in a numerical sequence, and the number itself determines the number of the nodal point on the water conduit of the system, determined along the direction of movement of irrigation water when performing the transport function. The procedure for generating the code starts the calculation cycle. Enumeration allows you to sequentially select structural elements of a system of the same level. For the selected element, the optimal design parameters are determined. Optimization of design parameters is carried out by organizing a sequential enumeration of their values with subsequent substitution in the hydraulic model with parallel calculations of resource costs. The generalization of the results of these calculations makes it possible to assess the quality of the implementation of the technological process and the resource costs required for the creation and operation of the system. The solution to the optimization problem involves the choice of such design parameters of the element of the combined irrigation system, at which the total cost of resources for its creation and operation would be minimal. This ensures the creation of optimized technical irrigation and drainage systems of a combined type, and the solution of the optimization problem involves the determination of a number of indicators that take into account the entire life cycle of structural elements.

Key words: *irrigation and drainage system, combined irrigation, optimal design, computing automation, algorithm.*

Citation. Borodychev V.V., Lytov M.N. To the solution of the problem of automation of calculations when designing the combined irrigation systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020.4(60). 291-304 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-29.

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

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

УДК 631.67:581.55

К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ КОМБИНИРОВАННОГО ОРОШЕНИЯ

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 028.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Параметрическая оптимизация конструкций всегда была и остается актуальной задачей проектирования сложных технических систем. Современные системы орошения, безусловно, относятся именно к таким сложным техническим системам, которые, кроме этого, отличаются масштабностью и требуют значительных затрат ресурсов на создание. Минимизация затрат ресурсов на создание оросительных систем не должна идти в ущерб качеству технологического процесса, надежности и долговечности конструкций в эксплуатации. Системы комбинированного орошения отличаются тем, что реализуют возможность полива различными способами при единой водоподводящей сети, а также других конструктивных элементов системы. Такая система должна «уметь» работать в различных режимах, что усложняет задачу проектирования и поиска оптимальных конструктивных параметров. Реализация многовариантных расчетов на основе компьютерных алгоритмов позволяет более точно решать задачи проектирования, позволяет находить такие варианты, которые в ручном режиме могут быть потеряны. Целью настоящего исследования является алгоритмизация автоматизированных вычислений при проектировании систем комбинированного орошения. **Объект.** Объектом исследований является комбинированная техническая гидромелиоративная система, обеспечивающая возможность проведения поливов различными способами в заданном технологическом процессом режиме. **Материалы и методы.** В основу проектирования систем комбинированного орошения, как и всякой другой оросительной системы, положен гидравлический расчет. Система должна обеспечивать заданную производительность по расходу воды при создании определенных рабочих напоров. В случае с комбинированным орошением

эти параметры могут варьировать в зависимости от реализуемого в данный момент режима работы системы, что необходимо учитывать при проектировании. Решение задачи оптимального проектирования также предполагает необходимость учета возможности повышения ресурсоемкости проекта с увеличением диапазона рабочих напоров в системе и максимально возможной минимизации этого вектора. Также необходим поиск оптимального баланса между потерями напора при транспорте воды и ресурсоемкостью проектируемых водоводов комбинированной системы орошения. Создание алгоритма позволяет автоматизировать расчеты по наиболее вычислительно емким этапам, что существенно облегчает сам процесс проектирования. **Результаты и выводы.** Принцип, на котором построен предложенный алгоритм, укладывается в известную схему: анализ (разложение сложной технической системы на определенным образом организованную последовательность простых конструктивных элементов) – решение оптимизационной задачи – синтез. Алгоритм предполагает организованный в определенном порядке перебор конструктивных элементов системы комбинированного орошения, определение оптимальных конструктивных параметров каждого из элементов и их интеграцию в единую гидравлическую модель с проверкой реализуемости заданных технологических режимов. Для организации перебора конструктивных элементов систем предложено использовать особым образом сформированный код, который дает полное представление о положении элемента в системе и позволяет его однозначно идентифицировать. Формирование такого кода предполагает использование принципа линейных координат, используемых для описания разветвленных линейных объектов. В настоящей задаче принято, что порядковый уровень водовода определяется порядковым номером числа, расположенного в числовой последовательности, а само число определяет номер узловой точки на водоводе системы, определенного по ходу движения оросительной воды при осуществлении функции транспорта. Процедурой формирования кода осуществляется запуск цикла расчетов. Перебор позволяет последовательно выбирать конструктивные элементы системы одного уровня. Для выбранного элемента определяются оптимальные конструктивные параметры. Оптимизация конструктивных параметров проводится путем организации последовательного перебора их значений с последующей подстановкой в гидравлическую модель с параллельными вычислениями затрат ресурсов. Обобщение результатов этих вычислений позволяет оценить качество реализации технологического процесса и затраты ресурсов, необходимые для создания и эксплуатации системы. Решение оптимизационной задачи предполагает выбор таких конструктивных параметров элемента системы комбинированного орошения, при которых совокупные затраты ресурсов на его создание и эксплуатацию были бы минимальны. Этим обеспечивается создание оптимизированных технических гидромелиоративных систем комбинированного типа, причем решение оптимизационной задачи предполагает определение ряда показателей, учитывающих весь жизненный цикл конструктивных элементов.

Ключевые слова: системы комбинированного орошения, комбинированное орошение, проектирование систем орошения.

Цитирование. Бородычев В. В., Лытов М. Н. К решению задачи автоматизации вычислений при проектировании систем комбинированного орошения. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 291-304. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-29.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Система комбинированного орошения, как всякая сложная техническая система, включает совокупность взаимно интегрированных конструктивных элементов, в комплексе позволяющих реализовать определенный технологический процесс [6, 7, 9]. Конструктивные элементы систем орошения взаимодействуют на принципах иерархической архитектуры, когда совокупность конструкций низшего порядка определяет состав более сложных элементов системы, отвечающих за контроль и реализацию технологического процесса в различных аспектах [4, 8]. Основные конструктивно-структурные комплексы системы комбинированного орошения такие же, как и у

любой оросительной системы. Сюда входит система водозабора, насосная станция, системы водоподготовки, система транспорта воды, система распределения воды по орошаемому участку, запорно-регулирующая арматура и системы управления [5]. Работа этих систем должна быть согласована на принципах оптимальности, предполагающих минимизацию затрат ресурсов при обеспечении заданных параметров технологического процесса. Системы комбинированного орошения отличаются тем, что реализуют возможность полива различными способами, а также возможность более гибкого регулирования параметров орошения. При этом используются единая водоподводящая и распределительные сети, а также другие конструктивные элементы системы. Такая система должна «уметь» работать в различных режимах, что усложняет задачу проектирования и поиска оптимальных конструктивных параметров. Реализация многовариантных расчетов на основе компьютерных алгоритмов позволяет более точно решать задачи проектирования, позволяет находить такие варианты, которые в ручном режиме могут быть потеряны [1, 3, 14]. Целью исследований является алгоритмизация автоматизированных вычислений при проектировании систем комбинированного орошения.

Материалы и методы. В основу проектирования систем комбинированного орошения, как и всякой другой оросительной системы, положен гидравлический расчет [2, 10]. Система должна обеспечивать заданную производительность по расходу воды при создании определенных рабочих напоров [11-13]. В случае с комбинированным орошением эти параметры могут варьировать в зависимости от реализуемого в данный момент режима работы системы. Пределы варьирования этих параметров при проектировании необходимо учитывать вкупе с поиском оптимальной величины гидромодуля. Решение задачи оптимального проектирования также предполагает:

- необходимость учета возможности повышения ресурсоемкости проекта с увеличением диапазона рабочих напоров в системе. В целом это абсолютно объективный фактор, определяющийся тем, что для работы с повышенными рабочими напорами требуются более прочные и, как правило, более дорогостоящие конструктивные элементы. Технология комбинированного орошения в классическом ее варианте [6, 9] реализует процесс низконапорного капельного полива; более высокие напоры требуются для дождевания и, наконец, кратно требуется повышать давление при мелкодисперсном дождевании. Если ориентироваться исключительно на наибольшую величину технологического напора, система может оказаться слишком дорогостоящей даже при использовании единых конструктивных элементов. Оптимизация в этом плане предполагает поиск решений с минимальной протяженностью водоводов, где требуется создание повышенных напоров;

- необходимость поиска оптимального баланса между потерями напора при транспорте воды и ресурсоемкостью проектируемых водоводов комбинированной системы орошения. Безусловно, потери напора в системе должны быть минимизированы и не превышать определенного, предельно установленного уровня. При этом следует учитывать, что увеличение диаметра водовода, как основного конструктивного параметра, определяющего потери напора по длине, связано с существенным увеличением затрат по проекту. С другой стороны, увеличение потерь напора связано с систематическими затратами дополнительной энергии, требуемыми для создания повышенного давления в системе. Причем эти дополнительные затраты не одномоментны, а будут требоваться в течение всего жизненного цикла системы. Поэтому даже небольшое увеличение потерь напора может потребовать существенного увеличения затрат ресурсов на эксплуатацию системы;

- необходимость оценки возможности использования дополнительных запорно-регулирующих устройств для регулирования потока по группам применяемых в системе водовыпусков. Сама технология комбинированного орошения реализуется посредством установки разных типов водовыпусков, характеризующихся различными режимами работы. Сегодня уже есть технические решения, позволяющие включать водовыпуски дожде-

вального типа при достижении определенного уровня давления сети. Это позволяет проводить капельные поливы при неработающих дождевальных аппаратах. Однако при проведении поливов способом мелкодисперсного дождевания капельные водовыпуски тоже работают. Это увеличивает секундный расход воды, а следовательно, обуславливает повышенную нагрузку на всю систему. С другой стороны, конструкции, позволяющие разделить потоки при различных режимах работы системы, существенно увеличивают ее стоимость. Это требует как проведения работ в плане технического совершенствования такого рода устройств, так и решения оптимизационной задачи на предмет их использования.

Предложенный алгоритм решает не все эти задачи, однако позволяет автоматизировать расчеты по наиболее вычислительно емким этапам, что существенно облегчает сам процесс проектирования.

Результаты и обсуждение. Укрупненная схема алгоритма проектирования систем комбинированного орошения приведена на рисунке 1. Принцип, на котором построен предложенный алгоритм, достаточно прост и укладывается в известную схему: анализ (разложение сложной технической системы на определенным образом организованную последовательность простых конструктивных элементов) – решение оптимизационной задачи – синтез (с проверкой работоспособности системы).

Для решения каждой задачи используются стандартные вычислительные процедуры. Реализация такого рода алгоритмов требует многократных циклических расчетов, однако вычислительные мощности современных компьютерных систем позволяют успешно решать такие задачи.

Алгоритм предполагает организованный в определенном порядке перебор конструктивных элементов системы комбинированного орошения, определение оптимальных конструктивных параметров каждого из элементов и их интеграцию в единую гидравлическую модель с проверкой реализуемости заданных технологических режимов. Последовательность, в которой ведется перебор конструктивных элементов системы, определяется следующим. Во-первых, перебор элементов системы осуществляется в обратном движении оросительной воды направлении: от водовыпуска к головному элементу системы. Головной элемент системы конструктивно может быть представлен водозабором с насосной станцией, если проектируется оросительная система в целом или узлом ветвления потока с известными гидравлическими параметрами, если проектируемая система является одним из сегментов оросительной системы. Во-вторых, необходимо, чтобы для каждого из конструктивных элементов, на которые раскладывается проектируемая система, гидравлический расчет мог бы быть произведен стандартными методами. Это, в частности, предполагает возможность формирования единых исходных условий и требований, а также возможность выбора критерия оптимизации, с учетом которых проводится расчет. И наконец, результаты расчета конструктивного элемента используются для формирования системы исходных условий и требований для расчета конструктивного элемента более высокого уровня.

Для организации перебора конструктивных элементов систем предложено использовать особым образом сформированный код, который дает полное представление о положении элемента в системе и позволяет его однозначно идентифицировать. Такой код может быть сформирован на основе ранее предложенной системы идентификации числового имени координаты в линейной системе координат, принятой для описания разветвленной совокупности водоводов и конструктивных узлов комбинированного орошения. Принятая схема формирования числового имени координаты предполагает, что порядковый уровень водовода определяется порядковым номером числа, расположенного в числовой последовательности, а само число определяет номер узловой точки на водоводе системы, определенного по ходу движения оросительной воды при осуществлении функции транспорта. Например, в имени `name_1:5:4:12`, - число 1 ха-

рактически узел ветвления потока на первом, из рассматриваемого сегмента, водоводе системы, число 5 характеризует номер узла ветвления на водоводе второго уровня, причем известно, что данный водовод соединен с водоводом первого уровня в узле ветвления потока 1, и так далее. Такой подход дает возможность гарантированно идентифицировать водовод как искомый протяженный объект в системе линейных координат. Таким образом, имя координаты в используемом ранее алгоритме для моделирования гидравлических параметров системы включает последовательность значений r , состоящую из n уровней. Причем n -ый уровень соответствует уровню водовода, или другого конструктивного элемента системы комбинированного орошения. А значение r идентифицирует узел ветвления-преобразования потока на элементе n -ого уровня.

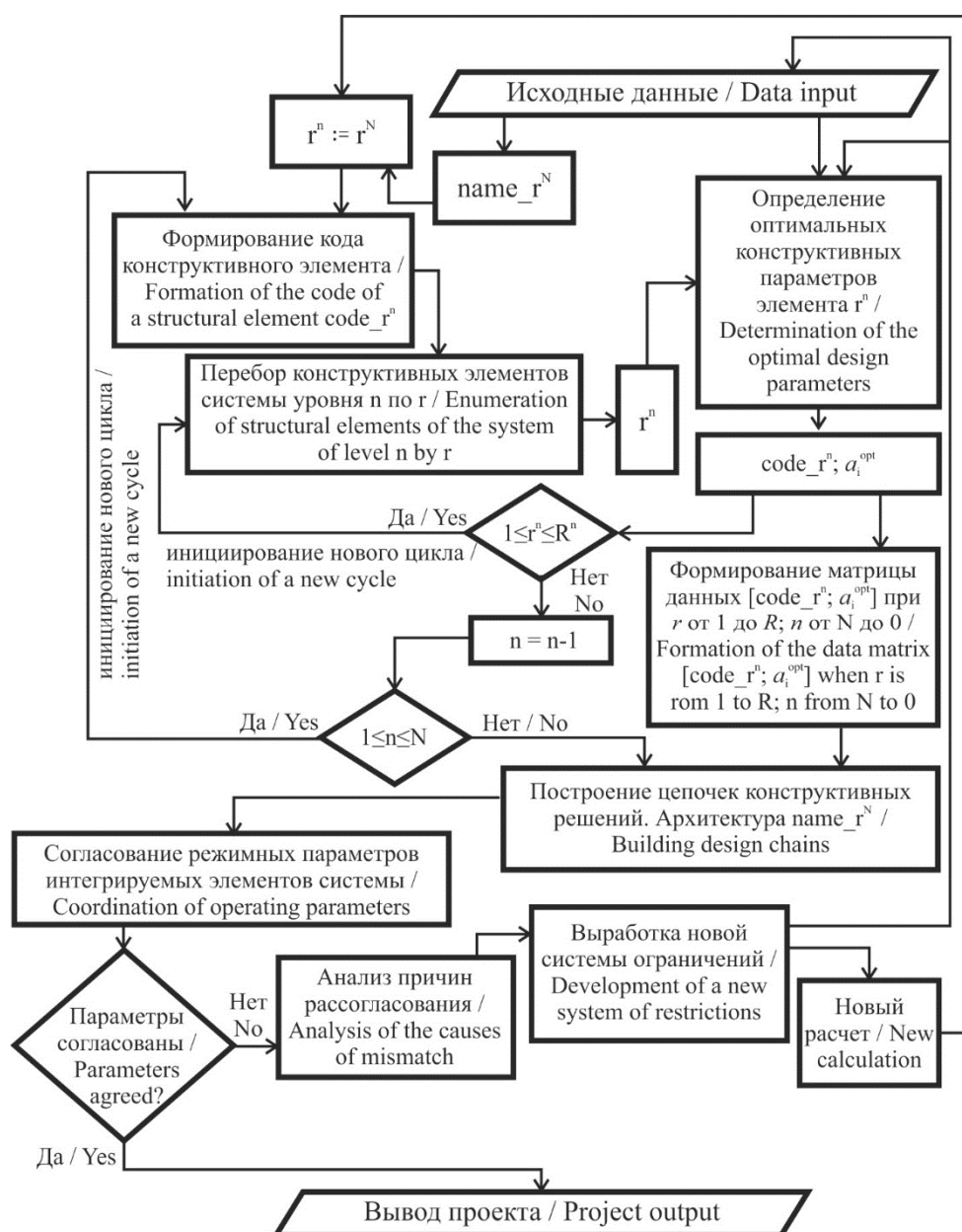


Рисунок 1 – Укрупненная схема алгоритма автоматизированного проектирования систем комбинированного орошения

Figure 1 – An enlarged diagram of the algorithm for the automated design of combined irrigation systems

Такого рода узел предполагает, в частности, присоединение водовода следующего уровня, конструктивно оформленный водовыпуск, элемент системы водоподготовки и т.д. Собственно, эти элементы и являются теми техническими элементами системы, оптимальные конструктивные параметры которых необходимо определить. То есть имя координаты name_r^n может быть взято за основу для формирования кода конструктивного элемента code_r^n . Для того чтобы организовать перебор с последнего периферийного элемента системы, код первого расчетного элемента code_r^n формируется на основе краевой координаты системы name_r^N . В алгоритме это реализовано процедурой присвоения последовательности N значений r имени координаты последовательности n значений r кода конструктивного элемента. Процедурой присвоения значений и осуществляется запуск цикла расчетов.

Вслед за формированием кода первого расчетного элемента системы комбинированного орошения реализуется процедура перебора конструктивных элементов системы уровня n по значению r . Этот перебор позволяет последовательно выбирать конструктивные элементы системы одного уровня. Для выбранного элемента определяются оптимальные конструктивные параметры. Процедура определения оптимальных конструктивных параметров достаточно сложна и будет рассмотрена ниже в рамках самостоятельного алгоритмического решения.

Результатами расчета является комплекс данных, включающих код конструктивного элемента code_r^n и, собственно, полученные в результате решения оптимизационной задачи, значения конструктивных параметров этого элемента системы. Эти данные отправляют в блок формирования матрицы данных, и одновременно осуществляется запуск проверки условия перебора по r :

$$1 \leq r^n < R^n,$$

где r^n – код текущего расчетного элемента системы уровня n ; R^n – код предельного расчетного элемента системы уровня n .

Если условие выполняется, то инициируется новый цикл расчета для следующего конструктивного элемента системы $(r + 1)$ этого же уровня. Если условие не выполняется и предельный счет по r уже достигнут, осуществляется переход к следующему уровню системы:

$$n = n - 1.$$

Результаты расчета по каждому элементу системы обобщаются и включаются в единую базу данных. Данные в такого рода базе формируются в форме матрицы комплексированных значений, включающих код конструктивного элемента и оптимальные значения конструктивных параметров и записанных в той последовательности, в какой проводился расчет.

Переход на новый, более высокий уровень системы осуществляется до тех пор, пока выполняется условие:

$$0 \leq n \leq N,$$

где n – текущий уровень системы, для конструктивных элементов которого выполняются оптимизационные расчеты, N – предельный периферийный уровень системы, 0 – соответствует головному конструктивному узлу системы (проектируемого сегмента системы).

Если условие не выполняется, перебор считается завершенным, а оптимальные конструктивные параметры определены для всех элементов системы. По завершении этого цикла расчетов инициируется построение цепочек конструктивных решений. Па-

параметры для этой процедуры выбираются из сформированной ранее матрицы данных, включающих комплексированные значения кода и конструктивных параметров элементов системы. При этом информация об архитектуре конструктивных цепочек приводится в коде конструктивных элементов системы, который, помимо решения задачи идентификации, указывает и точное место расположения элемента в составе системы.

Расчет элементов системы комбинированного орошения в обратном направлении: от водовыпуска к головному устройству – позволяет создать последовательность, когда конструктивные решения элемента низшего уровня определяют требования к элементам более высокого порядка. Такой подход в целом позволяет получать согласованные решения. Однако возможны ситуации, когда оптимизированные конструктивные элементы в совокупности образуют неработоспособное решение. Причиной может быть не обоснованно заданная архитектура системы, чрезмерные ограничения по набору доступных значений конструктивных параметров, неправильная постановка задачи оптимизации и др. Поэтому предложенный алгоритм предполагает процедуру согласования режимных параметров интегрируемых элементов системы. Если режимные параметры интегрируемых элементов системы согласованы, то разработка проекта считается завершенной, а результаты расчета выводятся на печать.

Если заданные режимы работы системы не выполняются, либо выполняются не в полной мере, алгоритм предусматривает возможность отклонения проекта с определенными расчетом параметрами. В этом случае проводится анализ причин, по которым проект оказался несогласованным и разрабатывается новая система ограничений по исходным вводным проекта. В этом случае возможным является изменение архитектуры системы, расширение доступных для расчета конструктивных параметров, смещение приоритетов в решении оптимизационной задачи и др. Новые вводные замещают соответствующие разделы исходных данных, корректируют постановку и приоритеты оптимизации конструктивных параметров. Одновременно формируется команда на новый расчет, уже с обновленными исходными данными. Цикл расчетов повторяется.

Одним из ключевых операционных блоков предложенного алгоритма является определение оптимальных конструктивных параметров элементы системы $code_r^n$. Это самостоятельная, достаточно сложная задача, которая, впрочем, также имеет типизированные методы решения, поддающиеся алгоритмизации. Схема алгоритма, позволяющего решить эту задачу, приведена на рисунке 2.

Расчетный конструктивный элемент системы комбинированного орошения в приведенном на рисунке 2 алгоритме является одной из вводных для расчета, определяющих начало вычислительного процесса. Собственно, сам алгоритм базируется на принципах многовариантного анализа применительно к доступным конструктивным параметрам элемента системы. Причем алгоритмом предусмотрена возможность полного перебора всех доступных сочетаний конструктивных параметров.

Организация такого рода перебора в алгоритме осуществляется в два этапа. На первом этапе выбирается конструктивный параметр, для которого будут варьироваться значения. Набор конструктивных параметров зависит от элемента системы комбинированного орошения и задается в исходных данных. Для трубчатого водовода такими параметрами, например, могут быть длина и диаметр, материал и толщина стенки, прочность на разрыв, число узлов ветвления потока и т.д.

На втором этапе организуется непосредственно перебор доступных значений для выбранного конструктивного параметра элемента системы комбинированного орошения. Например, если конструктивный элемент системы – водовыпуск, то одним из варьируемых параметров может быть производительность водовыпуска, причем перечень доступных значений производительности будет ограничен номенклатурой выпускаемых водовыпусков.

Выбранное значение варьируемого конструктивного параметра определяет запуск цикла расчетов и используется для определения основных гидравлических характеристик конструктивного элемента системы. Моделирование гидравлических характеристик элемента с известными конструктивными параметрами может быть реализовано с использованием алгоритма, рассмотренного в разделе 2 отчета. Результатом этой процедуры являются верифицированные значения двух важных гидравлических параметров. Это расход воды в головной части конструктивного элемента Q_{a_i} и совокупные потери напора ΔH_{a_i} при заданных конструктивных параметрах.

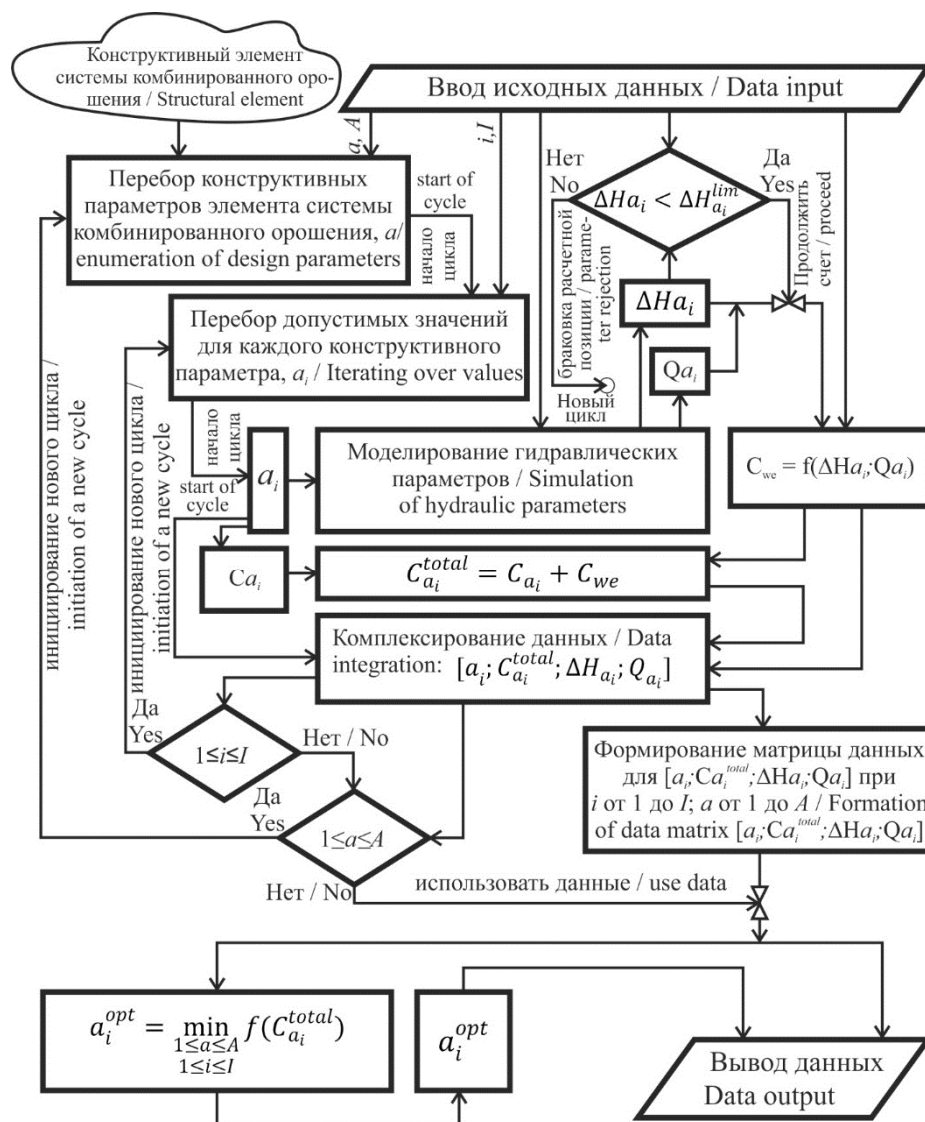


Рисунок 2 – Определение оптимальных конструктивных параметров элемента системы комбинированного орошения

Figure 2 – Determination of the optimal design parameters of the element of the combined irrigation system

Расчетная величина совокупных потерь напора на элементе сравнивается с предельным (допустимым) уровнем и если она превышает порог, оцениваемое значение конструктивного параметра элемента бракуется и инициируется новый цикл расчетов со следующим значением конструктивного параметра. Если расчетная величина сово-

купных потерь напора на элементе не превышает допустимого уровня, осуществляется переход к оптимизационным расчетам, включающим на первом этапе определение совокупной стоимости конструктивного элемента.

Стоимость может оцениваться как в денежном, так и в энергетическом эквиваленте, у каждого подхода есть свои плюсы и минусы. Алгоритмом эта позиция не регламентируется. Вместе с тем важно максимально учесть не только стоимость самой конструкции, но и эксплуатационные расходы, которые также могут существенно изменяться в зависимости от принятого технического решения. Поскольку конструктивные параметры расчетного элемента системы определяют, в первую очередь, изменение гидравлических характеристик элемента, то было принято решение при расчете эксплуатационных затрат от них и отталкиваться. Действительно, потери напора при определенной производительности элемента по пропуску оросительной воды имеют прямое выражение в затратах энергии. Если оценка ведется в денежном эквиваленте, то нетрудно выполнить соответствующие преобразования, помножив величину затрат энергии на ее стоимость. В любом случае цена энергетических потерь на конструктивном элементе системы будет пропорциональна потерям напора при заданном уровне производительности:

$$C_{we} = f(\Delta H_{a_i}; Q_{a_i}), \quad (1)$$

где C_{we} – стоимость энергетических потерь на конструктивном элементе системы; ΔH_{a_i} – совокупные потери напора для элемента системы при заданных конструктивных параметрах; Q_{a_i} – расход оросительной воды в головном сечении конструктивного элемента системы.

Известно, что потребляемая мощность насоса при заданных величинах напора и производительности, равна:

$$P = \frac{\gamma \cdot H \cdot Q}{\eta}, \quad (2)$$

где P – мощность насоса, Вт, γ – удельный вес жидкости, Н/м³; H – напор насоса, м; Q – производительность насоса по перекачиваемой жидкости, м³/с, η – коэффициент полезного действия насоса.

Тогда мощность, теряемая на расчетном конструктивном элементе системы, определится как:

$$P_{a_i}^{r^n} = \frac{\gamma_w \cdot \Delta H_{a_i} \cdot Q_{a_i}}{\eta}, \quad (3)$$

где $P_{a_i}^{r^n}$ – мощность, теряемая на элементе системы r^n с конструктивными параметрами a_i , Вт; γ_w – удельный вес воды (зависит от температуры, ориентировочно может быть принят равным 9810 Н/м³); ΔH_{a_i} – потери напора на конструктивном элементе с параметрами a_i ; Q_{a_i} – расход оросительной воды в головном сечении конструктивного элемента системы с параметрами a_i .

Чтобы определить энергию, теряемую на конструктивном элементе системы, необходимо знать время полезной работы этого элемента. Это время можно определить из выражения:

$$t^{r^n} = k_s^{r^n} \cdot t_{lt}^{r^n}, \quad (4)$$

где t^{r^n} – совокупное время использования конструктивного элемента r^n за весь период эксплуатации, с; $t_{lt}^{r^n}$ – срок службы конструктивного элемента r^n с параметрами a_i , с; $k_s^{r^n}$ – коэффициент сезонного использования конструктивного элемента r^n в составе проектируемой системы комбинированного орошения.

Тогда энергия, теряемая на конструктивном элементе системы, определится как:

$$E_w^{r^n} = t^{r^n} \cdot P_{a_i}^{r^n},$$

или

$$E_w^{r^n} = t^{r^n} \cdot \frac{\gamma_w \cdot \Delta H_{a_i} \cdot Q_{a_i}}{\eta}, \quad (5)$$

где $E_w^{r^n}$ – энергия, теряемая на конструктивном элементе системы r^n , Дж или Вт·с.

Теперь, чтобы узнать денежный эквивалент стоимости теряемой на элементе энергии, достаточно полученное значение умножить на цену:

$$C_{we} = C_{price} \cdot E_w^{r^n}, \quad (6)$$

где C_{price} – цена (денежный эквивалент) единицы энергии, руб.

Если анализ проводится в энергетических эквивалентах, то значение C_{price} принимается равным 1.

На следующем этапе вычислений стоимостная оценка совокупных потерь энергии на конструктивном элементе системы суммируется со стоимостью самого конструктивного элемента. Данная стоимость подразумевается известной и может быть идентифицирована при выборе конструктивных параметров элемента:

$$C_{a_i}^{total} = C_{a_i} + C_{we}, \quad (7)$$

где $C_{a_i}^{total}$ – совокупные затраты ресурсов на создание и эксплуатацию конструктивного элемента системы комбинированного орошения; C_{a_i} – стоимостная оценка конструктивного элемента системы комбинированного орошения; C_{we} – стоимость энергетических потерь на конструктивном элементе системы в процессе эксплуатации.

На следующем этапе ведется комплексирование данных по схеме $[a_i; C_{a_i}^{total}; \Delta H_{a_i}; Q_{a_i}]$ и формирование матрицы таким образом организованных данных при i от 1 до I и a от 1 до A . Одновременно проводится оценка завершенности перебора по значению конструктивного параметра i и по параметру a . При завершении перебора матрица данных считается сформированной и пригодной для использования при решении оптимизационной задачи.

Решение оптимизационной задачи предполагает выбор таких конструктивных параметров элемента системы комбинированного орошения, при которых совокупные затраты ресурсов на его создание и эксплуатацию были бы минимальны:

$$a_i^{opt} = \min_{1 \leq a \leq A} f(C_{a_i}^{total}), \quad (8)$$

где a_i^{opt} – оптимальные конструктивные параметры элементы системы комбинированного орошения.

Определенные в результате решения оптимизационной задачи конструктивные параметры элемента системы комбинированного орошения являются итогом выполнения алгоритма. Наряду с ними, алгоритм предполагает возможность использования матрицы данных, включающей верифицированные для каждого конструктивного параметра значения потерь напора, расхода оросительной воды и совокупных затрат ресурсов на создание и эксплуатацию элемента системы комбинированного орошения.

Выводы. Предложенный алгоритм позволяет автоматизировать часть наиболее трудоёмких вычислительных процессов при проектировании систем комбинированного орошения. Алгоритм ориентирован на создание оптимизированных технических систем, причем решение оптимизационной задачи предполагает определение ряда показателей, учитывающих весь жизненный цикл конструктивных элементов.

Библиографический список

1. Абдуллаев Э. А. Интеллектуальная система проектировщика для автоматизации комплексного проектирования технических систем // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 7-3 (18-3). С. 261-264.
2. Алгоритм расчета систем капельного орошения с модулем электрохимической активации оросительной воды / С. Я. Семененко, М. Н. Лытов, А. Н. Чушкин, Е. И. Чушкина // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 4 (28). С. 20-36.
3. Информационно-технологическая поддержка гидравлических расчетов водозаборных сооружений оросительных систем / М. Р. Гонзалез-Гальего, А. А. Белоусов, Д. А. Нецепляев, В. И. Коржов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 4 (76). С. 154-160.
4. Клевцов С. И., Клевцов А. Б., Буринов С. В. Модель параметрической качественной иерархической оценки состояния технической системы // Инженерный вестник Дона. 2015. № 3 (37). С. 20.
5. Лытов М. Н., Бородычев В. В. Функциональная технологическая модель оросительной системы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 327-334.
6. Майер А. В., Захаров Ю. И., Криволицкая Н. В. Универсальная многофункциональная система орошения для комбинированных способов полива // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 1 (37). С. 206-210.
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. Миронов А. Н., Лисицкий В. В., Столбов А. В. Математические основы решения многокритериальных оптимизационных задач синтеза сложных иерархических организационно-технических систем // Нелинейный мир. 2020. Т. 18. № 3. С. 5-17.
9. Повышение эффективности комбинированных способов орошения / А. С. Овчинников, М. Ю. Храбров, Н. Г. Колесова, С. В. Бородычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 231-241.
10. Сафронова Т. И., Фияткин Д. А. Гидравлический расчет системы капельного орошения // StudNet. 2020. Т. 3. № 2. С. 143-147.
11. An integrated approach involving EMO and hydrus-2d software for SWRT-based precision irrigation / C. C. Tutum, A. K. Guber, K. Deb, A. Smucker, A. P. Nejadhashemi, B. Kiraz // IEEE Congress on Evolutionary Computation. 2015. N15. P. 885-892.
12. Nalliah V., Sri Ranjan R. Evaluation of a capillary-irrigation system for better yield and quality of hot pepper (*Capsicum Annuum*) // Applied Engineering in Agriculture. 2010. V. 26. № 5. P. 807-816.
13. Oberholzer S., Hund A., Prasuhn V. Crop water use under swiss pedoclimatic conditions – evaluation of lysimeter data covering a seven-year period // Field Crops Research. 2017. V. 211. P. 48-65.
14. The standardization of intelligent computer systems as a key challenge of the current stage of development of artificial intelligence technologies / V. Golenkov, N. Guliakina, V. Golovko, V. Krasnoproshin // Open Semantic Technologies for Inteligent Systems. 2020. № 4. P. 73-88.

Conclusions. The proposed algorithm makes it possible to automate some of the most time-consuming computational processes in the design of combined irrigation systems. The algorithm is focused on the creation of optimized technical systems, and the solution of the optimization problem involves the determination of a number of indicators that take into account the entire life cycle of structural elements.

Reference

1. Abdullaev Je. A. Intellektual'naya sistema proektirovschika dlya avtomatizacii kompleksnogo proektirovaniya tehnikeskikh sistem // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. 2015. T. 3. № 7-3 (18-3). P. 261-264.
2. Algoritm rascheta sistem kapel'nogo orosheniya s modulem Jlektrohimicheskoy aktivacii orositel'noj vody / S. Ya. Semenenko, M. N. Lytov, A. N. Chushkin, E. I. Chushkina // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2017. № 4 (28). P. 20-36.
3. Informacionno-tehnologicheskaya podderzhka gidravlicheskih raschetov vodozabornyh sooruzhenij orositel'nyh sistem / M. R. Gonzalez-Gal'ego, A. A. Belousov, D. A. Neceplyaev, V. I. Korzhov // Puti povysheniya Jffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2019. № 4 (76). P. 154-160.
4. Klevcov S. I., Klevcov A. B., Burinov S. V. Model' parametricheskoy kachestvennoj ierarhicheskoy ocenki sostoyaniya tehnikeskoy sistemy // Inzhenernyj vestnik Dona. 2015. № 3 (37). P. 20.
5. Lytov M. N., Borodychev V. V. Funkcional'naya tehnologicheskaya model' orositel'noj sistemy // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1 (53). P. 327-334.
6. Majer A. V., Zaharov Yu. I., Krivoluckaya N. V. Universal'naya mnogofunkcional'naya sistema orosheniya dlya kombinirovannyh sposobov poliva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. № 1 (37). P. 206-210.
7. Melihova E. V., Borodychev V. V., Rogachev A. F. Funkcional'no-morfologicheskij analiz i sovershenstvovanie tehnikeskikh sredstv kombinirovannogo orosheniya // Melioraciya i vodnoe hoz'yajstvo. 2018. № 4. P. 30-36.
8. Mironov A. N., Lisickij V. V., Stolbov A. V. Matematicheskie osnovy resheniya mnogokriterial'nyh optimizacionnyh zadach sinteza slozhnyh ierarhicheskikh organizacionno-tehnikeskikh sistem // Nelinejnyj mir. 2020. T. 18. № 3. P. 5-17.
9. Povyshenie Jffektivnosti kombinirovannyh sposobov orosheniya / A. S. Ovchinnikov, M. Yu. Hrabrov, N. G. Kolesova, S. V. Borodychev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1 (53). P. 231-241.
10. Safronova T. I., Fiyatkin D. A. Gidravlicheskij raschet sistemy kapel'nogo orosheniya // StudNet. 2020. T. 3. № 2. P. 143-147.
11. An integrated approach involving EMO and hydrus-2d software for SWRT-based precision irrigation / C. C. Tutum, A. K. Guber, K. Deb, A. Smucker, A. P. Nejadhashemi, B. Kiraz // IEEE Congress on Evolutionary Computation. 2015. N15. P. 885-892.
12. Nalliah V., Sri Ranjan R. Evaluation of a capillary-irrigation system for better yield and quality of hot pepper (Capsicum Annuum) // Applied Engineering in Agriculture. 2010. V. 26. № 5. P. 807-816.
13. Oberholzer S., Hund A., Prasuhn V. Crop water use under swiss pedoclimatic conditions – evaluation of lysimeter data covering a seven-year period // Field Crops Research. 2017. V. 211. P. 48-65.
14. The standardization of intelligent computer systems as a key challenge of the current stage of development of artificial intelligence technologies / V. Golenkov, N. Guliakina, V. Golovko, V. Krasnoproshin // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems. 2020. № 4. P. 73-88.

Информация об авторах:

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: 10.32786/2071-9485-2020-04-30

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF AGROTECHNICAL METHODS FOR IRRIGATION OF APPLE PLANTS

N.N. Dubenok¹, A.V. Mayer²

¹*Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia*

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

Received 01.09.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

The technology of fine-stream irrigation of apple plantations is considered for the complex regulation of water consumption in an apple orchard. The optimal variants of soil moistening methods have been identified using near-stem irrigation bowls. Criteria for irrigation and irrigation rates are indicated for the variants of the experiment.

Abstract

Introduction. Analyzing irrigated irrigation technologies for horticultural and berry crops, we came to the conclusion that when determining irrigation technologies or determining irrigation methods, questions arise related to their improvement. The object of the research is the techniques and methods of watering the fruit crop of an apple orchard in the near-stem bowls with their obligatory mulching to reduce evaporation and economic use of irrigation water. **Object.** The object of the research is the techniques and methods of irrigation of fruit crops of an apple orchard in near-stem bowls with their obligatory mulching, to reduce evaporation and economic use of irrigation water. **Materials and methods.** We propose the research carried out with the introduction into the technology of irrigation of an apple tree with irrigation on near-stem bowls with tubular humidifiers by means of two-sided irrigation of an apple tree with small streams of water. Two tubular humidifiers with a diameter of 3 ... 4 mm are installed directly under the mulch in the bowl of the apple tree trunk circle. The near-barrel bowl is filled with mulch to the upper limit of the near-barrel earthen roller and covered with a porous material (lutrasil). **Results and conclusions.** As a result of the research, the achieved positive results of the proposed irrigation method are presented. Structural elements of irrigation units and mechanisms are shown. Conditional schemes and modules of the garden irrigation system are presented. The developed irrigation technology can be successfully used in the cultivation of horticultural crops, such as apple, pear, and berry bush plantings.

Key words: apple plantations, technology, irrigation techniques, stream moisturizers, mulch, lutrasil, near-stem bowls

Citation. Dubenok N.N., Mayer A.V. Technological aspects of agrotechnical methods for irrigation of apple plants. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 304-312 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-30.

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 671.674

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ
ПРИ ОРОШЕНИИ ЯБЛОНЕВЫХ НАСАЖДЕНИЙ****Н. Н. Дубенок¹**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор**А. В. Майер²**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник¹РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, г. Москва

Дата поступления в редакцию 01.09.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Проведя анализ технологий орошения садовых и ягодных культур, мы пришли к выводу, что при определении технологий орошения или определении способов полива возникают вопросы, связанные с их усовершенствованием. **Объект исследования** – приемы и способы полива плодовой культуры яблоневого сада по приствольным чашам с обязательным их мульчированием для уменьшения испарения и экономического использования оросительной воды. **Материалы и методы.** Нами предлагаются проведенные исследования с введением в технологию орошения яблони с поливами по приствольным чашам трубчатыми увлажнителями посредством двухстороннего полива яблони мелкими струйками воды. Два трубчатых увлажнителя диаметром 3...4 мм устанавливаются непосредственно под мульчу в чашу приствольного круга яблони. Приствольная чаша засыпается мульчей до верхнего предела приствольного земляного валика и накрывается пористым материалом (лутрасил). **Результаты и выводы.** В результате исследований приведены достигнутые положительные результаты предложенной технологии орошения. Показаны конструктивные элементы поливных узлов и механизмов. Представлены условные схемы и модуль системы орошения садового сада. Разработанная технология орошения может с успехом эксплуатироваться при возделывании садовых культур, таких как яблоня, груша, а также ягодных кустовых насаждений.

Ключевые слова: яблоневые насаждения, технологии орошения яблоневых насаждений, приемы орошения насаждений, струйчатые увлажнители, мульча, лутрасил, приствольные чаши.

Цитирование. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Технологические аспекты агротехнических приемов при орошении яблоневых насаждений. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 304-312. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-30.

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. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Многолетние плодовые насаждения яблони и груши являются самыми распространёнными садовыми культурами, питающими ценными витаминами организм человека. По нормам питания на человека требуется до 50-60 кг яблок и 10-15 кг груш. По последним статистическим данным, в Российской Федерации выращивается 2,5 млн т, яблок, а потребляется на 1,2 млн т больше. Отсюда вывод: недостаток яблочной продукции восполняется импортной продукцией. Чтобы избежать импортных поставок, требуется увеличение отечественного производства яблок как минимум в полтора раза, а это достигается только при организации новых технологий и разработок современных способов полива и техники орошения [1, 2, 5]. Яблоня и груша являются семечковыми культурами и относятся к плодовым культурам с разными сроками созревания. Они легко культивируются, долговечны при правильном возделывании и уходе, имеют продолжитель-

ный срок хранения в свежем виде, особенно зимние сорта. Для молодых, еще не плодоносящих плодовых культур яблони и груши поливная норма составляет в среднем до 50-60 л при радиусе кроны яблони до 800 см, а оросительная норма колеблется в районе 350-400 литров на одно дерево [7, 8]. В процессе развития данных садовых культур при идентичных погодных условиях разовые и оросительные нормы возрастают. Анализируя материалы исследований по орошаемому садоводству, мы пришли к выводу, что поливы многолетних садовых насаждений осуществляются и развиваются как по традиционным технологиям, так и по различным усовершенствованным новым технологиям. Пути совершенствования разработок новых технологий выражаются в продиктованных временем экологически безопасных и ресурсосберегающих новых способах орошения [1, 5, 12]. В настоящее время применяются технологии полива, связанные с затоплением всего садового массива напуском поливной воды по бороздам или оборудованным чекам. Широко применяется орошение сада по приствольным «чашам» с одновременным затоплением площади междурядий. В современных условиях применяются способы орошения, связанные с дождеванием, при помощи дождевальных аппаратов или распылительных насадок [2, 7]. Все чаще применяются комбинированные способы поливов, такие как капельное и внутрпочвенное орошение в сочетании с аэрозольным увлажнением, с установкой на телескопических штангах распылительных насадок на высоте 1,5-4 метров от уровня почвы [3, 4, 13]. Находит применение выращивание садов на клоновых подвоях, закреплённых на шпалерах, причем на самой верхней шпалере монтируется поливной трубопровод с распылительными насадками для дополнительного увлажнения листовой поверхности и обработки садовых деревьев пестицидами и химикатами [6, 12]. Ввод распылительных насадок для аэрозольного увлажнения садовых деревьев окажет положительное влияние не только на регулирование микроклимата и опрыскивание сада, но и окажет положительное действие при возникновении ранних весенних заморозков особенно при цветении садовых культур [9, 10, 13].

Задачами исследований явилось определение режимов орошения, числа, нормы и сроков полива, обеспечивающих оптимальный режим влажности корнеобитаемого слоя почвы для яблоневых деревьев при конкретных агротехнологических условиях. Выявление экономического фактора: капитальные и эксплуатационные затраты на строительство и эксплуатацию оросительных поливных систем.

Целью исследований явилось выявление оптимального технологического варианта для орошения яблоневого сада.

Материалы и методы. В основу технологических процессов орошения садовых многолетних культур заложены принципиально новые решения для осуществления поливных технических приемов водовыпуска при подаче поливной воды в приствольную садовую чашу, оросительные, поливные нормы и сроки водопотребления. Изучались новые подходы к способам орошения садовых культур.

При проведении исследований по технологиям орошения садовых культур был заложен опыт в трех вариантах по изучению технологических приемов орошения. Поливы осуществлялись экспериментальной стационарной системой мелкоструйчатого орошения.

Вариант первый (контроль): поливная вода подавалась мелкой струей на поверхность почвы приствольной садовой чаши посредством гибких водовыпускных трубок до почвенного порога влажности 100 % НВ.

Вариант второй: поливная вода подавалась в гофрированные увлажнители для внутрпочвенного орошения поливной чаши мелкой струей посредством аналогичных трубчатых водовыпусков до насыщения почвенного порога влажности 100 % НВ.

Вариант третий: поливная приствольная лунка по всему кругу покрывалась мульчей из биологической растительности фитоценозов, и вся мульчированная поверхность накрывалась укрывным материалом «лутрасил». Полив осуществлялся, как и в первом варианте, за исключением того, что трубчатый водовыпуск укладывался под мульчирующий материал, укрытый лутрасилом, и поливная вода мелкой струйкой орошала поверхность почвы приствольной чаши садовой культуры до почвенного порога 100 % НВ.

Наблюдения велись в трехкратной повторности, по девяти приствольным яблоневым чашам идентичного возраста яблонь. По три яблоневых дерева на каждый вариант. Опыты проводились по методическим рекомендациям существующих методов определения водопотребления: методы непосредственных полевых измерений; расчетные методы и метод водного баланса.

В задачу исследований изучаемых вариантов вошло выявление водопотребления, за которое произойдет суммарное испарение (эвапотранспирация), используемое яблоневым деревом за единицу времени, а влажность поливного порога почвы снизится до 60 % НВ на каждом исследуемом варианте. Следующая подача воды разовой поливной нормой возобновляется при снижении наименьшей влагоемкости почвы не ниже шестидесяти процентов.

Влажность почвы в расчетном слое до одного метра высчитывали от веса сухой почвы.

$$W = 100(YBH);$$

где W – влагозапас в расчетном слое почвы, мм; Y – объемная масса абсолютно сухой почвы, т/м²; B – влагозапас в процентах от массы абсолютно сухой почвы; H – расчетная величина почвы, м.

Бурение производили буром Качинского. Коэффициент локального увлажнения определяли по формуле:

$$K = (a \text{ в } \pi) 4/ml;$$

где (K) – коэффициент локального увлажнения; a и b – максимальные значения параметров площади увлажнения, определяем по эпюре увлажнения, м; m и l – схема посадки деревьев м.

Результаты и обсуждение. Как указано в материалах исследований, водоподача на садовый опытный участок осуществлялась экспериментальной стационарной системой орошения трубопроводного типа (рисунок 1). Экспериментальная система оборудована необходимыми комплектующими элементами и приборами учета и расхода поливной воды. Водозабор осуществлялся из водоема центробежным насосом. По подводящему трубопроводу поливная вода, пройдя очистку, подавалась к распределительному полипропиленовому трубопроводу и распределялась по поливным трубопроводам смонтированным в их стенки трубчатыми водовыпусками. Посредством трубчатых гибких водовыпусков осуществлялось мелкоструйчатое орошение приствольных чаш садовых деревьев по вариантам опыта.

Технология орошения: водозабор 1 осуществляется из водоема центробежным насосом 2, подводящий трубопровод 3 подает поливную воду в фильтрующий элемент 4, через перепускной контролер 7 вода поступает в распределительный трубопровод 8 и под давлением распределяется по поливным трубопроводам 9, посредством водовыпусков 5 оросительная вода подается в приствольные чаши по вариантам опыта (рисунки 1, 2, 3).

В первом варианте орошение яблони производилось поверхностным способом полива, с подачей воды мелкими струйками на поверхность почвы приствольной чаши дерева. Предполивной порог влажности почвы поддерживался в пределах 60 % НВ. Поливная норма при этом составила 100 литров. Диаметр ($d_{\text{окр}}$) приствольной чаши равен 1,5 метра, время (t) полива при давлении в поливном трубопроводе 0,003-0,004 МПа продолжалось 60 минут (рисунок 2).

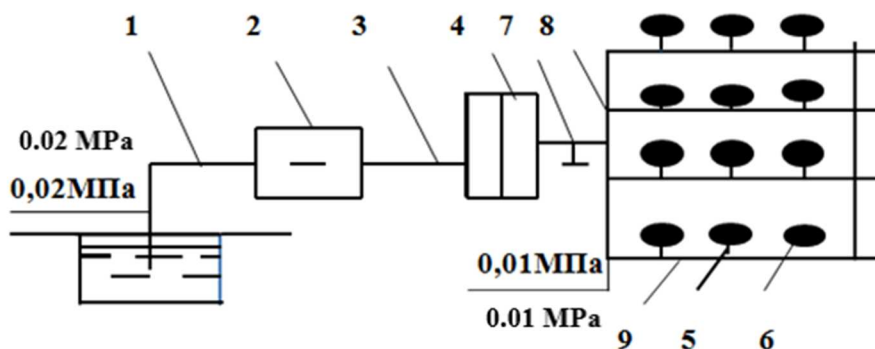


Рисунок 1 – Условная схема орошения опытного участка:

Figure 1 – Conditional scheme of irrigation of the experimental site:

- 1 – всасывающий трубопровод / suction line; 2 – центробежный насос / centrifugal pump;
- 3 – подводящий трубопровод / supply pipeline; 4 – фильтровальный элемент / filter element;
- 5 – водовыпуск / outlet; 6 – приствольная чаша / barrel bowl; 7 – контролер / controller;
- 8 – распределительный трубопровод / distribution pipeline;
- 9 – поливной трубопровод / irrigation pipeline

Вариант - 1 / Option 1

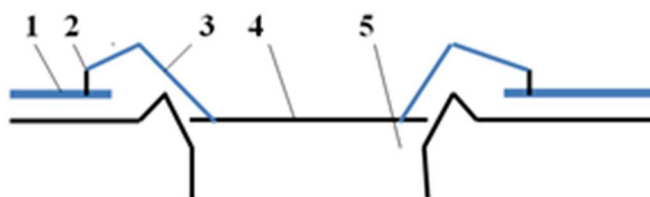


Рисунок 2 – Приствольная чаша с поверхностным мелкоструйчатом орошением:

Figure 2 – Barrel bowl with surface fine-stream irrigation:

- 1 – поливной трубопровод / irrigation pipeline; 2 – вмонтированный водовыпуск / built-in outlet;
- 3 – гибкая трубка / flexible tube; 4 – почвенная поверхность приствольной чаши / soil surface of the trunk bowl; 5 – приствольная чаша / barrel bowl

Вариант - 2 / Option 2

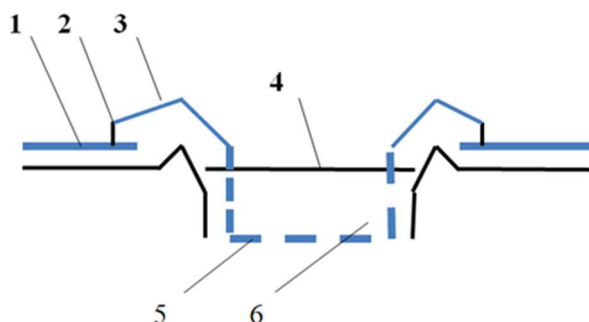


Рисунок 3 – Приствольная чаша внутрипочвенного увлажнения:

Figure 3 – Barrel bowl of subsurface moisture:

- 1 – поливной трубопровод / irrigation pipeline; 2 – вмонтированный водовыпуск / built-in outlet;
- 3 – гибкая трубка / flexible tube; 4 – почвенная поверхность чаши / soil surface of the bowl;
- 5 – внутрипочвенный увлажнитель / subsoil humidifier; 6 – приствольная чаша / barrel bowl

Во втором варианте производство полива осуществлялось внутрипочвенным способом орошения с подачей воды мелкими струйками посредством гибких трубок во внутрипочвенные гофрированные увлажнители с перфорированными водовыпусками (рисунок 3). Предполивной порог влажности почвы поддерживался до 60 % НВ, поливная норма и время полива были идентичными первому изучаемому варианту.

В третьем варианте изучался поверхностный способ мелкоструйчатого орошения, где поливная вода подавалась, как и в первых двух вариантах, мелкими струйками посредством гибкой трубки на поверхность почвы приствольной чаши. Причем гибкая поливная трубка введена под мульчирующий материал, накрытый укрывным материалом 5 «лутрасил» (рисунок 4). Поливная норма, время полива и расход воды, затрачиваемый на один полив, были идентичны первому и второму вариантам. Предполивной порог влажности почвы поддерживали не ниже 60 % НВ.

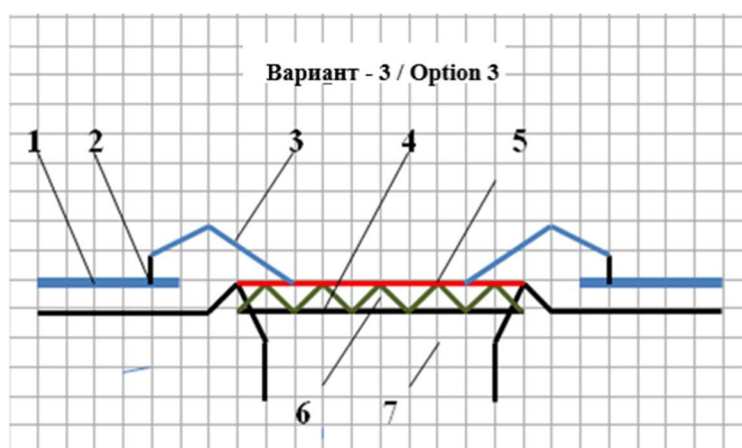


Рисунок 4 – Приствольная чаша с мульчей покрытая укрывным материалом «лутрасил»

Figure 4 – Barrel bowl with mulch covered with lutrasil covering material

1 – поливной трубопровод / irrigation pipeline; 2 – вмонтированный водовыпуск / built-in outlet;
3 – гибкая трубка / flexible tube; 4 – поверхность почвы приствольной чаши / soil surface of the trunk bowl;
5 – укрывной материал «лутрасил» / covering material «lutrasil»; 6 – мульча / mulch;
7 – приствольная чаша / barrel bowl

Опыты проводились в идентичных погодных условиях, при одинаковых расходах воды на поливную норму. Полив осуществлялся непосредственной подачей воды в приствольные поливные чаши, которые формировались выступающим почвенным валиком, высотой до 20 см. Зона увлажнения рассчитана по диаметру кроны яблоневого насаждения и диаметру поливной чаши. Параметры радиуса приствольной поливной чаши принимают в зависимости от диаметра кроны и возраста дерева. В наших вариантах размер приствольной поливной чаши составил 1,5 метра. Средние показатели необходимых величин определены в таблице 1.

Исследованиями по выявлению оптимального, водосберегающего, агротехнологического приема было установлено, что влажность почвы испарялась более интенсивно в первом варианте и более быстро по срокам межполивного периода достигала 60 % НВ, примерно на 3 дня раньше, в сравнении со вторым вариантом, и в третьем варианте, где поливная чаша мульчировалась и накрывалась лутрасилом, снижение предполивного порога до 60 % НВ достигало на два дня раньше, в сравнении с тем же вторым вариантом внутрипочвенного орошения. Оросительная норма по первому варианту составила 1500 литров на одно яблочное насаждение, по второму варианту оросительная норма составила 800 литров, а по третьему варианту по 1000 литров на одно яблоневое дерево. Исследова-

ния показали, что для поддержания влажности почвы на протяжении срока вегетации на уровне 60 % НВ в первом варианте понадобилось проведение до 15 поливов. Для поддержания аналогичного порога влажности во втором варианте понадобилось провести 8 вегетативных поливов, а на поддержания предполивного порога влажности до 60 % НВ в третьем варианте было необходимо провести 10 вегетативных поливов.

Таблица 1 – Средние показатели необходимых величин при орошении яблоневого сада

Table 1 – Average values of the required values for the irrigation of an apple orchard

Варианты опыта / Variants of experience	Напор в поливной системе, (МПа) / Head in irrigation systems (MPa)	Время расхода воды на поливную норму, (t) / Time of water consumption for irrigation rate, (t)	Глубина промачивания, (м) / Soaking depth, (m)	Влажность почвы (% НВ) / Soil moisture (% НВ)	Диаметр кроны дерева (м) / Diameter of tree crown (m)	Поливная норма на 1 ябл., литров / Irrigation rate for 1 app., liters	Оросительная норма на 1 ябл., литров / Irrigation norm for 1 app., liters	Количество поливов (шт.) / Number of irrigations (pcs)
В- I	до 0,004 / before 0.004	1 час / 1 hour	До 1 м / Up to 1 m	Не ниже 60% НВ / Not less 60% НВ	1,5-1,8	100 л/ч / 100 l / h	1500	15
В – II							800	8
В – III							1000	10

Выводы. Изучив три варианта по технологии мелкоструйчатого орошения, с равномерной подачей воды в пристволенные поливные чаши разными способами увлажнения почвы, мы пришли к выводу, что поливать яблоневые насаждения надо тогда, когда влажность почвы в расчетном метровом слое будет не ниже 60 % НВ. При обеспечении разовой поливной нормой поливы должны проводиться равномерно по всей зоне увлажнения основной корневой системы дерева. При закладке яблоневого сада по схеме высадки 4 X 4 метра на один гектар необходимо не менее 625 яблонь. При такой схеме расположения яблоневого сада, нетрудно вычислить оросительную норму по всем изучаемым вариантам опыта, если за сезон провели восемь поливов. По первому варианту, где полив осуществлялся, мелкой струей на поверхность почвы поливной чаши яблоневого дерева, оросительная норма составила 937,5 м³/га. Во втором варианте, где полив яблоневой чаши осуществлялся, мелкими струями воды во внутрипочвенные увлажнители оросительная норма составила 500 м³ / га, что на 437,5 кубометра на гектар меньше в сравнении с первым вариантом. В третьем варианте, при поливе пристволенной чаши, где гибкая трубка заводилась на поверхность почвы под мульчирующий слой, накрытый укрывным материалом « лутрасил», оросительная норма составила 625 м³/га, что также меньше на 312,5 кубометров воды на гектар относительно первого варианта. Самым оптимальным и экономически эффективным 500 м³/га оказался изучаемый второй вариант орошения, где пристволенные чаши поливались посредством внутрипочвенных увлажнителей.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения // Научная жизнь. 2019. Т.14. № 10 (98). С. 1484-1495.
2. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шкура В. Н. Технические средства капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2017. С. 159.

3. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природообустройство. 2016. № 3. С. 90-96.
4. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
5. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Комбинированная гидромелиоративная система для орошения садовых насаждений // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 43-51.
6. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
7. Курбанов С. А., Майер А. В. Исследование системы капельного орошения и мелко-дисперсного дождевания // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 5-9.
8. Chen X., Jeong S.-J. Irrigation enhances local warming with greater nocturnal warming effects than daytime cooling effects // Environmental research letters. 2018. V.13. I. 2. N. 024005.
9. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assessment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain // Kahramanmaraş sutcu imam university journal of natural sciences. 2016. V. 19. I. 4. P. 454-461.
10. Haider S., Ullah K. Projected crop water requirement over agro-climatically diversified region of Pakistan // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. V. 281. P. 107824.
11. He Y., Xi B., Bloomberg M. Effects of drip irrigation and nitrogen fertigation on stand growth and biomass allocation in young triploid Populus tomentosa plantations // Forest ecology and management. 2020. V. 461. N. 117937.
12. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop / M. Goosheh, E. Pazira, A. Gholami, B. Andarzian, E. Panahpour // Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754.
13. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // Science of the total environment. 2020. V. 705. N 135984.

Conclusion. Having studied three options for the technology of fine-stream irrigation, with a uniform supply of water to the near-stem irrigation bowls by different methods of soil moistening, we came to the conclusion that it is necessary to water apple plantations when the soil moisture in the calculated meter layer is not lower than 60% HB. When providing a one-time irrigation rate, irrigation should be carried out evenly over the entire moistened zone of the main root system of the tree. When laying an apple orchard according to a planting scheme of 4 X 4 meters per hectare, at least 625 apple trees are required. With this arrangement of the apple orchard, it is not difficult to calculate the irrigation rate for all the studied variants of the experiment, if eight waterings were carried out during the season. According to the first option, where irrigation was carried out by a small stream onto the soil surface of an irrigation bowl of an apple tree, the irrigation rate was 937.5 m³ / ha. In the second variant, where the apple bowl was irrigated, the irrigation rate was 500 m³ / ha with small jets of water into the subsurface humidifiers, which is 437.5 cubic meters per hectare less than in the first variant. In the third option, when watering the near-stem bowl, where a flexible tube was placed on the soil surface under a mulching layer covered with lutrasil covering material, the irrigation rate was 625 m³ / ha, which is also less by 312.5 cubic meters of water per hectare compared to the first option. The most optimal and cost-effective 500 m³ / ha was the second irrigation option under study, where the near-stem bowls were watered using subsoil humidifiers.

References

1. Borodychev V. V., Lytov M. N. Technical and technological foundations for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis under irrigation conditions // Scientific life. 2019. V. 14. No. 10 (98). P. 1484-1495.

2. Vasiliev S. M., Korzhova T. V., Shkura V. N. Drip irrigation equipment // Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems, 2017. P. 159.
3. Dobrachev Yu. P., Sokolov A. P. Models of plant growth and development and the problem of increasing yields // Environmental Engineering. 2016. No. 3. P. 90-96.
4. Dubenok N. N., Mayer A. V. Development of combined irrigation systems for irrigation of agricultural crops // Bulletin of the Lower Volga agro-university complex: science and higher professional education. 2018. P. 9-19.
5. Dubenok N.N., Mayer A. V. Combined irrigation system for irrigation of garden plantations // Bulletin of the lower Volga agro-university complex: science and higher professional education. 2018. P. 43-51.
6. Kireicheva L. V., Karpenko N. P. Evaluation of the efficiency of irrigation reclamation in the zonal row of soils // Soil Science. 2015. No. 5. P. 587.
7. Kurbanov S. A., Mayer A. V. Research of the system of drip irrigation and fine sprinkling // Problems of development of the agro-industrial complex of the region. 2012. No. 3. P. 5-9.
8. Chen X., Jeong S.-J. Irrigation enhances local warming with greater nocturnal warming effects than daytime cooling effects // Environmental research letters. 2018. V.13. I. 2. N. 024005.
9. Degirmenci H. Tanriverdi C. Arslan F. Assessment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain // Kahramanmaraş sutcu imam university journal of natural sciences. 2016. V. 19. I. 4. P. 454-461.
10. Haider S., Ullah K. Projected crop water requirement over agro-climatically diversified region of Pakistan // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. V. 281. P. 107824.
11. He Y., Xi B., Bloomberg M. Effects of drip irrigation and nitrogen fertigation on stand growth and biomass allocation in young triploid Populus tomentosa plantations // Forest ecology and management. 2020. V. 461. N. 117937.
12. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop / M. Goosheh, E. Pazira, A. Gholami, B. Andarzian, E. Panahpour // Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754.
13. Yang Q., Huang X., Tang Q. Irrigation cooling effect on land surface temperature across China based on satellite observations // Science of the total environment. 2020. V. 705. N 135984.

Information about the authors

Dubenok Nikolay Nikolaevich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of the Department of Forestry and Land Reclamation of the Russian State Agricultural University - Moscow Agricultural Academy. K.A. Timiryazeva (RF127550 Moscow st. Timiryazevskaya 49, Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: [https:// orcid.org/ 0000-0002-9059-9023](https://orcid.org/0000-0002-9059-9023), phone: 89857544488, Email: dubenok@mail.ru.

Mayer Alexander Vladimirovich - Senior Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Melioration named after V.I. A.N. Kostyukova, (Russian Federation 127750 Moscow, Bolshaya Akademicheskaya St. 44, building 2), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: [https:// orcid.org/1000-0002-0065-8916](https://orcid.org/1000-0002-0065-8916), phone 89053378678, Email: vkovniigim@yandex.ru

Информация об авторах

Дубенок Николай Николаевич, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой «Лесоводство и мелиорация ландшафтов» Российского государственного агроуниверситета – Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (РФ127550 Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: номер [https:// orcid.org/ 0000-0002-9059-9023](https://orcid.org/0000-0002-9059-9023) т. 89857544488 э/pn.dubenok@mail.ru.

Майер Александр Владимирович – старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костюкова, (РФ 127750 г. Москва ул. Большая академическая, 44 корпус 2), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: номер [https:// orcid.org/1000-0002-0065-8916](https://orcid.org/1000-0002-0065-8916) т.89053378678 э/pvkovniigim@yandex.ru

OPTIONS FOR RECONSTRUCTION OF HYDROMELIORATIVE SYSTEMS ON FORMER RECLAIMED LONG-USED AGRICULTURAL LANDS

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

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

Received 23.09.2020

Submitted 25.11.2020

Summary

The problem of renewal of irrigation on previously reclaimed, but not used agricultural lands for a long time is considered. New approaches to the reconstruction of irrigation and drainage systems with partially lost functions have been developed, options for structural and layout solutions have been proposed to solve the problem at the modern level.

Abstract

Introduction The relevance of the study is determined by the urgent problem in Russia of reconstruction of a significant part of the irrigation and drainage systems built in the second half of the 20th century and the need to restore irrigation on the once reclaimed, but unused agricultural lands for a long time. More than half of all previously reclaimed lands in Russia have lost this status. A significant part of this land is not used at all, and the rest are transferred to dry land and are not watered. Moreover, more than 75% of the reclaimed lands taken out of circulation today are not watered due to a malfunction of the irrigation network. The aim of the research is to create a general concept and develop options for the reconstruction of irrigation and drainage systems on the former reclaimed agricultural lands that have not been used for a long time. **Object.** The object of research is irrigation and drainage systems, including those that have partially lost their functions with an actual reduction in the service area of previously reclaimed lands. **Materials and methods.** The research methodology is based on the well-known provisions of the law of development of technical systems, taking into account the trends in the technical improvement of irrigation and drainage systems in particular; taken into account modern developments in the classification of irrigation generations. The studies used publicly available materials on typical designs of irrigation and drainage systems, designed and built in the second half of the 20th century, as well as promising technical solutions used to create new generation irrigation and drainage systems. The concept of segmental rehabilitation of irrigation and drainage systems was developed as a forced alternative to the complex reconstruction of systems, involving active participation in the process of private agribusiness and the possibility of a coordinated, step-by-step solution to the problem. **Results and conclusions.** As an alternative to the complete reconstruction of the irrigation and drainage system, which has an unconditional priority, the research proposed the concept of segmental reconstruction, based on intuitive provisions and assuming, within one segment, the organization of all structural and functional modules inherent in the irrigation and drainage system as a whole. The concept assumes the device within the framework of the reconstructed segment of the functional and structural module of water intake, machine lifting, water treatment, water transport and irrigation. A complex of structural layout solutions has been developed for the reconstruction of the segment of the irrigation and drainage system that has lost its function. Variants of the device for water intake from water conduits of an irrigation and drainage system with an open irrigation network with output to the reconstructed segment of a closed (pressure) type are proposed. The preference was given to the design of the water intake, with a water outlet outside the canal. The layout diagrams of the device of the water treatment unit of the reconstructed segment of the irrigation and drainage system have been developed. A promising option is a combined layout of the water treatment unit, when some functional elements are installed centrally, and others according to a distributed scheme, directly in front of the irrigated area. At the level of the irrigated area, promising designs of combined irrigation systems have been proposed for implementation. This technology should be actively mastered along with other known irrigation methods. Directly in front of the irrigation module, it is proposed to create technological water storage tanks that ensure uninterrupted operation of the system even with-

out powering the central water pipelines. It is proposed to use the remains of open water pipelines of the reconstructed segment of the irrigation and drainage system for the functions of a water accumulator, with the device of the simplest anti-seepage structures based on a polyethylene film. The use of the proposed concept of segmental reconstruction of the irrigation and drainage system makes it possible to quickly solve urgent problems of development and commissioning for a long time, unused, former reclaimed lands with full restoration of irrigation and drainage functions. The proposed reconstruction options allow us to solve this problem at the modern level, using the latest advances in technology and land reclamation technologies.

Key words: *irrigation and drainage systems, unused reclaimed land, complex reconstruction, segmental reconstruction, structural and layout solutions.*

Citation. Shevchenko V.A., Borodychev V.V., Lytov M.N. Options for reconstruction of hydromeliorative systems on former reclaimed long-used agricultural lands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020.4(60). 313-327 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-31.

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

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

УДК 631.67:631.171

ВАРИАНТЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ НА БЫВШИХ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ДЛИТЕЛЬНО НЕ ИСПОЛЪЗУЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЛЯХ

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

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

М. Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова

Дата поступления в редакцию 23.09.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Актуальность. Актуальность исследования определяется назревшей в России проблемой реконструкции значительной части построенных во второй половине XX века гидромелиоративных систем и необходимостью восстановления орошения на некогда мелиорированных, но длительное время не используемых сельскохозяйственных землях. Больше половины всех мелиорированных ранее земель в России утратили таковой статус. Значительная часть этих земель не используется вовсе, а остальные переведены в богару и не поливается. Причем более 75 % выведенных из оборота мелиорированных земель сегодня не поливаются по причине неисправности оросительной сети. Целью исследований является создание общего концепта и разработка вариантов реконструкции гидромелиоративных систем на бывших мелиорированных длительно не используемых сельскохозяйственных землях. **Объект.** Объектом исследований являются гидромелиоративные системы, в том числе частично утратившие функции с фактическим сокращением площадей обслуживания ранее мелиорированных земель. **Материалы и методы.** Методология исследований базируется на известных положениях закона развития технических систем, с учетом тенденций технического совершенствования гидромелиоративных систем в частности; учтены современные наработки по классификации поколений оросительных. В исследованиях использованы общедоступные материалы по типовым конструкциям гидромелиоративных систем, спроектированных и построенных во второй половине XX века, а также перспективным техническим решениям, используемым для создания гидромелиоративных систем нового поколения. Концепт сегментарного восстановления гидромелиоративных систем разрабатывался как вынужденная альтернатива комплексной реконструкции систем, предполагающая активное участие в процессе частного агробизнеса и возможность согласованного, поэтапного решения проблемы. **Результаты и выводы.** В качестве альтернативы полной

реконструкции гидромелиоративной системы, имеющей безусловный приоритет, исследованиями предложен концепт сегментарной реконструкции, базирующийся на интуитивно понятных положениях и предполагающий в рамках одного сегмента организацию всех структурно-функциональных модулей, присущих гидромелиоративной системе в целом. Концепт предполагает устройство в рамках реконструируемого сегмента функционально-структурного модуля водозабора, машинного подъема, водоподготовки, транспорта воды и орошения. Разработан комплекс конструктивно компоновочных решений для реконструкции утратившего функции сегмента гидромелиоративной системы. Предложены варианты устройства водозабора из водоводов гидромелиоративной системы с открытой оросительной сетью с выводом в реконструируемый сегмент закрытого (напорного) типа. Предпочтение отдано конструкции водозаборного устройства с вынесенным за пределы канала водовыделом. Разработаны компоновочные схемы устройства узла водоподготовки реконструируемого сегмента гидромелиоративной системы. Перспективным вариантом признана комбинированная схема компоновки узла водоподготовки, когда одни функциональные элементы устанавливаются централизованно, а другие – по распределенной схеме, непосредственно перед орошаемым участком. На уровне орошаемого участка к внедрению предложены перспективные конструкции систем комбинированного орошения. Эта технология должна активно осваиваться наряду с другими, известными способами полива. Непосредственно перед поливным модулем предлагается создавать технологические водонакопительные резервуары, обеспечивающие бесперебойную работу системы даже без запитки центральных водоводов. Под функции водонакопителя предлагается использовать остатки открытых водоводов реконструируемого сегмента гидромелиоративной системы, с устройством простейших противofiltrационных конструкций на основе полиэтиленовой пленки. Использование предложенного концепта сегментарной реконструкции гидромелиоративной системы позволяет оперативно решать актуальные задачи освоения и ввода в строй длительное время не используемых, бывших мелиорированных земель с полным восстановлением гидромелиоративной функции. Предложенные варианты реконструкции позволяют решать эту проблему на современном уровне, с использованием новейших достижений в области техники и мелиоративных технологий.

Ключевые слова: гидромелиоративные системы, неиспользуемые мелиорированные земли, комплексная реконструкция гидромелиоративных систем, сегментарная реконструкция, конструктивно-компоновочные решения.

Цитирование. Шевченко В. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Варианты реконструкции гидромелиоративных систем на бывших мелиорированных длительно не используемых сельскохозяйственных землях. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 313-327. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-31.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Процессы вывода из оборота сельскохозяйственных земель в целом, и мелиорированного фонда в частности, в постреформенной России приобрели национальный масштаб, а некоторые тенденции сохраняются и до настоящего времени [6, 7, 13-15]. Сегодня из 4296 тыс. га орошаемых земель России в сельском хозяйстве используется только 3565 тыс. га, а фактически поливается и того меньшая площадь – не более 1723 тыс. га [2, 6]. В Южном федеральном округе сосредоточено более четверти орошаемых земель России, однако большая часть площадей в настоящее время не поливается. В Волгоградской области из 178,8 тыс. га мелиорированных земель сегодня никак не используется и не поливается более 120 тыс. га, более половины мелиорированного фонда не поливается в Республике Калмыкия, более 130 тыс. га когда-то мелиорированных земель не поливается сегодня в Астраханской области [1, 12]. Такая ста-

тика характерна для большинства регионов Южного федерального округа и России в целом. Причем более 75 % выведенных из оборота мелиорированных земель сегодня не поливается по причине неисправности оросительной сети [2, 9, 11, 12].

Деформации функциональных элементов оросительной сети часто носят критический характер, а в ряде случаев ставят под сомнение целесообразность проведения ремонтных работ. Наиболее перспективным выходом из сложившейся ситуации сегодня признана комплексная реконструкция оросительных систем, предполагающая не только восстановление функций, но и техническое совершенствование, внедрение новейших достижений научно-технического прогресса [8]. Целью исследований является создание общего концепта и разработка вариантов реконструкции гидромелиоративных систем на бывших мелиорированных длительно не используемых сельскохозяйственных землях.

Материалы и методы. Исследования проводились на основе анализа информации из общедоступных материалов по типовым конструкциям гидромелиоративных систем, спроектированных и построенных во второй половине XX века, перспективным техническим решениям, используемым для создания гидромелиоративных систем нового поколения, практического опыта возобновления орошения на ранее мелиорированных, но длительно не используемых сельскохозяйственных землях [2, 4, 5, 8, 17-21]. Методология исследований базируется на известных положениях закона развития технических систем с учетом тенденций технического совершенствования гидромелиоративных систем в частности. Учтены наработки известных ученых по классификации поколений оросительных систем [16]. Объектом исследований являются гидромелиоративные системы, в том числе частично утратившие функции с фактическим сокращением площадей обслуживания ранее мелиорированных земель. Предмет исследований – конструкции гидромелиоративных систем и их структурно-функциональных элементов, рассматриваемые в плане реконструкции орошения на ранее мелиорированных, но длительно не используемых землях. Рабочая гипотеза исследований предполагает возможность использования двух подходов к реконструкции гидромелиоративных систем: комплексного (полного) и сегментарного. Концепт сегментарного восстановления гидромелиоративных систем разрабатывался как вынужденная альтернатива комплексной реконструкции систем, предполагающая активное участие в процессе частного агробизнеса и возможность согласованного, поэтапного решения проблемы.

Результаты и обсуждение. Сегодня проблема реконструкции большинства гидромелиоративных систем назрела на всех ее уровнях; поэтому, безусловно, предпочтение следует отдавать полной реконструкции гидромелиоративной системы в целом. Однако ресурсоемкость подобного рода инициатив такова, что реконструкцию каждой гидромелиоративной системы в отдельности без преувеличения можно считать национальным проектом. На уровне субъектов агробизнеса реконструкция может быть осуществлена лишь на особо малых гидромелиоративных системах, построенных, как правило, на местном стоке и имеющих внутрихозяйственное значение. Сегментарная реконструкция гидромелиоративных систем может осуществляться на всех уровнях, с активным привлечением частных инвестиций в первую очередь заинтересованных в этом субъектов агробизнеса. Поэтому в качестве альтернативы полной реконструкции гидромелиоративной системы, имеющей безусловный приоритет, был разработан концепт сегментарной реконструкции, включающий следующие основные положения:

- в общем случае сегментарная реконструкция гидромелиоративных систем предполагает строительство всех структурно-функциональных модулей, присущих гидромелиоративной системе в целом. То есть предполагается организация узлов водозабора, водоподготовки, транспорта воды, орошения, а при необходимости – элементов водооборотной системы;

- общая производительность водовыдела должна быть согласована с пропускной способностью и производительностью оросительной сети, от которой запитывается сегментарно восстанавливаемый участок орошения;

- система мониторинга и автоматизированного управления сегментарно-реконструируемых участков единой гидромелиоративной системы должны работать в согласованном режиме. В качестве примера такой системы мониторинга и автоматизированного управления можно предложить облачную систему с центральным сервером, где реконструируемые и действующие сегменты одной ГМС подключены в единую базу данных, на основе согласованного анализа которых вырабатывается оптимальное управляющее решение. Такой подход позволяет согласовать действия различных хозяйствующих субъектов на одной гидромелиоративной системе.

Водозабор устраивается в узле присоединения реконструируемого участка гидромелиоративной системы к водоводам, от которых производится запитка восстанавливаемого сегмента. Водозабор может быть машинным, а также с использованием энергии воды в узле присоединения к сети, от которой производится реконструкция.

Узел водоподготовки устраивается при необходимости и может быть центральным, с установкой сразу после водозабора, распределенным, с установкой непосредственно перед поливными модулями или комбинированным.

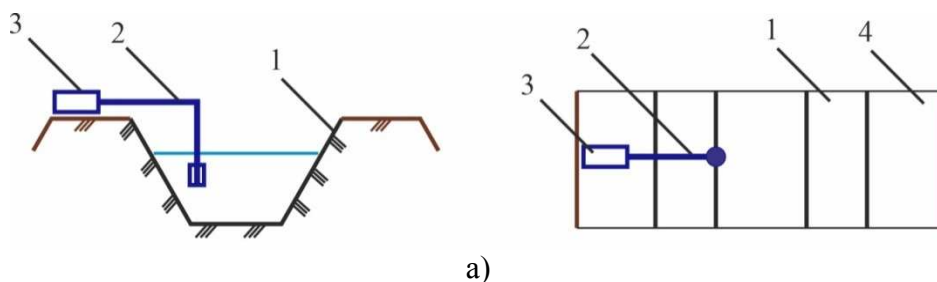
Система транспорта воды должна максимально использовать преимущества планировки, а также по возможности – утратившие функции остатки конструкций реконструируемого участка гидромелиоративной системы. При этом приоритетом, безусловно, является проектный план размещения орошаемых участков.

Способы и технологии орошения осваиваемых участков должны учитывать почвенно-гидрологические условия и рельеф местности, положение участка относительно особо-охраняемых объектов, особенности инфраструктуры и проектные севообороты сельскохозяйственных культур, а также лимиты на использование водных ресурсов.

Возможные варианты организации водозабора из водоводов гидромелиоративной системы с открытой оросительной сетью с устройством реконструируемого сегмента закрытого типа представлены на рисунке 1.

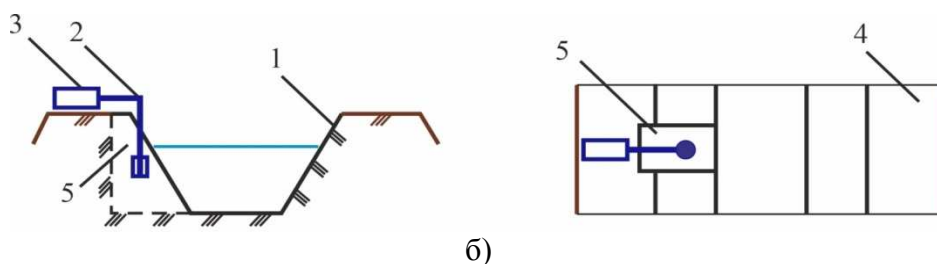
На рисунке 1а показан наиболее распространенный в современной практике вариант устройства водозабора из канала открытой оросительной сети. Водозабор в данном случае осуществляется непосредственно из русла канала, куда опускается всасывающая линия насосной станции. На рисунке 2 показаны примеры устройства такого рода водозаборов с электрифицированным и дизельным приводом насосных станций. Основным преимуществом устройства водозабора по такой схеме является простота и минимальная ресурсоемкость, поскольку нет потребности в строительстве каких-либо дополнительных сооружений. Недостатками такой схемы присоединения реконструируемого сегмента к действующей сети ГМС являются:

- изменение руслового просвета канала, что создает непредусмотренные проектом гидравлические сопротивления в русле водовода открытой сети ГМС;
- увеличиваются риски создания заторов в русле канала, обусловленные осаждением органического материала различного происхождения на конструктивных элементах водозабора;
- имеются ограниченные возможности по созданию различного рода защитных сооружений на водозаборных элементах реконструируемого сегмента ГМС;
- затруднено обслуживание открытых водоводов гидромелиоративной сети, к которым присоединяется реконструируемый сегмент ГМС.



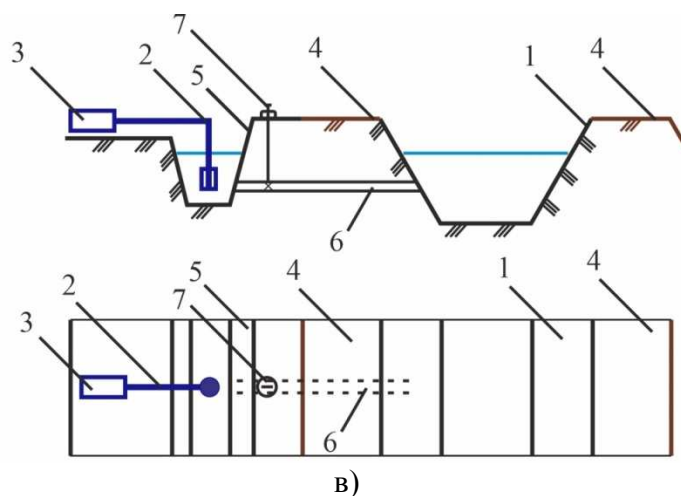
а)

Условные обозначения / Legend: 1 – канал / channel, 2 – всасывающая линия насосной станции / pump station suction line, 3 – насосная станция / pumping station, 4 – проезжая часть, примыкающая к каналу / canal carriageway



б)

Условные обозначения / Legend: 1 – канал / channel, 2 – всасывающая линия насосной станции / pump station suction line, 3 – насосная станция / pumping station, 4 – проезжая часть / canal carriageway, 5 – водозаборная ниша / water intake niche



в)

Условные обозначения / Legend: 1 – канал / channel, 2 – всасывающая линия насосной станции / pump station suction line, 3 – насосная станция / pumping station, 4 – проезжая часть / canal carriageway, 5 – водовыдел / discharge, 6 – проводящий трубопровод / connecting pipeline, 7 – запорно-регулирующая арматура / shut-off and control valves

Рисунок 1 – Варианты организации водозабора из водоводов гидромелиоративной системы с открытой оросительной сетью с устройством реконструируемого сегмента закрытого типа

Figure 1 – Options for organizing water intake from water pipelines of an irrigation and drainage system with an open irrigation network with a device for a reconstructed closed-type segment

На рисунке 1б показан вариант устройства водозабора на русле открытого водовода гидромелиоративной системы по типу водозаборной ниши. Вариант предусматривает изменение в конструкции канала на месте присоединения реконструируемого сегмента ГМС в форме специальной ниши, устраиваемой на боковом откосе канала, в которую и монти-

руются водозаборные сооружения. Такой вариант устройства водозабора не изменяет проектного просвета русла канала, позволяет выделить пространство для устройства защитных конструкций, снижает риски создания заторов, так как ниша вынесена за пределы основного русла канала. Пример реализации такого варианта водозабора приведен на рисунке 3. К недостаткам такого варианта устройства водозабора следует отнести необходимость внесения изменений в конструкцию открытого водовода, что предполагает работы по капитальному строительству, сохраняются местные гидравлические сопротивления при движении воды по основному руслу канала, требуется сопряжение противофильтрационных устройств основного русла и водозаборной ниши, возрастают риски отложения наносов в самой конструкции ниши. Кроме того, устройство нишевых водозаборных устройств невозможно при непосредственном примыкании проезжей части к каналу.



Рисунок 2 – Варианты организации водозабора из русла канала: а) – с дизельным приводом насосной станции, б) с электрифицированным приводом насосной станции

Figure 2 – Options for organizing water intake from the canal bed: a) - with a diesel drive of the pumping station, b) with an electrified drive of the pumping station



Рисунок 3 – Вариант устройства нишевого водозабора в КФХ «Выборнов В. Д.» Ленинского района Волгоградской области

Figure 3 – A variant of the device for a niche water intake in the peasant farm «Vybornov V. D.» Leninsky district of the Volgograd region

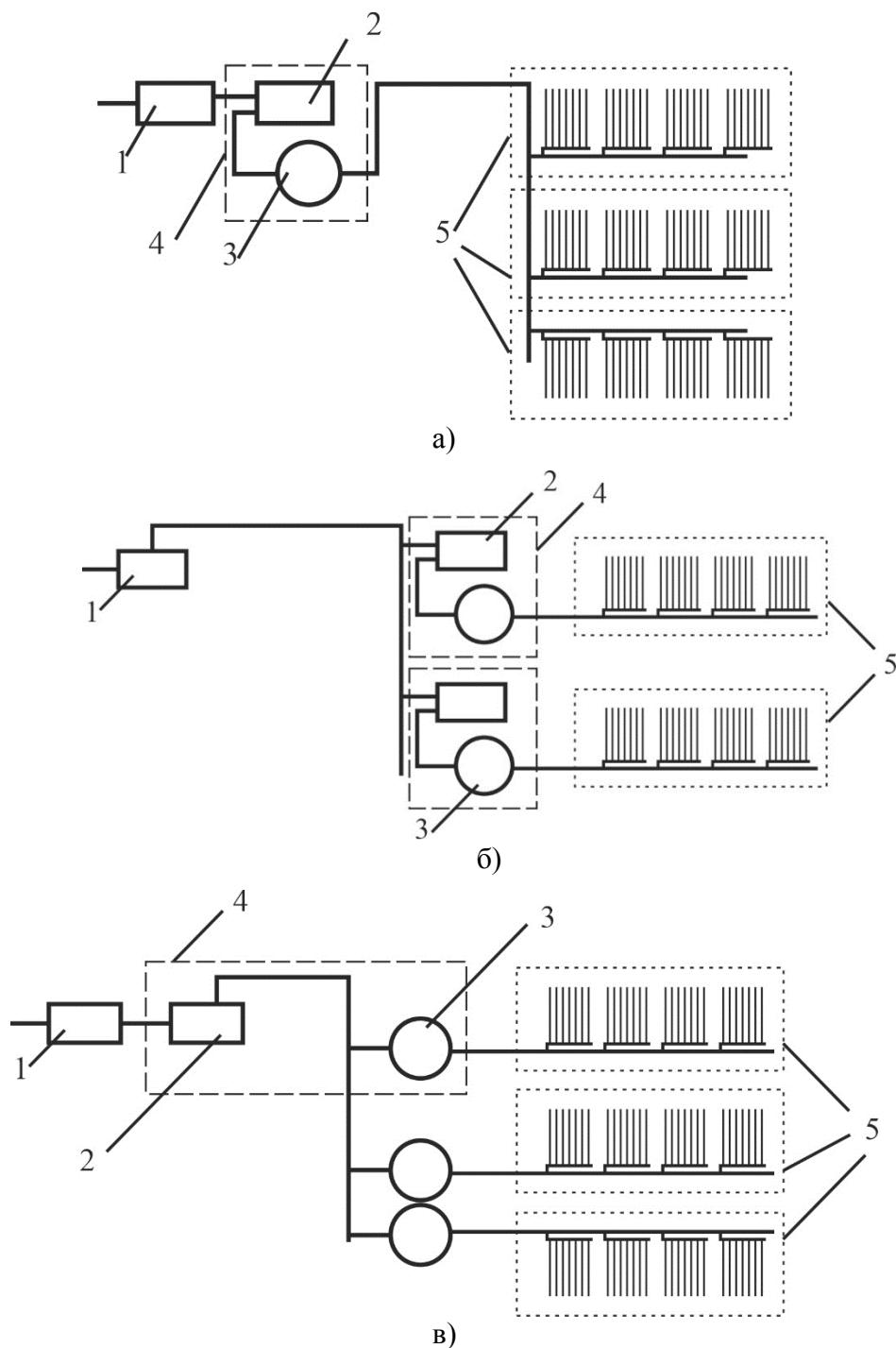
Указанных недостатков лишено водозаборное устройство с вынесенным за пределы канала водовыделом (рисунок 1в). Сопряжение такого водовыдела с основным руслом канала осуществляется посредством закрытого водовода с запорно-регулирующей арматурой, что позволяет осушить водозабор при заполненном русле открытого водовода. При организации водозабора по такой схеме не нарушается геометрия русла открытого водовода, практически исключены непредусмотренные проектом гидравлические сопротивления, возможно устройство защитных сооружений, нет препятствий для обслуживания водоводов открытой сети, к которой присоединяется реконструируемый сегмент ГМС. Недостатком такой схемы устройства водозабора является ресурсоемкость и необходимость проведения работ по капитальному строительству.

Узел водоподготовки может отличаться компоновочными схемами относительно функциональных модулей, а также в пространственном отношении к орошаемым участкам реконструируемого сегмента ГМС. При необходимости узел водоподготовки может включать различное число ступеней очистки воды, узел химиггации и другие функциональные узлы. Схема централизованного размещения узла водоподготовки показана на рисунке 4а. Это довольно распространенный вариант компоновки для небольших, восстанавливаемых сегментов ГМС. Фильтрация воды, а также приготовление различных функциональных растворов на основе оросительной воды при этом происходит централизованно, после чего раствор по распределительным водоводам подается уже непосредственно на орошаемый участок. Схема распределенной компоновки узла водоподготовки предусматривает установку конструкций непосредственно перед поливным модулем (рисунок 4б). Такой вариант компоновки узла водоподготовки позволяет реализовать индивидуальный подход в отношении применения функциональных растворов на сельскохозяйственном поле, а также повысить точность дозирования средств химиггации при поливе. Перспективным вариантом является комбинированная схема компоновки узла водоподготовки, когда одни функциональные элементы устанавливаются централизованно, а другие – по распределенной схеме, непосредственно перед орошаемым участком. Примером такой комбинированной схемы является вариант, в котором фильтростанция устанавливается централизованно, а узлы приготовления питательных и других функциональных растворов непосредственно перед орошаемыми моделями (рисунок 4в).

Организация транспорта воды в восстанавливаемых сегментах ГМС предпочтительна по типу закрытой сети с использованием трубчатых водоводов. При этом важно ориентироваться:

- на использование трубчатых водоводов из современных материалов на основе полимеров, активно внедряемых сегодня в различных отраслях народного хозяйства;
- на использование геодезически спланированных участков старой оросительной сети для устройства закрытых водоводов – распределителей различного уровня;
- прокладку водоводов целесообразно выполнять под землей с учетом того, чтобы мелиоративная инфраструктура не мешала выполнению агротехнических работ, и не возникало риска нарушения ее функциональности в процессе эксплуатации. Пример такого способа укладки распределительных водоводов реконструируемого сегмента ГМС приведен на рисунке 5.

Реконструкция сегмента гидромелиоративной системы на уровне орошаемого участка должна опираться на использование водо- и энергосберегающих технологий, а также многофункциональные технических систем для орошения комбинированного типа. Комбинированные системы орошения являются одним из наиболее перспективных вариантов конструкции восстанавливаемых сегментов ГМС при специализации хозяйства на овощных культурах, в садах, виноградниках и ягодниках.



Условные обозначения / Legend: 1- насосная станция / pumping station, 2 - станция фильтрации воды / water filtration station, 3 – узел приготовления растворов / solution preparation unit, 4 - узел водоподготовки / water treatment unit, 5 - модуль орошения / irrigation module

Рисунок 4 – Варианты устройства узла водоподготовки реконструируемого сегмента гидромелиоративной системы: а) по централизованной схеме; б) по распределенной схеме; в) по комбинированной схеме

Figure 4 – Variants of the device for the water treatment unit of the reconstructed segment of the irrigation and drainage system: а) according to a centralized scheme; б) according to the distributed scheme; в) according to the combined scheme



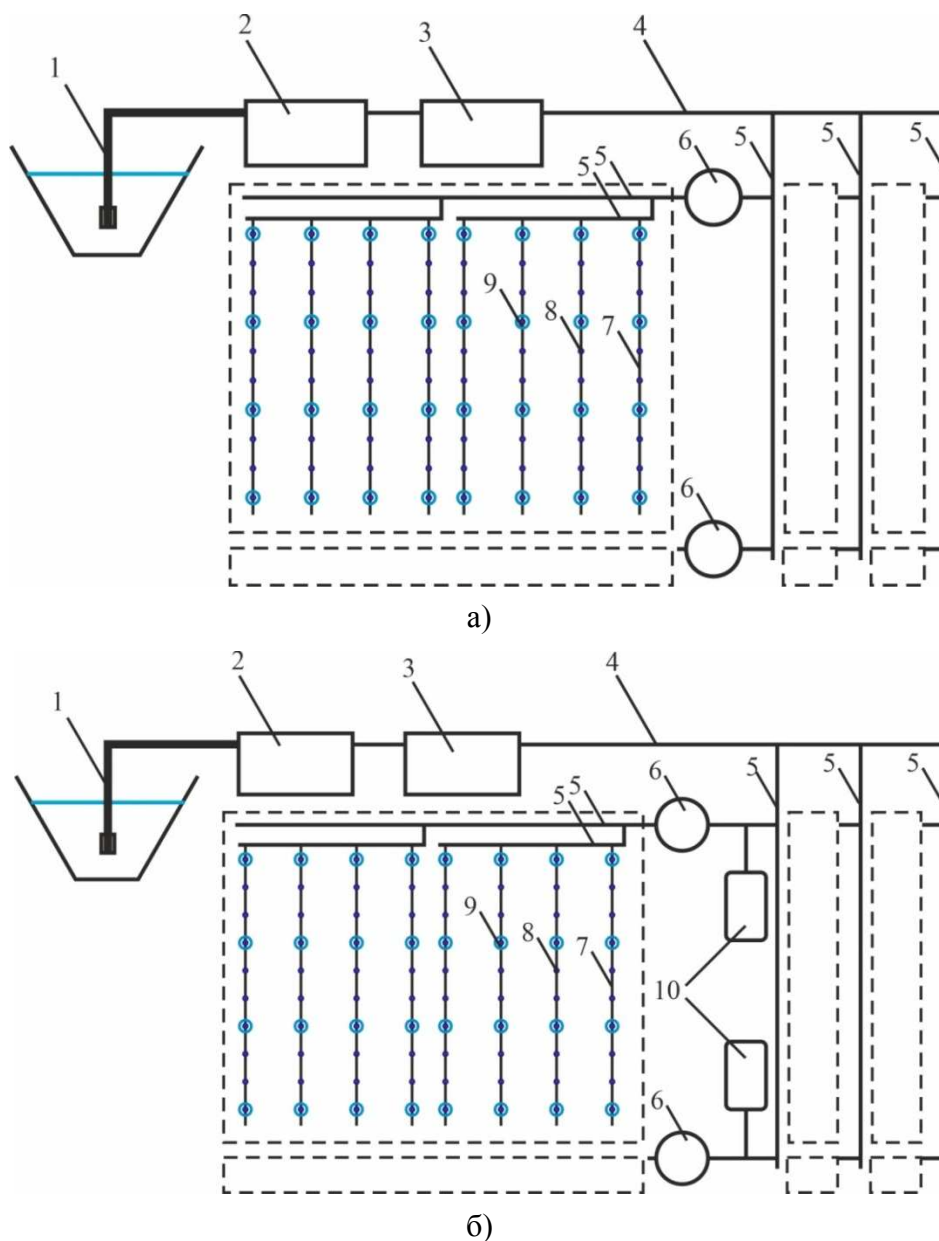
Рисунок 5 – Укладка полиэтиленового трубопровода-водовода в траншею (реконструируемый сегмент Заволжской оросительной системы в АО «Агрофирма «Восток»)

Figure 5 – Laying a polyethylene pipeline-water conduit in a trench (the reconstructed segment of the Zavolzhskaya irrigation system in JSC «Agrofirma «Vostok»)

Комбинированные системы орошения объединяют преимущества разных способов полива для обеспечения комплексного регулирования факторов жизни и защиты растений от климатических рисков. Во ВНИИГиМ предложена идея и конструкции комбинированного использования капельного орошения и мелкокапельного дождевания [3, 10]. Конструкции таких систем предполагают использование единой водоподводящей и водораспределительной сети с осуществлением полива посредством двух типов водовыпусков – капельного и дождевального (рисунок 6а). При этом капельным способом полива обеспечивается возможность гибкого регулирования запасов почвенной влаги, а дождевальные насадки могут использоваться для проведения противозаморозковых или освежительных поливов, некорневой химигации посевов, а также обеспечивают возможность регулирования фитоклимата посредством мелкодисперсного дождевания. Такой набор функциональных возможностей системы обеспечивает возможность комплексного регулирования факторов жизни и защиты растений от различных климатических рисков. Основным недостатком конструкции системы, приведенной на рисунке 6а, является необходимость практически непрерывного поддержания рабочих напоров во всех водоводах системы. Действительно, если основные вегетационные поливы проводятся через относительно продолжительные интервалы времени, то для регулирования фитоклимата мелкодисперсное дождевание осуществляется короткими импульсами, дробно повторяющимися в течение неблагоприятного периода.

Поддержание рабочих напоров во всех водоводах системы требует существенного увеличения энергетических затрат, что, безусловно, снижает эффективность технологии в целом. Для преодоления этого недостатка в конструктив системы непосредственно перед поливным модулем вводится водонакопитель, обеспечивающий воз-

возможность создания рабочего напора в трубопроводах орошаемого участка без запитки основных водоводов реконструируемого сегмента оросительной системы (рисунок 6б). Под функции водонакопителя предлагается использовать остатки открытых водоводов реконструируемого сегмента гидромелиоративной системы (рисунок 7).



Условные обозначения / Legend: 1 – водозабор / water intake, 2 - насосная станция / pumping station, 3 - фильтрационная станция / filtration station, 4 - магистральный трубопровод реконструируемого сегмента ГМС / main pipeline of the reconstructed segment of the irrigation and drainage system, 5 - распределительный трубопровод 1-го и последующих порядков / distribution pipeline of the 1st and subsequent orders, 6 - узел приготовления растворов / solution preparation unit, 7 - поливной трубопровод / irrigation pipeline, 8 - капельный водовыпуск / drip outlet, 9 - дождевальная водовыпуск / sprinkler outlet, 10 - водонакопитель / water storage

Рисунок 6 – Варианты конструкций гидромелиоративной системы
комбинированного орошения

Figure 6 – Design options for the irrigation and drainage system of combined irrigation



Рисунок 7 – Использование остатков утратившей функции оросительной сети для устройства водонакопителя системы комбинированного орошения

Figure 7 – Use of the remains of the irrigation network that has lost its function for the device of a water storage system for a combined irrigation

При этом часть канала утратившей функции системы перегораживается, выполняется реконструкция противофильтрационной оболочки и заполняется водой из трубопроводов вновь созданной оросительной системы. В качестве простейшей противофильтрационной оболочки водонакопителя может использоваться обычная полиэтиленовая пленка.

Выводы. Использование предложенного концепта сегментарной реконструкции гидромелиоративной системы позволяет оперативно решать актуальные задачи освоения и ввода в строй длительное время не используемых, бывших мелиорированных земель с полным восстановлением гидромелиоративной функции. Предложенные варианты реконструкции позволяют решать эту проблему на современном уровне, с применением новейших достижений в области техники и мелиоративных технологий.

Библиографический список

1. Анализ использования потенциала орошаемого земледелия на примере Южного Федерального округа / А. А. Угрюмова, М. П. Замаховский, Л. Е. Паутова, Л. М. Тюрина // Региональная экономика: теория и практика. 2018. Т. 16. № 11 (458). С. 2075-2091.
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., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 9-19.
4. К вопросу создания электронных баз данных по типовым проектным решениям мелиоративных систем и сооружений / В. Н. Щедрин, В. И. Коржов, А. А. Белоусов, А. В. Шевченко, Т. В. Матвиенко, А. Б. Белоусов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 2 (34). С. 121-136.
5. Кожанов А. Л., Воеводин О. В. К вопросу разработки энергоэффективных оросительных систем нового поколения // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 3 (59). С. 62-65.

6. Липски С. А. Федеральные целевые программы в области мелиорации земель и современное состояние мелиоративного фонда // Вестник Московского финансово-юридического университета. 2019. № 3. С. 45-55.

7. Никифорова Е. О. Меры по вовлечению в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных угодий // Научное обозрение: теория и практика. 2016. № 8. С. 133-142.

8. О реконструкции и модернизации мелиоративных систем Рязанской области / П. Н. Ванин, А. В. Кузин, А. Е. Морозов, А. В. Нефедов, Н. А. Иванникова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 1 (41). С. 5-12.

9. Оценка изменения состояния облицовочных покрытий откосов оросительных каналов, находящихся в процессе длительной эксплуатации / Р. Б. Туктаров, В. П. Мельникова, Р. Д. Пасовец, Л. Н. Мазнева, Д. А. Греков, Л. Н. Горностаева // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 1 (73). С. 92-96.

10. Система комбинированного орошения / В. В. Бородычев, М. Ю. Храбров, В. К. Губин, Н. Г. Колесова, Т. С. Акимова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 1 (41). С. 201-210.

11. Слабунова А. В., Клишин И. В. Техническое состояние оросительных систем Ростовской области // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 3 (75). С. 24-29.

12. Современные оценки неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения на Нижней Волге / В. А. Шевченко, В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, Ю. И. Сухарев // Природообустройство. 2020. № 2. С. 6-13.

13. Харитонова А. Е. Статистический анализ состояния и использования сельскохозяйственных угодий в России // Экономика сельского хозяйства России. 2016. № 2. С. 62-67.

14. 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.

15. Частные землепользования в России и за рубежом, перспективы их рационализации и оптимизации / А. С. Овчинников, Е. А. Литвинов, Ю. И. Васильев, С. Ю. Турко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2 (42). С. 282-290.

16. Щедрин В. Н., Колганов А. В., Чураев А. А. Подходы к определению технического уровня мелиоративных систем и обоснование поколений их развития // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 3 (7). С. 28-51.

17. Effect of polymer materials on soil structure and organic carbon under drip irrigation / X. Tian, H. Fan, Y. Li, M. An, F. Zhang, K. Wang, J. Wang, S. Feng, J. Ippolito // Geoderma. 2019. V. 340. P. 94-103.

18. Implementing block-chain technology in irrigation systems that integrate photovoltaic energy generation systems / F. M. Enescu, N. Bizon, A. G. Mazare, G. Șerban, M. S. Raboaca, A. Onu, P. Thounthong // Sustainability. 2020. V. 12. Iss. 4. P. 1540.

19. Li S., Chu Y. Application research of automatic control technology in agricultural machinery // Revista de la Facultad de Agronomia. 2019. V. 36. Iss. 4. P. 1106-1115.

20. Reducing losses in earthen agricultural water conveyance and distribution systems by employing automatic control systems / S. Barkhordari, S. M. Hashemy Shahadany, S. Taghvaeian, A. R. Firoozfar, J. M. Maestre // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. V. 168. P. 105-122.

21. Solar concentrators manufacture and automation / E. Kussul, T. Baydyk, A. E. Estrada, M. T. R. González, D. Wunsch // Open Physics. 2019. V. 17. Iss. 1. P. 93-103.

Conclusions. The use of the proposed concept of segmental reconstruction of the irrigation and drainage system makes it possible to quickly solve the urgent problems of development and commissioning for a long time, unused, former reclaimed lands with full restoration of irrigation and drainage functions. The proposed reconstruction options allow solving this problem at the modern level, using the latest achievements in the field of technology and reclamation technologies.

Reference

1. Analiz ispol'zovaniya potentsiala oroshaemogo zemledeliya na primere Yuzhnogo Federal'nogo okruga / A. A. Ugryumova, M. P. Zamahovskij, L. E. Pautova, L. M. Tyurina // Regional'naya jkonomika: teoriya i praktika. 2018. Vol. 16. № 11 (458). P. 2075-2091.
2. Balakaj G. T., Kupriyanova S. V. Tehnicheskoe sostoyanie meliorativnyh sistem Rossii i predlozheniya po ih vosstanovleniyu // Puti povysheniya jffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2020. № 1 (77). P. 5-9.
3. Dubenok N. N., Majer A. V. Razrabotka sistem kombinirovannogo orosheniya dlya poliva sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1 (49). P. 9-19.
4. K voprosu sozdaniya jlektronnyh baz dannyh po tipovym proektnym resheniyam meliorativnyh sistem i sooruzhenij / V. N. Schedrin, V. I. Korzhov, A. A. Belousov, A. V. Shevchenko, T. V. Matvienko, A. B. Belousov // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2019. № 2 (34). P. 121-136.
5. Kozhanov A. L., Voevodin O. V. K voprosu razrabotki jnergojffektivnyh orositel'nyh sistem novogo pokoleniya // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2015. № 3 (59). P. 62-65.
6. Lipski S. A. Federal'nye celevye programmy v oblasti melioracii zemel' i sovremennoe sostoyanie meliorativnogo fonda // Vestnik Moskovskogo finansovo-yuridicheskogo universiteta. 2019. № 3. S. 45-55.
7. Nikiforova E. O. Mery po vovlecheniyu v oborot neispolz'zuemyh sel'skohozyajstvennyh ugodij // Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika. 2016. № 8. P. 133-142.
8. O rekonstrukcii i modernizacii meliorativnyh sistem Ryazanskoj oblasti / P. N. Vanyushin, A. V. Kuzin, A. E. Morozov, A. V. Nefedov, N. A. Ivannikova // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva. 2019. № 1 (41). P. 5-12.
9. Ocenka izmeneniya sostoyaniya oblicovochnyh pokrytij otkosov orositel'nyh kanalov, nakhodyaschihsya v processe dlitel'noj jekspluatacii / R. B. Tuktarov, V. P. Mel'nikova, R. D. Pasovec, L. N. Mazneva, D. A. Grekov, L. N. Gornostaeva // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2019. № 1 (73). P. 92-96.
10. Sistema kombinirovannogo orosheniya / V. V. Borodychev, M. Yu. Hrabrov, V. K. Gubin, N. G. Kolesova, T. S. Akimova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 1 (41). P. 201-210.
11. Slabunova A. V., Klishin I. V. Tehnicheskoe sostoyanie orositel'nyh sistem Rostovskoj oblasti // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2019. № 3 (75). P. 24-29.
12. Sovremennye ocenki neispolz'zuemyh zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya na Nizhnej Volge / V. A. Shevchenko, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, Yu. I. Suharev // Prirodoobustroystvo. 2020. № 2. p. 6-13.
13. Haritonova A. E. Statisticheskij analiz sostoyaniya i ispol'zovaniya sel'skohozyajstvennyh ugodij v Rossii // jkonomika sel'skogo hozyajstva Rossii. 2016. № 2. P. 62-67.
14. Hlystun V. N., Murasheva A. A., Stolyarov V. M. Konceptual'nye podhody k razrabotke i realizacii programmy vovlecheniya v oborot neispolz'zuemyh sel'skohozyajstvennyh zemel' // jkonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayuschih predpriyatij. 2020. № 5. P. 2-11.
15. Chastnye zemlepol'zovaniya v Rossii i za rubezhom, perspektivy ih racionalizacii i optimizacii / A. S. Ovchinnikov, E. A. Litvinov, Yu. I. Vasil'ev, S. Yu. Turko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 2 (42). P. 282-290.
16. Schedrin V. N., Kolganov A. V., Churaev A. A. Podhody k opredeleniyu tehničeskogo urovnya meliorativnyh sistem i obosnovanie pokolenij ih razvitiya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2012. № 3 (7). P. 28-51.
17. Effect of polymer materials on soil structure and organic carbon under drip irrigation / X. Tian, H. Fan, Y. Li, M. An, F. Zhang, K. Wang, J. Wang, S. Feng, J. Ippolito // Geoderma. 2019. V. 340. P. 94-103.

18. Implementing block-chain technology in irrigation systems that integrate photovoltaic energy generation systems / F. M. Enescu, N. Bizon, A. G. Mazare, G. Șerban, M. S. Raboaca, A. Onu, P. Thounthong // Sustainability. 2020. V. 12. Iss. 4. P. 1540.

19. Li S., Chu Y. Application research of automatic control technology in agricultural machinery // Revista de la Facultad de Agronomia. 2019. V. 36. Iss. 4. P. 1106-1115.

20. Reducing losses in earthen agricultural water conveyance and distribution systems by employing automatic control systems / S. Barkhordari, S. M. Hashemy Shahadany, S. Taghvaeian, A. R. Firoozfar, J. M. Maestre // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. V. 168. P. 105-122.

21. Solar concentrators manufacture and automation / E. Kussul, T. Baydyk, A. E. Estrada, M. T. R. González, D. Wunsch // Open Physics. 2019. V. 17. Iss. 1. P. 93-103.

Authors Information:

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

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

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

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

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

Информация об авторах:

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

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

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

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

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-32

ASSESSMENT OF THE PROSPECTS OF USING CONCRETE CANVAS AS A FACING MATERIAL FOR COVERING IRRIGATION CANALS

F.K. Abdrazakov, A.A. Rukavishnikov

Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov, Russia

Received 22.07.2020

Submitted 25.10.2020

Summary

The article presents the results of a laboratory experiment to determine the water permeability of facing materials. The results of the research showed that all the studied facing materials can and should be used for lining irrigation channels, taking into account the individual characteristics of irrigation canals.

Abstract

Introduction. The expansion of theoretical and practical knowledge in the field of lining irrigation canals with modern lining materials along with traditional concrete lining is an important task for hydraulic engineering. Facing material - concrete canvas, appeared relatively recently in 2013. These

facing materials are characterized by highly effective properties that can reduce the construction process, reduce costs, eliminate water filtration from the irrigation canal, improve environmental friendliness, and also intensify the technology of building irrigation canals. **Object.** The object of research is a concrete canvas. **Materials and methods.** The study was conducted at the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. The experiment included empirical and experimental-theoretical methods. **Results and Conclusions.** A laboratory experiment has shown that the concrete sheet has a low moisture absorption rate in comparison with the control material - concrete lining. As a result of the experiment, conclusions were drawn about the admissibility of using a concrete canvas as an anti-filtration facing material on distribution irrigation canals.

Key words: *reclamation, irrigation canal, construction and repair, canal lining, concrete canvas.*

Citation. Abdrazakov F. K., Rukavishnikov A. A. Assessment of the prospects for using concrete canvas as a facing material for covering irrigation canals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 327-339 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2020-04-32.

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

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

УДК 631.6

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕТОННОГО ПОЛОТНА В КАЧЕСТВЕ ОБЛИЦОВОЧНОГО МАТЕРИАЛА ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Ф. К. Абдразаков, доктор технических наук

А. А. Рукавишников, аспирант

Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова

Дата поступления в редакцию 22.07.2020

Дата принятия к печати 25.10.2020

Актуальность. Расширение теоретических и практических знаний в области облицовки оросительных каналов современными облицовочными материалами, наряду с традиционной бетонной облицовкой, является важной задачей для гидротехнического строительства. Облицовочный материал – бетонное полотно – появилось сравнительно недавно, в 2013 году. Данные облицовочные материалы характеризуются высокоэффективными свойствами, способны сократить строительный процесс, уменьшить затраты, исключить фильтрацию воды из оросительного канала, повысить экологичность, а также интенсифицировать технологии строительства оросительных каналов. **Объект.** Объектом исследования является бетонное полотно. **Материалы и методы.** Исследование проводилось в Саратовском ГАУ им. Н. И. Вавилова. Эксперимент включал в себя методы эмпирического и экспериментально-теоретического уровня. **Результаты и выводы.** Проведенный лабораторный эксперимент показал, что бетонное полотно имеет низкий показатель влагопоглощения в сравнении с контрольным материалом – бетонной облицовкой. По итогу эксперимента были сделаны выводы о допустимости использования бетонного полотна в качестве противотфильтрационного облицовочного материала на распределительных оросительных каналах.

Ключевые слова: *гидротехническое строительство, оросительные каналы, ремонт оросительных каналов, облицовка оросительных каналов, бетонное полотно.*

Цитирование. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Оценка перспективы использования бетонного полотна в качестве облицовочного материала для покрытия оросительных каналов. *Известия НВ АУК.* 2020. 4(60). 327-339. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-32.

Авторский вклад. Все авторы этого исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы этой статьи ознакомились и одобрили представленную окончательную версию.

Конфликт интересов. Авторы заявляют, что никакого конфликта интересов не существует.

Введение. Мелиоративный комплекс России сегодня составляет порядка 9,1 млн га мелиорированных земель, в числе которых орошаемых более 4,3 млн га и осушенных почти 4,8 млн га. Как известно, орошение было бы невозможно без использования оросительных каналов, являющихся частью оросительной системы. Оросительные каналы выполняют важнейшую функцию оросительной системы, а именно транспортировку оросительной воды к орошаемым землям. Однако необходимо отметить, что оросительные каналы, построенные в 60-80 годы прошлого века, имеют высокий 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 [2].

По данным ФГБУ «Управление» Саратовмелиоводхоз», постоянная оросительная сеть включает в себя 1205,5 километров открытых оросительных каналов, из которых 46,8 % в земляном русле и 53,2 % в облицованном. При этом 30 % постоянно действующей оросительной сети имеют значительный физический и моральный износ (повреждённая поверхность каналов, наносы, деформация плиточных швов). Средний показатель КПД оросительных каналов по Саратовской области имеет среднее значение 70 % [1, 2].

Данные показатели свидетельствуют о низкой гидравлической эффективности и значительных потерях водных ресурсов из оросительной сети не только в каналах с земляным руслом, но и с противофильтрационным покрытием [3-6].

В работах Ю. М. Косиченко, О. А. Баева и А. В. Ищенко описаны общие потери оросительной воды в оросительной системе и потери оросительной воды по участкам оросительной сети на примере Ростовской области и Ставропольского края (рисунки 1, 2) [10, 11].

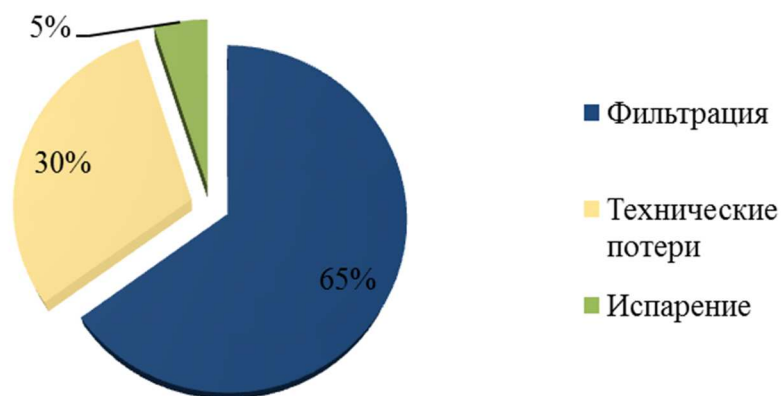


Рисунок 1 – Виды потерь оросительной воды

Figure 1 – Types of irrigation water losses

С учетом всех имеющихся методов и противофильтрационных облицовочных материалов потери на оросительных каналах остаются значительными, следовательно, необходимо использовать более совершенные материалы и технологии [8, 9].

Любой облицовочный материал определённо имеет свои плюсы и минусы, однако, если анализируемые материалы одинаково качественно выполняют свои функции, необходимо исходить из индивидуальных особенностей проекта и финансовых возможностей, при этом придерживаться одного из основных критериев – надежности [2, 5].

Традиционная бетонная облицовка однозначно являлась лучшим облицовочным материалом, так как бетонные плиты обеспечивают основное требование, предъявляемое к оросительным каналам – надежность, а также они снижают фильтрацию ороси-

тельной воды. Известные ученые в области гидравлических и фильтрационных исследований, технологического совершенствования, интенсификации мелиоративного производства (Абдразаков Ф. К., Баев О. А., Ищенко А. В., Косиченко Ю. М., Пахомов А. А., Ходяков Е. А., и т.д.) в своих работах отмечали надежность и долгий срок службы оросительных каналов, облицованных бетонными плитами. Однако технический прогресс в области облицовочных материалов сделал шаг вперед, и появились такие материалы, как бетонное полотно, геомембрана, бентонитовые маты и т.д., не уступающие по многим параметрам, а по некоторым, – превосходящие традиционные материалы [7, 10, 12-14, 16-19].

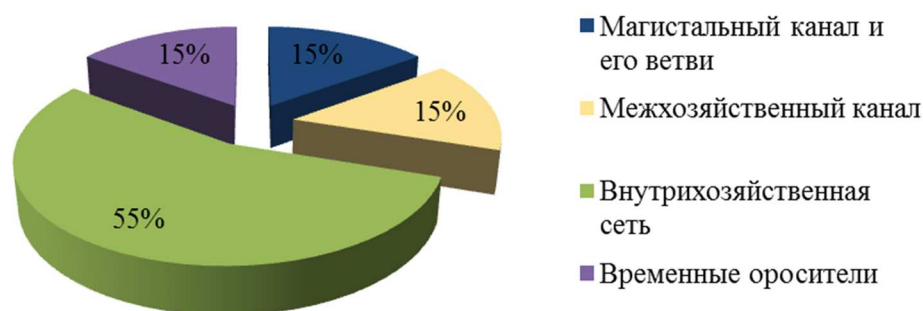


Рисунок 2 – Потери оросительной воды по разным участкам оросительной сети

Figure 2 – irrigation water losses in different sections of the irrigation network

Распределительные каналы оросительной сети не имеют таких высоких требований, как магистральные каналы, и скорость потока в них невысока, соответственно для облицовки данных каналов необходимо выбирать наилучшие варианты облицовочных материалов, в зависимости от индивидуальных особенностей проекта [4, 5, 8, 12].

Предлагается использовать для строительства и проведения текущего ремонта облицовочный материал, не включающий в себя крупный и затратный строительный процесс, а, наоборот, ускоряющий его. Таким материалом является бетонное полотно.

Одним из важных условий реализации данного предложения является способность бетонного полотна противостоять фильтрации оросительной воды не хуже бетонных облицовочных плит.

При проведении анализа использовались данные из открытых источников для бетонной облицовки и данные, заявленные производителем бетонного полотна на основе проводимых им экспериментов. В сравнительном эксперименте участвовал средний по толщине марочный вариант бетонного полотна СС8 (бетонное полотно марки СС8) и канальная плита ПКН (плита крепления с арматурой в напряженном состоянии) (таблица 1).

Целью исследования является оценка перспективы использования бетонного полотна в качестве облицовочного материала для оросительных каналов.

Материалы и методы. При проведении исследований использовался метод эмпирического познания, который послужил синтезом для теоретического анализа литературы дедуктивным методом. В работе применялся физический и естественнонаучный метод, при котором был смоделирован процесс взаимодействия оросительной воды с облицовочным покрытием канала, под действием силы тяжести.

Экспериментальная часть исследования была проведена с использованием бетонного полотна как основного элемента эксперимента и бетонной облицовки как контрольного материала. Эксперимент включал в себя исследование водопроницаемости

бетонного полотна благодаря искусственно созданным условиям. Смоделировать весь оросительный канал мы не можем, соответственно мы моделируем только действие силы тяжести на образец бетонного полотна в виде оросительной воды, а именно область, закрытую цилиндром, и глубину канала (2 метра), прямой контакт воды и облицовочного материала, и соответственно силу тяжести (рисунок 3).

Эксперимент заключался в оценке перспективы использования бетонного полотна в качестве противофильтрационного облицовочного материала. Оценив противофильтрационные качества бетонного полотна в соответствии с контрольным материалом – бетонной облицовкой, можно будет сделать вывод о возможности или невозможности применения бетонного полотна как облицовочного материала.

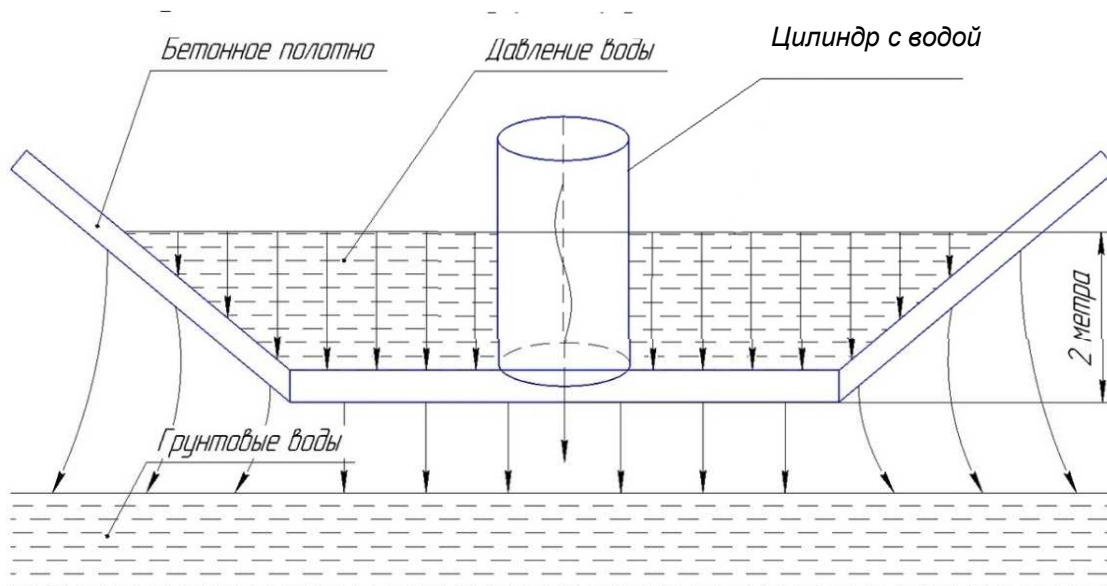


Рисунок 3 – Искусственно созданные условия эксперимента

Figure 3 – Artificially created experimental conditions

Для проведения эксперимента было подготовлено: бетонное полотно, бетонная плита; двухметровый цилиндр диаметром 15 см, строительный герметик для герметизации основания; трапециевидное или прямоугольное основание для укладки образца и установки цилиндра перпендикулярно основанию бетонного полотна, полиэтиленовый отрезок для закрытия верхнего отверстия цилиндра.

Бетонное полотно (марки СС8) было заказано на предприятии United Concrete Canvas Russia (г. Москва), напрямую работающем с разработчиками бетонного полотна в Великобритании. Далее образец был увлажнен необходимым объемом воды (3,5 литра на 1 кв. м материала по заявленным требованиям разработчиков). Через 10 суток материал набрал необходимые характеристики для проведения эксперимента.

Бетонная плита была подготовлена самостоятельно в специально подготовленной форме. Состав бетонной смеси для эксперимента (портландцемент М500, крупный и мелкий заполнитель, вода).

Эксперимент проводился в несколько этапов:

Первый этап включал подготовку материалов. Для этого мы увлажнили бетонное полотно и подождали сутки для перехода материала в бетонное состояние.

Второй этап – сбор установки. Для этого мы установили прямоугольное или трапециевидное основание, на которое укладывается бетонное полотно. Стоит отметить, что основание должно быть полусквозное, это необходимо при протечке. Далее на

основание было уложено затвердевшее бетонное полотно. На образец был установлен мерный цилиндр перпендикулярно основанию высотой 2 метра и диаметром 15 см. Следующим шагом закрепили цилиндр на бетонном полотне для стойкости трубы и герметизации основания с помощью герметика или строительной мастики. Под установку был положен чистый лист бумаги, при наличии видимых утечек воды. Заключительным шагом данного этапа являлось заполнение цилиндра водой. Структура установки представлена на рисунке 4.

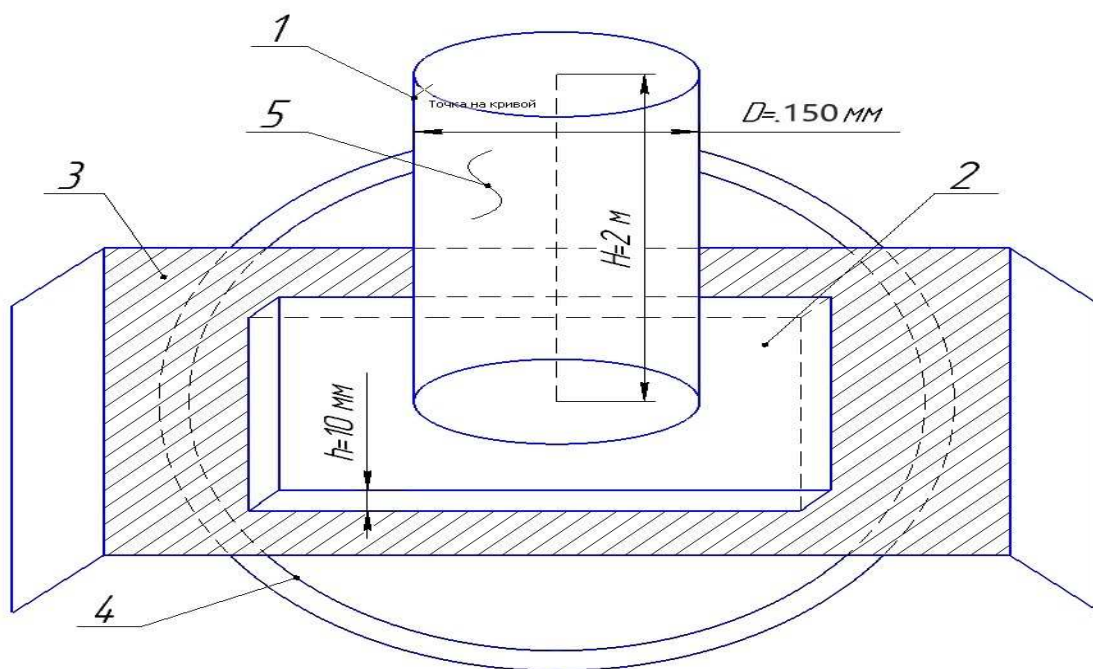


Рисунок 4 – Установка для проведения эксперимента в рабочем состоянии:

- 1 – цилиндр, 2 – образец бетонного полотна или бетонной плиты,
3 – основание для укладки бетонного полотна, 4 – ёмкость для замера
фильтрационных потерь, 5 – вода

Figure 4 – Installation for conducting the experiment in working condition:

- 1 – cylinder, 2 – sample of concrete web or concrete slab, 3 – base for laying concrete web, 4 – container for measuring filtration losses, 5 – water.

Третий этап – наблюдение и регистрация данных. Наблюдение за изменением объёма воды и состоянием установки в динамике. Отчет в динамике и запись в журнал учёта заносился через промежутки времени:

- через 1 час после запуска установки;
- через 12 часов после запуска установки;
- через сутки после запуска установки;
- через двое суток после запуска установки;
- через четверо суток после запуска установки;

Четвертый этап включал анализ всех зарегистрированных данных посредством построения графиков, таблиц и расчетов по проведённому эксперименту.

Эксперимент проводился 4 дня, без учета подготовительного этапа.

Результаты исследования. Нами были подготовлено два материала для проведения эксперимента – бетонное полотно и бетонная плита, на фотографиях ниже представлены установки для проведения эксперимента (рисунки 5, 6).



Рисунок 5 – Установка с бетонным полотном

Figure 5 – Installation with concrete canvas



Рисунок 6 – Установка с бетонной плитой

Figure 6 – Installation with concrete slab

Каждый период регистрации данных о снижении уровня воды записывался на верхней кромке цилиндра в соответствии с поставленными условиями. Полученные результаты отражены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты эксперимента водопроницаемости бетонной подушки

Table 1 – Results of the concrete cushion water permeability experiment

Время замера / the time of measurement	Результат / Result	Снижение уровня воды (см) / Low- ering the water level (cm)	Причина / Reason
Через 1 час / After 1 hour	Количество воды осталось неизменным / The amount of water remained unchanged	0,3	Бетонная подушка впитывает воду / Concrete pad absorbs water
Через 12 часов / In 12 hours	Наглядные потери воды / Visual loss of water	2	Бетонная подушка впитывает воду / Concrete pad absorbs water
Через 24 часа / In 24 hours	Большие потери воды / Large water losses	4,1	Бетонная подушка впитывает воду / Concrete pad absorbs water
Через 48 часов / In 48 hours	Значительные потери воды / Significant water loss	6,5	Бетонная подушка впитывает воду / Concrete pad absorbs water
Через 96 часов / In 96 hours	Значительные потери воды / Significant water loss	12,5	Бетонная подушка впитывает воду / Concrete pad absorbs water

Таблица 2 – Результаты эксперимента водопроницаемости бетонного полотна

Table 2 – Results of the concrete bed water permeability experiment

Время замера / the time of measurement	Результат / Result	Снижение уровня воды (см) / Low- ering the water level (cm)	Причина / Reason
Через 1 час / After 1 hour	Количество воды осталось неизменным / The amount of water remained unchanged	-	Герметичный слой не позво- лил произойти утечке воды / The sealed layer prevented water leakage
Через 12 часов / In 12 hours	Незначительные потери воды / Minor loss of water	0,4	Бетонное полотно начало впи- тывать влагу / The concrete began to absorb moisture
Через 24 часа / In 24 hours	Незначительные потери воды / Minor loss of water	1,2	Испарение воды и впитывание влаги образцом / Water evapora- tion and moisture absorption by the sample
Через 48 часов / In 48 hours	Незначительные потери воды / Minor loss of water	2	Испарение воды и насыщение образца влагой / Evaporation of water and saturation of the sam- ple with moisture
Через 96 часов / In 96 hours	Утечка воды через основа- ние отсутствуют / There are no water flows through the base	2,6	Испарение воды и насыщение образца влагой / Evaporation of water and saturation of the sam- ple with moisture

Проведенный лабораторный эксперимент доказывает высокую эффективность бетонного полотна относительно водопроницаемости. Снижение уровня воды для бетонного полотна не существенны по сравнению с бетонной подушкой, соответственно можно считать, что данный материал будет лучшим при решении вопроса фильтрации воды из оросительного канала.

По результатам сравнительного анализа двух таблиц была построена диаграмма (рисунок 7).

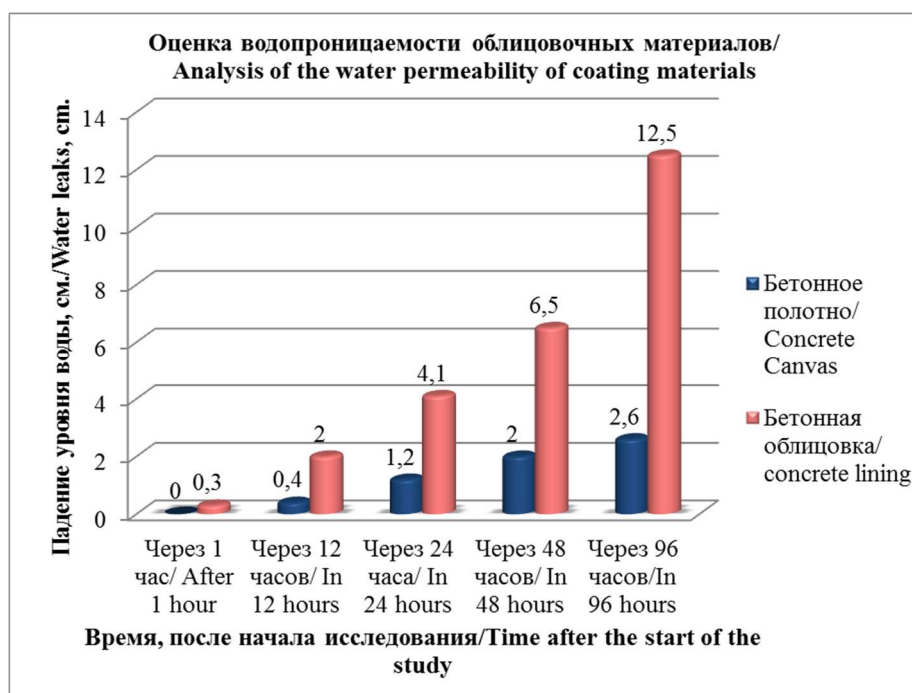


Рисунок 7 – Результаты проведения сравнительно эксперимента водопроницаемости облицовочных материалов

Figure 7 – Results of a comparative experiment of water permeability of facing materials

После того, как мы получили данные о водопроницаемости см/сутки мы можем определить коэффициент скорости фильтрации.

Коэффициент фильтрации – это параметр, характеризующий проницаемость грунтов в отношении фильтрации воды при полном насыщении, численно равный скорости фильтрации при единичном градиенте напора.

Нами был определён общий объем (в литрах) цилиндра по формуле.

Объем воды в исследуемом цилиндре был найден по общеизвестной формуле и равен 35,34 литра.

Коэффициент скорости фильтрации для каждого облицовочного материала рассчитывается как отношение объема воды ко времени изучаемого процесса (таблица 3).

Таблица 3 – Коэффициент скорости фильтрации

Table 3 – Calculation of the filtration rate coefficient

Экспериментальный образец/ Experimental sample	Время (секунд)/ Time (seconds)	Объем (литров)/ Volume (liters)	Коэффициент скорости фильтрации (л/с)/ The ratio of the rate of filtration (l/s)
Бетонное полотно/Concrete canvas	86400	0,21	2,43055555555E-6
	172800	0,35	2,02546296296 E-6
	345600	0,46	1,33101851851 E-6
Бетонная плита/Concrete bed	86400	0,72	8,33333333333E-6
	172800	1,15	6,65509259259 E-6
	345600	2,21	6,39467592592 E-6

*примечание: E — экспонента (от англ. «exponent»), означающая « $\cdot 10^{\wedge}$ » («...умножить на десять в степени...») [15].

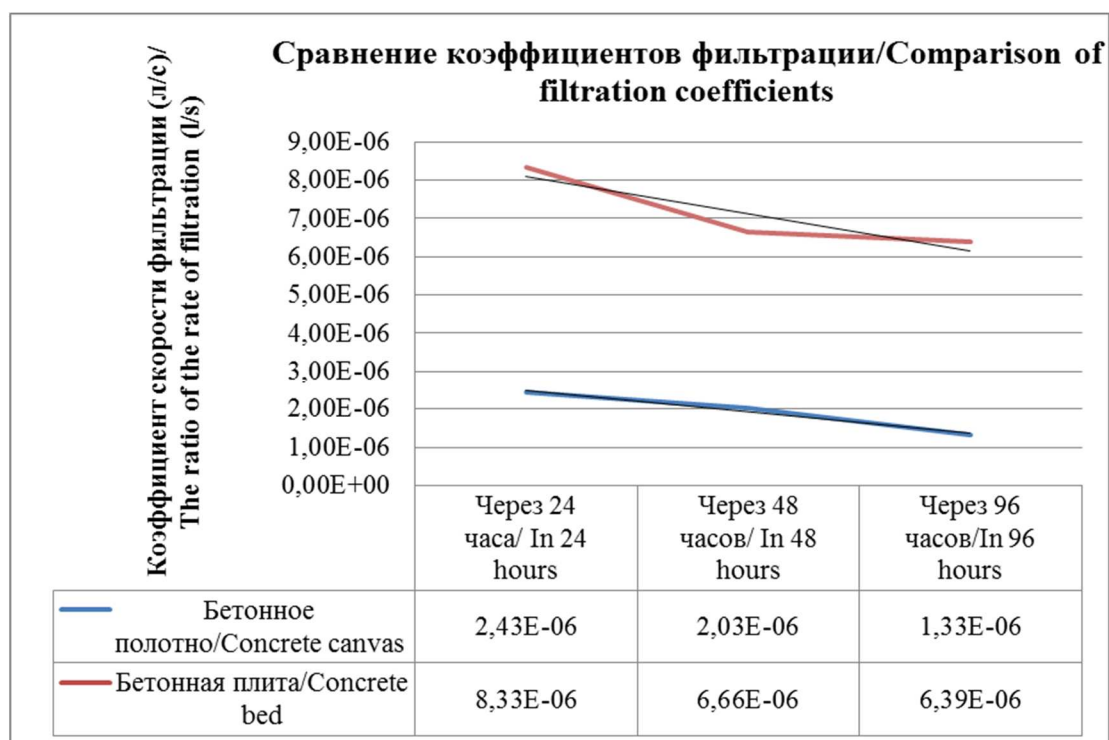


Рисунок 8 – Результаты сравнения коэффициентов скорости фильтрации облицовочных материалов

Figure 8 – Results of comparison of filtration rate coefficients of facing materials

Однако облицовочный материал должен быть не только стойким к фильтрации, но также гарантировать надежность и безопасность оросительного канала. В соответствии с этим нами был проведен сравнительный анализ бетонного полотна и бетонной облицовки (таблиц 4) [1, 18].

Таблица 4 – Сравнительный анализ характеристик облицовочных материалов

Table 4 – Comparative analysis of the characteristics of facing materials

Показатель/ Indicator	Бетонное полотно CC8 / Concrete canvas CC8	Бетонная облицовка ПКН. 60.20 / The concrete lining of PKN. 60.20
Стоимость 1м ² , рублей / Cost of 1m ² , rubles	1424	939
Масса 1м ² , кг / Weight of 1m ² , kg	9,2	150
Скорость укладки 1м ² , в день / Laying speed m ² , per day	800	80
Приобретение 80% необходимой прочности, часов / Purchase of 80% of the required strength, hours	24	72
Приобретение марочной прочности необхо- димой, часов / Purchase of the necessary brand strength, hours	240	672
Морозостойкость, циклов / Frost resistance, cycles	250	400
Прочность, Мпа / Strength, MPa	40,21	44,95
Коэффициент Шези / The Coefficient Sesi	0,011	0,013
Срок эксплуатации, лет / Service life, years	50 лет/ years	50 лет/ years

Анализ бетонного полотна марки СС8 (бетонное полотно толщиной 8 мм) и бетонной облицовки ПКН 60.20 (плиты облицовки канала, предварительно напряженные арматурой с параметрами 6000 мм длина, 2000 мм ширина и 60 мм. высота) показал, что бетонное полотно уступает по показателям морозостойкости и стоимости материала, при этом сохраняя конкурентные качества по показателям мобильности, скорости укладки и приобретения марочной прочности.

Стоимость бетонного полотна, учитывая только затраты на приобретение материала, действительно выше, однако если рассматривать строительный процесс полностью, то общая стоимость приведённых затрат на логистику, аренду и использование тяжелой техники, оплату бригад рабочих и т.д. будет ниже по сравнению с бетонной облицовкой.

По итогу проведённого эксперимента нами были получены результаты, доказывающие эффективность бетонного полотна марки СС8 (бетонное полотно толщиной 8 мм) относительно водопроницаемости бетонных покрытий и соответственно данный материал можно рассматривать как облицовочное покрытие для распределительных каналов хозяйственного и межхозяйственного назначения. При этом коэффициент скорости фильтрации бетонной плиты выше, чем бетонного полотна в 4 раза по итогу всех замеров.

Вывод. На основании проведенного лабораторного эксперимента водопроницаемости облицовочных материалов были получены следующие результаты: бетонное полотно в 4 раза эффективнее сопротивляется фильтрации, средний уровень снижения воды в цилиндре 1,93 см, а для бетонной облицовки – 7,7 см. Также были рассчитаны коэффициенты скорости фильтрации для бетонного полотна и бетонной плиты, относительно нашего эксперимента. По итоговому замеру (через 96 часов) коэффициент скорости фильтрации равен 1,33101851851E-6 л/с для бетонного полотна и 6,39467592592E-6 л/с для бетонной облицовки соответственно. Сравнительный анализ показал, что бетонное полотно уступает по показателям морозостойкости, прочности и стоимости материала, однако по показателям скорости облицовки, приобретения марочной прочности, наименьших фильтрационных потерях и простоты выполнения работ в короткие сроки данный материал будет востребован. Таким образом, на основе проведенного эксперимента и сравнительного анализа характеристик допускается использование бетонного полотна в качестве облицовочного материала на распределительных оросительных каналах.

Библиографический список

1. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Исключение непроизводительных потерь водных ресурсов из оросительной сети за счёт использования инновационных облицовочных материалов // Аграрный научный журнал. 2019. № 12. С. 35-38.
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. Бандурин М. А. Необходимость системы постоянного мониторинга водопроводящих сооружений для рационального водопользования на юге России // ИВД. 2016. № 2 (41). С. 82-99.
4. Бандурин М. А. Совершенствование методов продления жизненного цикла технического состояния длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений // ИВД. 2013. № 1 (24). С. 22-28.
5. Васильев С. М., Коржов В. И., Коржов И. В. Средства и методики измерений на мелиоративных и водохозяйственных системах: учебник для аспирантов по направлениям 35.06.01 «Сельское хозяйство», 08.06.01 «Техника и технологии строительства». Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. 254 с.
6. Волинов М. А., Жезмер В. Б., Сидорова С. А. Методы анализа и обработки данных мониторинга гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса // Природообустройство. 2017. № 1. С. 79-87.

7. Гарбуз А. Ю. Экспериментальные исследования водопроницаемости локальных повреждений бетонных облицовок каналов // Экология и водное хозяйство. 2020. № 1 (4). С. 76-88.
8. Карпенко Н. П., Юрченко И. Ф. Классификация мероприятий безопасной эксплуатации мелиоративных систем // Природообустройство. 2016. № 1. С. 58-62.
9. Классификация мелиоративных мероприятий и работ / С. М. Васильев, В. Н. Щедрин, В. В. Слабунов, А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин, А. С. Штанько, С. Л. Жук. Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПМ», 2019. 39 с.
10. Косиченко Ю. М., Баев О. А., Ищенко А. В. Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных системах // ИВД. 2014. № 3. С. 3-16.
11. Косиченко Ю. М., Гарбуз А. Ю. Гидравлическая модель водопроницаемости бетонной облицовки при длительной эксплуатации канала // Природообустройство. 2018. № 4. С. 30-40.
12. Ольгаренко Д. Г. Технический уровень и эффективность эксплуатации мелиоративных систем // Научный журнал РосНИИПМ. 2015. № 4 (20). С. 287-295.
13. Погоров Т. А. Современное состояние комплекса машин по уходу за оросительными каналами и перспективы его развития // Научный журнал РосНИИПМ. 2013. № 2 (10). С. 201-214.
14. Ходяков Е. А., Ляшенко Е. А. Защита оросительных каналов от фильтрации листовыми полимерными материалами // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2016. № 2(24). С. 14-15.
15. Экспоненциальная запись [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Экспоненциальная_запись (дата обращения: 14.10.2020).
16. Choriev J. M., Bakiev M. R. Mobile water measuring weir with rectangular opening for farmlands // European science review. 2016. № 9-10.
17. Fatkhullaev A. M., Arifjanov A. M. Optimization of hydraulic parameters of irrigation canals in earthen channel // European science review. 2016. № 9-10.
18. Intensification of melioration through decreasing maintenance load on irrigation canals / F. K. Abdrazakov, A. A. Rukavishnikov, A. V. Povarov, Y. E. Trushin. // International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE-2019). 2019. Vol. 140.
19. Samiev L. N., Arifjanov A. M. Hydraulic calculation of changeable irrigation sediment reservoir // European science review. 2016. № 11-12.

Conclusion. Based on the conducted laboratory experiment of water permeability of facing materials, the following results were obtained: the concrete web resists filtration 4 times more effectively, the average level of water reduction in the cylinder is 1.93 cm, and for concrete facing 7.7 cm. Filtration rate coefficients were also calculated for the concrete bed and concrete slab, relative to our experiment. According to the final measurement (after 96 hours), the filtration rate coefficient is $1.33101851851 \text{ E-6 l/s}$ for the concrete bed and $6.39467592592 \text{ E-6 l/s}$ for the concrete lining, respectively. Comparative analysis showed that the concrete web is inferior in terms of frost resistance, strength and cost of the material, but in terms of the speed of facing, the acquisition of branded strength, the lowest filtration losses and ease of work in a short time, this material will be in demand. Thus, on the basis of the conducted experiment and comparative analysis of characteristics, it is allowed to use the concrete web as a facing material on distribution irrigation canals.

Reference

1. Abdrazakov F. K., Rukavishnikov A. A. Exclusion of unproductive losses of water resources from the irrigation network due to the use of innovative facing materials // Agrarian scientific journal. 2019. No. 12. P. 35-38.
2. Abdrazakov F. K. resource-saving technologies and machines for the intensification of reclamation production // Saratov: Saratov state agrarian University named after N. I. Vavilov, 2019. 164 p.

3. Bandurin M. A. the Need for a system of continuous monitoring of water supply structures for rational water use in the South of Russia // IVD. 2016. No. 2 (41). Pp. 82-99.
4. Bandurin M. A. Improvement of methods for extending the life cycle of the technical condition of long-operated water supply structures // IVD. 2013. № 1 (24). Pp. 22-28.
5. Vasiliev S. M., Korzhov V. I., Korzhov I. V. Means and methods of measurements on land reclamation and water management systems: textbook for post-graduate students in the areas of 35.06.01 "Agriculture", 08.06.01 "Engineering and construction technologies". Novocherkassk: Rosniipm, 2019. 254 p.
6. Volynov M. A., Zhezmer V. B., Sidorova S. A. Methods of analysis and processing of monitoring data for hydrotechnical structures of meliorative complex // Environmental engineering. 2017. No. 1. Pp. 79-87.
7. Garbuz A. Y. Experimental studies of water permeability of local damages of concrete channel linings // Ecology and water management. 2020. No. 1 (4). Pp. 76-88.
8. Karpenko N. P., Yurchenko I. F. Classification of measures for safe operation of reclamation systems // Environmental engineering. 2016. No. 1. Pp. 58-62.
9. Classification of reclamation measures and works / S. M. Vasiliev, V. N. Shchedrin, V. V. Slabunov, A. L. Kozhanov, O. V. Voevodin, A. S. Shtanko, S. L. Zhuk. Novocherkassk, 2019. 39 p.
10. Kosichenko Yu. M., Baev O. A., Ishchenko A. V. Modern methods of combating filtration in irrigation systems // IVD. 2014. No. 3. P. 3-16.
11. Kosichenko Y. M., Garbuz A. Y. Hydraulic model of water permeability of concrete facing during long-term operation of the channel // Environmental engineering. 2018. No. 4. Pp. 30-40.
12. Olgarenko D. G. Technical level and efficiency of operation of reclamation systems // Academic journal Rosnapi. 2015. No. 4 (20). Pp. 287-295.
13. Pogorov T. A. Current state of the complex of machines for irrigation canal care and prospects for its development // Scientific journal of Rosniipm. 2013. No. 2 (10). Pp. 201-214.
14. Khodyakov E. A., Lyashenko E. A. Protection of irrigation channels from filtration by sheet polymer materials // Modern science: current problems and ways to solve them. 2016. P. 14-15.
15. Exponential record [Electronic resource]: Wikipedia. Free encyclopedia. – Mode of access: https://ru.wikipedia.org/wiki/Exponential_recording (date of access: 14.10.2020).
16. Choriev J. M., Bakiev M. R. Mobile water measuring weir with rectangular opening for farmlands // European science review. 2016. № 9-10.
17. Fatkhullaev A. M., Arifjanov A. M. Optimization of hydraulic parameters of irrigation canals in earthen channel // European science review. 2016. № 9-10.
18. Intensification of melioration through decreasing maintenance load on irrigation canals / F. K. Abdrazakov, A. A. Rukavishnikov, A. V. Povarov, Y. E. Trushin. // International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE-2019). 2019. Vol. 140.
19. Samiev L. N., Arifjanov A. M. Hydraulic calculation of changeable irrigation sediment reservoir // European science review. 2016. № 11-12.

Authors Information

Abdrazakov Fyared Kinzhayevich, doctor of technical Sciences, Professor, Professor of the Department "nature management, construction and heat power engineering" of the Saratov state University named after N.I. Vavilov. tel. 8 -905-384-62-85, email address: abdrazakov.fk@mail.ru

Rukavishnikov Andrey Alekseevich, postgraduate student of Saratov state UNIVERSITY named after N.I. Vavilov. Tel. 8-961-647-87-19, e-mail: andrei_rukavishn@mail.ru

Информация об авторах

Абдразаков Фярид Кинжаевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Природообустройство, строительство и теплоэнергетика» Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. Тел. 8-905-384-62-85, e-mail: abdrazakov.fk@mail.ru

Рукавишников Андрей Алексеевич, аспирант Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. Тел. 8-961-647-87-19, e-mail: andrei_rukavishn@mail.ru

SCIENTIFIC ASPECTS OF TECHNICAL MODERNIZATION OF SPRAYERS FOR CHEMICAL PROTECTION OF SUNFLOWER

I.B. Borisenko^{1,2}, M. V. Meznikova¹, E. I. Ulybina^{1,3}

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia,*

²*Caspian research Institute of arid agriculture, Salt zaymishche village, Astrakhan region*

³*State Budget Professional Educational Institution*

«Sebryakovsky Technological College» Volgograd region, Russia

Received 03.10.2020

Submitted 02.12.2020

Abstract

Introduction. This article discusses the scientific aspects of the strip technology of sunflower cultivation, for chemical protection of the plants. By modernizing boom sprayers with the proposed new method of applying the solution to the plant. The purpose of this work is to analyze the lateral and horizontal spray cone of the working solution, taking into account the growth and development phase of sunflower, as well as the agrotechnical requirements for sprayers. The laboratory studies of the technological process of chemical treatment with the use of strip technology are considered and a technical solution is proposed to increase the efficiency of using the working solution due to rational distribution over the objects of influence and increasing the uniformity of its introduction. That is, using the method of strip chemical treatment of plants, it is possible to reduce the hectare rate of consumption of the working solution by redistributing them between the objects of influence (between the rows and the row with the cultivated plant) without reducing the rate of application of the working solution and the quality of treatment for the objects of influence ... In addition, maintain the spray cone geometry, regardless of the vertical oscillation of the sprayer boom, taking into account the reduction in the distance between the sprayer boom and plant tops. To prove this, it was necessary to study all the parameters of the spray cone. For this, several key indicators were identified that have a significant impact on the redistribution of the solution. These include: plant development phase, nozzle characteristics (spray cone, performance), nozzle angle (spray cone), fluid pressure in the system. In technological terms, depending on the phase of plant development and the current pathogenic situation, it is rational to direct working solutions according to the objects of influence. The technical solution consists in retrofitting a serial sprayer with two lines with spray nozzles along the lanes. And if continuous processing is required, then both lines are included. To reduce the cost of applying liquid chemicals and accurate redistribution along the strips and coverage of the entire surface of the stem and leaves in the vertical plane, spraying is carried out on both sides of the plant with side nozzles located above the row spacing and with oriented spray cones. **Materials and methods.** Measurements of the lateral and horizontal spray cone were carried out on a manufactured laboratory setup. **Results.** Based on the results, graphs of pressure dependence on the geometry of the lateral sides of the spray cone were constructed. An assessment of the dependence of the agrotechnical requirements for sprayers and the phase of plant growth is given. **Discussions and conclusion.** The proposed method is more efficient due to resource conservation and cost savings for plant protection products. The formation of a stable flow of the working solution is possible by reducing the vertical vibrations of the boom and, as a consequence, this leads to an improvement in the quality of spraying, all tiers of the sunflower leaf plate.

Key words: *modernization of sprayers, strip spraying, chemical plant protection, sprayer, nozzle, efficiency of using the working solution.*

Citation. Borisenko, I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. Scientific aspects of the technical modernization of the sprayers for chemical protection of sunflower. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4 (60). 340-349 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-33.

Author's contribution. All authors of this research study were directly involved in the development, planning and analysis of the obtained data. All authors have read and approved the received version of the article.

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

УДК 632.08.632.983.631.348.45

**НАУЧНЫЕ АСПЕКТЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ
ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПОДСОЛНЕЧНИКА****И. Б. Борисенко**^{1,2}, доктор технических наук, старший научный сотрудник**М. В. Мезникова**¹, кандидат технических наук, преподаватель**Е. И. Улыбина**^{1,3} соискатель¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия²Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия,
с. Соленое Займище, Астраханская область³Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Себряковский технологический техникум», Волгоградская обл., г. Михайловка, Россия

Дата поступления в редакцию 03.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. В данной статье рассматриваются научные аспекты полосовой технологии возделывания подсолнечника для химической защиты растений. За счет модернизации штанговых опрыскивателей с предложенным новым способом нанесения раствора на растение. Цель данной работы – провести анализ бокового и горизонтального конуса распыла рабочего раствора с учетом фазы роста и развития подсолнечника, а также агротехнических требований к опрыскивателям. Рассматриваются результаты лабораторных исследований технологического процесса химической обработки с применением полосовой технологии и предложено техническое решение для повышения эффективности использования рабочего раствора за счет рационального распределения по объектам воздействия и повышения равномерности его внесения. То есть, используя способ полосовой химической обработки растений, можно снизить гектарную норму расхода рабочего раствора, перераспределив их между объектами воздействия (междурядьем и рядком с культурным растением), не снижая нормы внесения рабочего раствора и качества обработки по объектам воздействия. Кроме того, сохранить геометрию конуса распыла, независимо от вертикальных колебаний штанги опрыскивателя с учетом снижения расстояния между штангой опрыскивателя и макушками растений. Чтобы это доказать, необходимо было изучить все параметры конуса распыла. Для этого выделили несколько ключевых показателей, которые оказывают существенное влияние на перераспределение раствора. К ним относятся: фаза развития растения, характеристики форсунок (конус распыла, производительность), угол наклона форсунки (конуса распыла), давление жидкости в системе. В технологическом плане, в зависимости от фазы развития растений и сложившейся патогенной ситуации, рационально направлять рабочие растворы по объектам воздействия. Техническое решение заключается в дооборудовании серийного опрыскивателя двумя магистралями с распыляющими форсунками по полосам. А если требуется сплошная обработка, то включаются обе магистрали. Для снижения затрат на внесение жидких средств химизации и точного перераспределения по полосам и охвата всей поверхности стебля и листьев в вертикальной плоскости с обеих сторон растения осуществляют распыление боковыми форсунками, расположенными над междурядьями и с ориентированными конусами распыла. **Материалы и методы.** Замеры бокового и горизонтального конуса распыла производились на изготовленной лабораторной установке. **Результаты.** По результатам построены графики зависимости давления на геометрию боковых сторон конуса распыла. Дана оценка зависимости агротехнических требований, предъявляемых к опрыскивателям, и фазы роста растения. **Обсуждение и выводы.** Предложенный способ более эффективен за счет ресурсосбережения и экономии затрат на СЗР. Формирование стабильного потока рабочего раствора возможно за счет снижения вертикальных колебаний штанги, и, как следствие, это приводит к улучшению качества опрыскивания всех ярусов листовой пластины подсолнечника.

Ключевые слова: модернизация опрыскивателей, полосовое опрыскивание, химическая защита растений, опрыскиватели, эффективность использования рабочего раствора.

Цитирование. Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Научные аспекты технической модернизации опрыскивателей для химической защиты подсолнечника. *Известия НВ АУК*, 2020. 4 (60). 340-349. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-33.

Авторский вклад. Все авторы данного научного исследования принимали непосредственное участие в разработке, планировании и анализе полученных данных. Все авторы ознакомились и одобрили полученный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Россия – аграрная страна, это подтверждается оперативными сводками Министерства сельского хозяйства РФ. Еженедельный обзор рынка конъюнктуры подсолнечника показывает, что с начала сезона 2019-2020 года наибольший объем экспорта приходится на семена подсолнечника и подсолнечное масло, их поставки составляют 1,22 млн т, что в 3,7 раза больше, чем годом ранее. Основными направлениями поставок этой продукции традиционно становятся такие страны, как Китай, Египет, Франция, Германия. Интерес этих стран к подсолнечнику российского производства обусловлен сбалансированной ценой и качеством продукции. Выдерживать баланс между ключевыми показателями, определяющими спрос на рынке культуры, помогает принята в 2017 году Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы. Целью программы является развитие новых технологий для достижения научных и научно-технических результатов и модернизированных технических средств, для получения высокопродуктивного производства для развития внутреннего рынка сельхозпродукции, увеличения ее качества и снижения затрат на производство. Новые технологии позволяют создавать новое экологически чистое и ресурсосберегающее производство. Исходя из цели Федеральной программы, производители подсолнечника ищут новые подходы и технологии к выращиванию данной культуры. Как известно, спрос определяет цена, на которую влияют три показателя: затраты, урожайность и качество продукции. Эти показатели зависят от новых технологических приемов выращивания культуры и технических средств, реализующих данные приемы, в частности защиту растений. Развитие новых технологий приводит к интенсивному использованию ресурсов, поэтому разработка новых технических средств должна обеспечить разумное их потребление и использование [2, 12].

Материалы и методы. Для достижения поставленной научной задачи в качестве изменения способа нанесения раствора на растение была смонтирована лабораторная установка, рабочим органом которой является трубка Dropleg с щелевыми форсунками на 65° и 80°. Лабораторная установка позволяет производить ряд исследований, направленных на определение производительности форсунок с течением времени при изменении давления в системе от 1 до 4 атм., производить замеры горизонтального конуса распыла форсунками с определением точки перегиба при сужении конуса распыла к поверхности. Установка позволяет изменять высоту вертикальной штанги в зависимости от фазы развития подсолнечника. А также изменять базовый угол наклона конуса распыла относительно вертикальной оси форсунки на 35°, 45°, 55°. Характерной особенностью установки является возможность наблюдать за точкой слияния потоков, направленных под углом навстречу друг другу. Для обработки параметров конуса распыла была составлена программа и методика испытаний согласно ГОСТ, составлены карты для фиксирования параметров исследования. В работе использовалась инструкция: технология опрыскивания версия для полевых опрыскивателей/ Hardi International. По полученным показаниям построены графики с помощью программы Excel. За фазой развития подсолнечника велись полевые наблюдения на протяжении всей фазы роста и развития подсолнечника со строгой периодичностью. Все замеры фиксировались на видео- и фотосъемку.

Результаты и обсуждение. Сегодня подсолнечник – это высокодоходная культура, и уровень ее рентабельности растет [5]. Но также – это культура, которая сильно восприимчива к болезням и вредителям, поэтому управление её фитосанитарным состоянием осуществляется за счет системы агротехнических требований, предъявляемых к опрыскивателям и средствам химической защиты растений (рисунок 1).



Рисунок 1 – Агротехнические требования, предъявляемые к опрыскивателям

Figure 1 – Agrotechnical requirements for sprayers

Оценивая работу опрыскивателей в соответствии с агротехническими требованиями, выделяют ряд существенных недостатков [3]. Так, обеспечение равномерной обработки подсолнечника без пропусков и пробелов раствором будет во многом зависеть от архитектурных особенностей развития культуры, которые сейчас не учитываются в полном объеме применяемых технологий. Сплошное опрыскивание не всегда удовлетворяет требованию оценки качества обработки верхних, нижних ярусов листовой пластины, обратной стороны листа и стебля подсолнечника. Сильное влияние на снижение качества опрыскивания оказывают вертикальные колебания штанги [4]. Это приводит к механическим повреждениям растения, недостаточности попадания рабочего раствора на объект обработки. Сегодня штанговые опрыскиватели представляют собой технические средства, в систему распыла которых входят форсунки с горизонтальным факелом распыла. Двигаясь по полю, штанговый опрыскиватель испытывает вертикальные колебания, которые приводят к неравномерному захвату и обработке полосы, в которой произрастает растение [9]. В результате приходится прибегать к повторным обработкам, хотя в этом нет необходимости. Некачественная обработка, как следствие, приводит к увеличению затрат, загрязнению почвы и потерям урожая, необходимости дооборудовать штанговые опрыскиватели межрядковыми устройствами для нижнего бокового распыла с учетом высоты растений. В совокупности недостатки и отклонения от агротехнических требований приводят к поиску новых способов нанесения рабочего раствора на растения. Поэтому, при очевидных преимуществах технологии стриптилл, одним из путей ее совершенствования является снижение химической нагрузки на почву за счет перераспределения и точного, полосового внесения по объектам воздействия [1]. Анализируя процесс и технологию полосового возделывания подсолнечника, стоит отметить, что в фазе развития 2-3 пар листьев целесообразно производить сплошное опрыскивание с одновременной обработкой междурядья. Но при достижении растения фазы развития 6-8 пар листьев сорная растительность будет угнетаться культурными растениями. При этом с развитием растения в основном вредители будут находиться на обратной стороне листа подсолнечника, и поэтому сплошная обработка не будет эффективной [6, 10]. В этой связи необходим поиск новых технических решений, обеспечивающих качественное опрыскивание без вреда для культуры и необоснованного загрязнения почвы [8, 11].

Новый подход был найден в качестве способа полосовой химической обработки растений, обеспечивающей перераспределение растворов по полосам для повышения равномерности нанесения раствора вне зависимости от вертикальных колебаний штанги. Технический результат данного способа обеспечивается за счет распыления над рядами растений боковыми форсунками с углами распыла 65° и 80°, ориентированными навстречу друг другу конусами распыла, при этом угол пересечения между их верхними краями составляет менее 180° [13]. Научные исследования нового способа, во-первых, направлены на изучение архитектурных особенностей фазы развития подсолнечника. Согласно таблице комплексной защиты подсолнечника, обработка производится и зависит от фазы развития, обусловленной ростом стебля и количеством пар листьев. Так, при росте до двух пар листьев проводится сплошная обработка защиты от сорняков, вредителей и болезней (рисунок 2).

Комплексная система защиты подсолнечника
(работа с опрыскивателем)/
Comprehensive sunflower protection system
(working with the sprayer)

Дни / Days	0	5	12	16	18-53	57	59-61	65-71	90-94
Высота растений, см / Plant height, cm	0	3	20	50	100	130	170	170	160
Назначение / Appointment	До посева / Before seeding	Прорастание / Germination	1 пара листьев / 1 pair of leaves	2-3 пары листьев / 2-3 pairs of leaves	4-6 пар листьев / 4-6 pairs of leaves	Бутонизация / Budding	Цветение / Flowering	Начало побурения корзинок / The beginning of the Browning of baskets	Полное созревание / Full maturation
1. Внесение почвенного гербицида / Application of soil herbicide	+								
2. Защита от сорняков / Protection from weeds		5		14	32-34				
3. Защита от вредителей / Protection from pests	+			14	40-44		60		
4. Защита от болезней / Protection from disease	+			16	40-44		60	70	
5. Листовая подкормка / Foliar application				16	36-38	57			
6. Десикация / Desiccation									90
№ операции / № operations	3	4		5,6	7,8,9	10	11	12	13
... сплошная обработка / solid processing ... обработка в междурядье / processing in the aisle ... обработка по культуре / processing by culture									

Рисунок 2 – Комплексная защита подсолнечника работы с опрыскивателем

Figure 2 – Comprehensive sunflower protection when working with a sprayer

Однако при достижении растением 50 см сплошную обработку нецелесообразно производить, так как строение верхних и нижних ярусов листьев будет перекрываться друг другом, а значит, качество обработки будет страдать. Для анализа

данного предположения были произведены замеры подсолнечника, зависимости роста стебля культуры от ширины слоев листьев верхних и нижних ярусов, и построен график (рисунок 3).

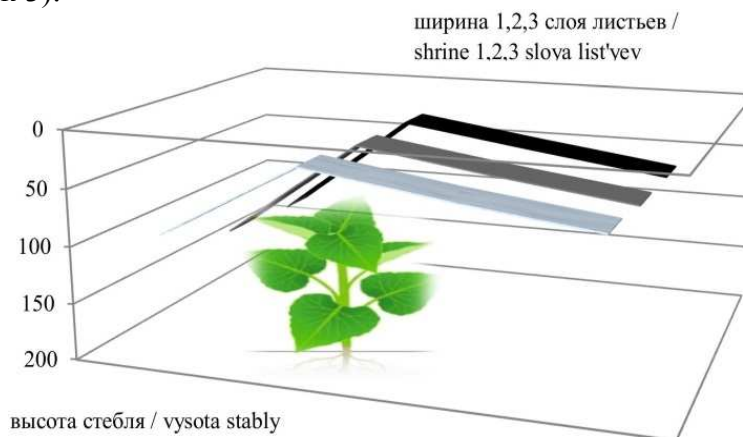


Рисунок 3 – Зависимости высоты стебля подсолнечника от ширины листьев по ярусам

Figure 3 – Dependences of the height of the stem of the sunflower on the width of the leaves along the row

Как видно из графика, верхние листья перекрывают нижние ярусы листьев, а значит, капли рабочего раствора на данной фазе развития подсолнечника не будут в достаточной степени попадать на стебель, обратную и внешнюю стороны листьев, прикрытые верхними ярусами. Все это будет приводить к развитию болезней и вредителей, меньшему питанию от ЖКУ и, в конечном итоге, гибели урожая. Поэтому на второй стадии научных исследований потребовалось изменить угол наклона оси конуса распыла от вертикали для форсунок с конусом распыла 80^0 и 65^0 . Исследования проводились для углов наклона оси конуса распыла на 35^0 , 45^0 и 55^0 . Изучено поведение верхних и нижних ветвей конуса распыла и определены зависимости влияния давления на геометрию боковых сторон конуса распыла (рисунок 4).

Экспериментальными исследованиями установлено, что форма конуса распыла сохраняется идентичной той, которая образуется при вертикальном распыле при отклонении потока от вертикальной оси форсунки на 0,6-0,8 м. Далее форма изменяется под действием гравитации и зависит от размера капель и интенсивности потока. При этом нижняя ветвь отклоняется от вертикальной оси в пределах от 80 до 190 мм. Соответственно, при слиянии двух противоположных потоков рабочий раствор переносится с необработанной части междурядья на обрабатываемую полосу (рисунок 5). Определение данного факта экспериментальным путем позволяет сделать вывод относительно уменьшения загрязнения междурядья химическими растворами. Комплексное решение задачи в части перераспределения раствора позволяет при постоянной норме вылива на растение, уменьшать расход гектарной нормы внесения рабочего раствора, а также снизить зависимость конуса распыла от влияния погодных условий, превращая его в более стабильный и равномерный распыл. Применение такой технологии и нового способа нанесения раствора на растение в будущем дает возможность оценить энергоэффективность и экономию рабочего раствора. С точки зрения практического подхода, на поле это будет выглядеть, как улучшение объема захвата растения при направлении оси конуса распыла под углом 45^0 , а значит, и улучшается покрытие боковых листьев культуры. Если говорить о процентном соотношении, то расстояние захвата покрытия увеличивается на 87,5 % [13].

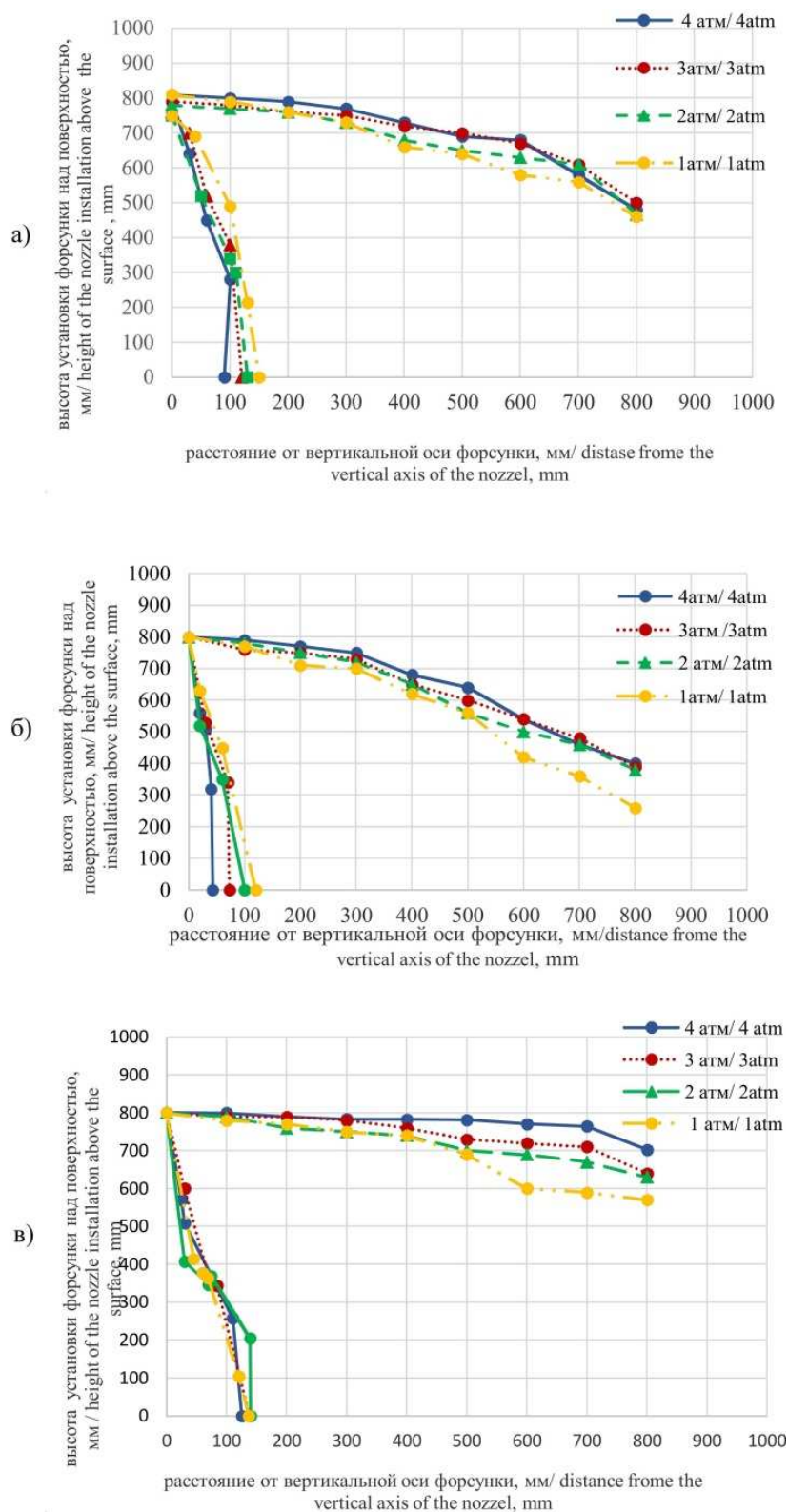


Рисунок 4 – Влияние давления на геометрию абриса конуса распыла в поперечной плоскости: а) для угла 35°; б) для 45°; в) для 55°

Figure 4 – Influence of pressure on the geometry of the spray cone outline in the transverse plane: a) for an angle of 35 °; b) for 45 °; c) for 55 °

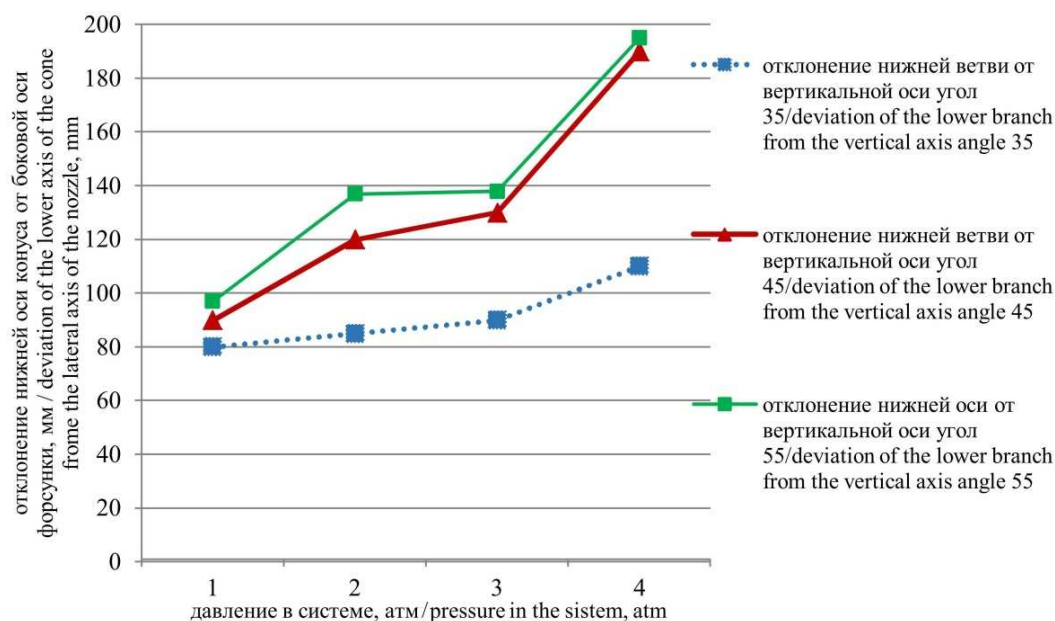


Рисунок 5 – Влияние отклонения нижней ветви конуса распыла от давления в системе при разных углах направления оси форсунки

Figure 5 – Influence of the deviation of the lower branch of the spray cone from the pressure in the system at different angles of the nozzle axis

Выводы. Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы. В применяемых технологических процессах химической обработки посевов подсолнечника не в полной мере учитываются архитектурные особенности растения, из-за чего снижается качество опрыскивания в фазе развития 2-8 пар листьев. Наиболее эффективным будет считаться новый способ нанесения раствора на растения с учетом перераспределения раствора с междурядья на обрабатываемую полосу. Для этого разработано техническое решение, которое позволяет смешивать потоки рабочих растворов, направленные навстречу друг к другу, с образованием нового. Применение бокового способа распыла позволяет при слиянии преобразовывать потоки распыла от каждой форсунки в новый, более стабильный поток, имеющий постоянные геометрические параметры с большей площадью покрытия у верхушки растений и неизменяемой при колебаниях штанги опрыскивателя.

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., Шапров М. Н., Борисенко П. И. Агротехнические подходы при проектировании рабочего органа минимальной обработки почвы с полосным углублением // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 193-197.
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. Лукомец В. М., Пивень В. Т., Тишков Н. М. Защита подсолнечника от вредителей и болезней // Защита и карантин растений. 2017. № 5. С. 14-16.

6. Мезникова М. В. Исследование проблем защиты растений от химически опасных воздействий в условиях чрезвычайных ситуаций // Вестник НЦ БЖД. 2019. № 2(40). С. 98-104.
7. 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.
8. Снижение поражения сельскохозяйственных растений как способ защиты биосферы от загрязнения химически опасными воздействиями / М. В. Мезникова, И. Б. Борисенко, О. Г. Чамурлиев, Г. О. Чамурлиев, Л. С. Идрисова // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 173-181.
9. 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.
10. 5-point program for sustainable plant protection / T. Frische, S. Eherer, Sh. Of. Matesky, K. Pickle, Th. Vogram // Environmental Sciences Europe. 2018. Vol 30. No 8. <https://doi.org/10.1186/s12302-018-0136-2>.
11. Ghasemzadeh H. R., Humburg D. Using fan nozzles with adjustable spray angle on long rods // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2016. Vol. 18. P. 80-92.
12. Methods and applications of new technologies used for reducing of chemical usage and controlling of pests (a review) / M. A. Ebrahimi, M. H. Khoshtaghaza1, S. Minaei1, B. Jamshidi // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2018. Vol. 20. No. 2. P. 144-154.
13. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops / I. B. Borisenko, A. S. Ovchinnikov, M. V. Meznikova, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, A. F. Rogachev, E. I. Ulybina // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019.

Conclusion. Thus, according to the results of the studies carried out, the following conclusions can be drawn. In the applied technological processes of chemical treatment of sunflower crops, the architectural features of the plant are not fully taken into account, due to which the quality of spraying decreases in the phase of development of 2-8 pairs of leaves. The most effective will be considered a new method of applying the solution to plants, taking into account the redistribution of the solution from the aisle to the processed strip. For this, a technical solution has been developed that allows mixing streams of working solutions directed towards each other, with the formation of a new one. The use of the side spray method makes it possible, when merging, to transform the spray flows from each nozzle into a new, more stable flow, having constant geometric parameters with a larger coverage area at the top of the plants and unchanged when the sprayer boom vibrates.

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., Shaprov M. N., Borisenko P. I. Agrotechnical approaches in the design of a working body of minimal tillage with strip deepening // News of the Izvestie agro-university complex: science and higher professional education. 2013. No. 4.
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. 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.

6. Meznikova M. V. Study of plant protection problems from chemically hazardous impacts in emergency situations // Bulletin of the Scientific Center of the Belarusian Railways. 2019. No. 2 (40). P. 98-104.

7. 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.

8. Reduction of damage to agricultural plants as a way to protect the biosphere from contamination by chemically hazardous actions / M. V. Meznikova, I. B. Borisenko, O. G. Chamurliiev, G. O. Chamurliiev, L. S. Idrissov // Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Agronomy and animal husbandry. 2020. V. 15. No. 2. P. 173-181.

9. 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.

10. 5-point program for sustainable plant protection / T. Frische, S. Eherer, Sh. Of. Matesky, K. Pickle, Th. Vogram // Environmental Sciences Europe. 2018. Vol 30. No 8. <https://doi.org/10.1186/s12302-018-0136-2>.

11. Ghasemzadeh H. R., Humburg D. Using fan nozzles with adjustable spray angle on long rods // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2016. Vol. 18. P. 80-92.

12. Methods and applications of new technologies used for reducing of chemical usage and controlling of pests (a review) / M. A. Ebrahimi, M. H. Khoshtaghazal, S. Minaei, B. Jamshidi // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2018. Vol. 20. No. 2. P. 144-154.

13. Resource-saving method of chemical treatment of tilled crops / I. B. Borisenko, A. S. Ovchinnikov, M. V. Meznikova, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, A. F. Rogachev, E. I. Ulybina // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019.

Authors information

Borisenko Ivan Borisovich, 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. Universitetskiy) <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, teacher, Department of life safety, Volgograd state agrarian University, Volgograd (Russia, 400002, Volgograd region, Volgograd, 26 pr. Universitetskiy), <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, доктор технических наук, старший научный сотрудник, кафедры "Земледелие и агрохимия", ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия, Прикаспийский научно-исследовательский институт аридного земледелия, с. Соленое Займище, Астраханская область, (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26) <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, преподаватель, кафедры «Безопасность жизнедеятельности» 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

CALCULATION AND MODELING OF THE PARAMETERS OF THE INDUCTOR OF THE ELECTRIC APPARATUS WITH THE UNCOORDINATED MOVABLE PART

N. V. Byshov¹, I. A. Uspensky¹, I. A. Yukhin¹, N. V. Limarenko^{1,2}

¹Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Ryazan, Russia)

²Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russia)

Received 05.09.2020

Submitted 25.11.2020

Summary

A method for calculating the electromagnetic parameters of electrical devices with an uncoordinated moving part is proposed, modeling is carried out, the dependences characterizing the energy parameters of the inductor and working elements are determined.

Abstract

Introduction. The energy efficiency of electrical devices is largely determined by the optimality of the chosen electromagnetic configuration. Electrical devices that implement technological electromechanical action are a category of devices that require the adaptation of calculation methods in each specific case. One of the factors hindering the massive use of electrical devices with an uncoordinated moving part is the lack of formalized methods for calculating electromagnetic parameters and their relationship with mechanical parameters, respectively, the development of such a technique is an urgent task. In general, the device of these technical systems can be represented as a fixed and moving part. The stationary part is an electromagnetic inductor required to create a rotating magnetic flux, the inner bore of which is a working area that acts on the technological material. The fixed part includes a protective paramagnetic pipe sleeve. Moving part – working elements made of ferromagnetic material that directly transform and enhance the direct effect of an electromagnetic field of a wave nature on the technological material. Depending on the properties of the material being processed, the elements are made in the form of balls, rods or a discretely movable working body of a rotary type. Regardless of the version, the working elements, under the action of a rotating variable magnetic flux, reach technical saturation and make a chaotic movement from pole to pole. Accordingly, the moving part has an inconsistent character with respect to the rotating magnetic flux of the inductor. The purpose of the research is to develop a method for calculating the electromagnetic characteristics of an inductor, their modeling, which determines the basic laws of energy and mechanical parameters. **Object.** The object of the study is the inductor of an electrical apparatus, which has an unmatched moving part and an unsteady air gap, the subject is the laws of mechanical and electromagnetic parameters that characterize the energy efficiency of the device. **Materials and methods.** In the course of the study, a method was developed for calculating the electromagnetic parameters of an inductor of an electric apparatus with an uncoordinated moving part, using the method of electrical states, the electromagnetic characteristics of an inductor of an electric apparatus and its uncoordinated moving part were simulated in the *NI Multisim 14.2* environment. The simulation result is a family of characteristics $m = f(I_{ph}, I_c, \cos \varphi, P, Q, S, B)$. Statistical processing of simulation results was carried out in the course of which mathematical models were obtained in the form of quadratic polynomials (30-32). A technique is proposed for approximating the electromagnetic characteristics of the magnetic circuit material, which significantly increases the accuracy of calculations and the possibility of automating this operation and determining the energy characteristics of the inductor. **Results and conclusions.** The energy characteristics of the inductor of an electric apparatus with an uncoordinated moving part were modeled, mathematical models were obtained (30-32), on the basis of which an extrapolation estimate of their influence was made. A mathematical model (34) was obtained that determines the dependence of the electromagnetic and mechanical parameters of the uncoordinated moving part of the inductor of an electric apparatus. The results of modeling their statistical processing and extrapolation can be used to calculate the parameters of technological processes and operations implemented in inductors of electrical devices that have an uncoordinated moving part when implementing complex electromechanical effects, for example, intensifying the disinfection of liquid media. The development of the results obtained is the experimental assessment of the reliability of the data obtained during modeling and extrapolation on the corresponding experimental bench when solving various technological problems.

Key words: *technological electromechanical action, electrical apparatus, inductor, inductor calculation method, simulation of electromagnetic and energy characteristics.*

Citation. Byshov N.V., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Limarenko N.V. Calculation and modeling of the parameters of the inductor of the electric apparatus with the uncoordinated movable part. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4 (60). 350-369 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-34.

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 authors declare no conflict of interest.

УДК 621.3.04

РАСЧЁТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКТОРА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО АППАРАТА С НЕСОГЛАСОВАННОЙ ПОДВИЖНОЙ ЧАСТЬЮ

Н. В. Бышов¹, доктор технических наук, профессор
И. А. Успенский¹, доктор технических наук, профессор
И. А. Юхин¹, доктор технических наук, профессор
Н. В. Лимаренко^{1,2}, кандидат технических наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева, г. Рязань

²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, г. Ростов на Дону

Дата поступления в редакцию 05.09.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Актуальность. Энергетическая эффективность электрических аппаратов во многом определяется оптимальностью выбранной электромагнитной конфигурации. Электрические аппараты, реализующие технологическое электромеханическое воздействие, являются категорией устройств, требующих адаптации расчётных методов в каждом конкретном случае. Одним из факторов, сдерживающих массовое применение электрических аппаратов с несогласованной подвижной частью является отсутствие формализованных методов расчёта электромагнитных параметров и их связи с механическими параметрами, соответственно, разработка подобной методики является актуальной задачей. В общем виде устройство данных технических систем можно представить как неподвижную и подвижную часть. Неподвижная часть – электромагнитный индуктор, необходимый для создания вращающегося магнитного потока, внутренняя расточка которого является рабочей зоной, реализующей воздействие на технологический материал. К неподвижной части относится защитная парамагнитная втулка трубы. Подвижная часть – рабочие элементы, выполненные из ферромагнитного материала, осуществляющие непосредственное преобразование и усиление прямого воздействия электромагнитного поля волновой природы на технологический материал. В зависимости от свойств обрабатываемого материала элементы выполняют в виде шаров, стержней или дискретно-подвижного рабочего органа роторного типа. Вне зависимости от исполнения, рабочие элементы под действием вращающегося переменного магнитного потока достигают технического насыщения и совершают хаотичное движение от полюса к полюсу. Соответственно подвижная часть носит несогласованный характер относительно вращающегося магнитного потока индуктора. Цель исследования – разработка методики расчёта электромагнитных характеристик индуктора, их моделирование, определяющее основные закономерности энергетических и механических параметров. **Объект.** Объектом исследования является индуктор электрического аппарата, имеющий несогласованную подвижную часть и нестационарный воздушный зазор, предметом – закономерности механических и электромагнитных параметров, характеризующие энергетическую эффективность устройства. **Материалы и методы.** В ходе проведённого исследования разработана методика расчёта электромагнитных параметров индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью с применением метода электрических состояний произведено моделирование электромагнитных характеристик индуктора электрического аппарата и его несогласованной подвижной части в среде NI Multisim 14.2. Результатом моделирования явилось семейство характеристик $m = f(I_\phi, I_o$

$\cos \varphi, P, Q, S, B$). Произведена статистическая обработка результатов моделирования, в ходе которой получены математические модели в виде квадратичных полиномов (30-32). Предложена методика аппроксимации электромагнитных характеристик материала магнитопровода, существенно повышающая точность расчётов и возможность автоматизации данной операции и определения энергетических характеристик индуктора. **Результаты и выводы.** Смоделированы энергетические характеристики индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью, получены математические модели (30-32), на основании которых произведена экстраполяционная оценка их влияния. Получена математическая модель (34), определяющая зависимость электромагнитных и механических параметров несогласованной подвижной части индуктора электрического аппарата. Результаты моделирования их статистической обработки и экстраполяции могут быть использованы при расчёте параметров технологических процессов и операций, реализуемых в индукторах электрических аппаратов, имеющих несогласованную подвижную часть при реализации комплексных электромеханических воздействий, например, интенсификация обеззараживания жидких сред. Развитием полученных результатов является экспериментальная оценка достоверности данных, полученных при моделировании и экстраполяции на соответствующем экспериментальном стенде при решении различных технологических задач.

Ключевые слова: технологическое электромеханическое воздействие, электрические аппараты, индуктор электрического аппарата, методика расчёта индуктора, моделирование электромагнитных характеристик.

Цитирование. Бышов Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Лимаренко Н. В. Расчёт и моделирование параметров индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 350-369. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-34.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Эффективное функционирование электрических аппаратов определяется оптимальностью выбранной конфигурации электромагнитных параметров. Особенно актуальным данный вопрос является для аппаратов, реализующих технологическое воздействие электромагнитного поля на различные среды. Условно технологические электрические аппараты в зависимости от способа воздействия электромагнитного поля на среду можно разделить на прямые и косвенные. К прямым относят непосредственные воздействия электромагнитными колебаниями волновой природы, к косвенным – комплексные физические воздействия, включающие первый тип и дополненные техническими средствами, позволяющими усилить эффекты прямых волновых воздействий за счёт образования новых эффектов. Второй тип технологических электрических аппаратов относится к наиболее динамично развивающимся техническим средствам, для которых традиционные методики определения оптимальных электромагнитных параметров являются применимыми в недостаточной степени, поскольку существенное влияние на них оказывают физико-химические свойства сред, для работы с которыми они предназначены. Наиболее перспективным и широко применяемым примером данного типа устройств являются аппараты с несогласованной подвижной частью, к которым в разные периоды времени применялись термины: аппараты вихревого слоя, технологические индукторы, установки активации процессов, электромагнитные активаторы, вихрекамерные аппараты, аппараты с вращающимся электромагнитным полем и т. д. [5, 6, 17, 18]. Широкий спектр применимых терминов можно объяснить попытками использовать данные системы в различных областях, но наиболее существенны успехи, которые были достигнуты в химии, водоподготовке и сельском хозяйстве, при интенсификации тепло-массообменных процессов [15, 16, 19, 21]. Сдерживающим фактором массового применения электрических аппаратов данного типа является отсутствие отрабо-

танных конструктивно-режимных параметров и методик расчёта электромагнитных параметров, адаптированных под области применения. Как показал анализ информационных источников и результаты предварительных исследований [4, 9, 14, 15, 18, 20], наибольший интерес представляет использование подобных систем при интенсификации тепло- массо- обменных процессов обеззараживания жидких сред в сельском хозяйстве, в частности, бесподстилочного навоза. Поскольку утилизация патогенных энергоносителей со сложными фазовыми портретами, к которым относится бесподстилочный навоз, является длительным, энергоёмким и опасным с санитарно-эпидемиологической точки зрения процессом, то разработка энергоэффективных технических средств, минимизирующих их негативное антропогенное влияние является важным для науки и техники. Вне зависимости от области применения, с физической точки зрения данные аппараты представляют активатор процессов, состоящий из неподвижной и подвижной частей. Неподвижная часть представляет собой электромагнитный индуктор, создающий переменный вращающийся магнитный поток, обмотки фаз которого питаются от трёхфазной цепи переменного синусоидального тока промышленной частоты и соединены в треугольник, а внутренняя расточка является рабочей зоной, в которой происходит воздействие на технологический материал. К неподвижной части также относится втулка трубы из парамагнитного материала, защищающая индуктор от внешних воздействий. Подвижная часть представляет собой рабочие элементы, выполненные из ферромагнитного материала, осуществляющие непосредственное преобразование и усиление прямого воздействия электромагнитного поля волновой природы на технологический материал. В зависимости от свойств обрабатываемого материала элементы могут быть выполнены в виде шаров, стержней или дискретно-подвижного рабочего органа. Вне зависимости от исполнения, рабочие элементы под действием вращающегося переменного магнитного потока достигают технического насыщения и совершают хаотичное движение от полюса к полюсу в соответствии с используемым чередованием фаз. Рассмотрим случай прямого чередования фаз, который в комплексно-векторной форме представляется следующими соотношениями:

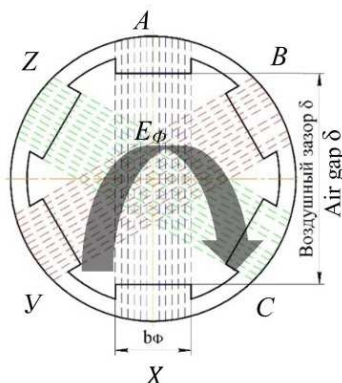
$$\sum \vec{E}_i = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C = 0;$$

где E_A, E_B, E_C – э.д.с. фазных обмоток индуктора, В:

$$\begin{aligned}\vec{E}_A &= \dot{E}e^{j0^\circ}; \\ \vec{E}_B &= \dot{E}e^{-120^\circ j}; \\ \vec{E}_C &= \dot{E}e^{120^\circ j}.\end{aligned}$$

Ниже на рисунке 1 представлено графическое изображение перемещения, вращающегося переменного магнитного потока в рабочей зоне индуктора при прямом чередовании фаз. Установлено [9], что условием энергетически эффективного функционирования подобной системы является обеспечение соответствующего уровня магнитной индукции в воздушном зазоре, которая в свою очередь зависит от массы рабочих элементов, уровня заполненности ими объёма расточки индуктора и их геометрии, при этом величина скольжения, характеризующая разность частот вращения вращающегося переменного магнитного потока индуктора и частоты вращения рабочих элементов, также будет зависеть от этих параметров. Как показал анализ, выполненный в [14], традиционные подходы к проектированию и расчёту асинхронных электродвигателей являются мало применимыми, поскольку не позволяют учесть переменную составляющую воздушного зазора и её зависимость от механических параметров. Соответственно, задача разработки методики расчёта параметров электрического индуктора аппарата с несогласованной подвижной частью и нестационарным воздушным зазором является актуальной.

A, B, C - the beginning of the phase windings of the inductor;
 X, Y, Z - ends of phase windings;
 $E\Phi$ - e. etc. with rotating variable magnetic flux;
 b_ϕ - pole width;
 δ - the size of the air gap for the implementation of technological impact and movement of working elements



A, B, C – начало фазных обмоток индуктора;
 X, Y, Z – концы фазных обмоток;
 $E\Phi$ – э. д. с. вращающегося переменного магнитного потока;
 b_ϕ – ширина полюса;
 δ – величина воздушного зазора для выполнения технологического воздействия и перемещения рабочих элементов

Рисунок 1 – Схема распределения и переключения магнитных потоков между полюсами индуктора в его рабочей зоне

Figure 1 – Scheme of distribution and switching of magnetic fluxes between the poles of the inductor in its working area

Целью настоящего исследования является разработка методики расчёта электромагнитных характеристик индуктора, их моделирование, определяющее основные закономерности энергетических и механических параметров.

Материалы и методы. Объектом исследования является индуктор электрического аппарата, который имеет несогласованную подвижную часть и нестационарный воздушный зазор, предметом – закономерности механических и электромагнитных параметров, характеризующие энергетическую эффективность устройства. Поскольку определение энергетической эффективности невозможно без знания удельной энергоёмкости операционного воздействия, необходимо рассмотреть параметры, составляющие её. В общем виде суть оценки удельной энергоёмкости заключается в измерении амплитудных значений силы тока, напряжения и угла сдвига фаз в единицу времени на единицу объёма, что можно представить аналитически в виде формулы:

$$N_{yz} = \frac{\left(U_m I_m \sin^2 \left(\omega t + \frac{\frac{1}{T} \int_0^T p dt}{\sqrt{\left(\frac{1}{T} \int_0^T p dt \right)^2 + \left(\int_0^T q dt \right)^2}} \right) \right) \cdot t}{\frac{\pi \cdot D_{pz}^2 \cdot l_{pz}}{4}}, \quad (1)$$

где U_m – амплитудное значение напряжения питающей сети, В; I_m – амплитудное значение силы тока питающей сети, В; ω – угловая частота колебаний электрического тока питающей сети, Гц; T – время одного полного цикла колебания, сек; p – мгновенная активная мощность, передаваемая полюсам индуктора, Вт; q – мгновенная реактивная мощность, циркулирующая в контуре, ВАр; φ – угол сдвига фаз амплитудных значений напряжения и силы тока питающей сети, °; t – продолжительность операционного воздействия, сек; D_{pz} – диаметр рабочей зоны индуктора, мм; l_{pz} – длина рабочей зоны цилиндра, реализующего системное физико-химическое воздействие, мм.

На основании анализа источников, результатов экспериментальных исследований [9, 7, 8, 10, 11, 22] сформулированы следующие исходные данные, необходимые для расчёта электромагнитных параметров индуктора:

- магнитная индукция в рабочей зоне B , мТл;
- производительность Q , м³/час;
- число пар полюсов p .

Поскольку устройство реализует операционное воздействие на электромеханические и электромагнитные параметры, то энергетическая эффективность функционирования в каждом конкретном случае будет характеризовать совокупность качественных параметров, определяющих свойства технологического материала на выходе, и его соответствие нормативным документам.

Длина рабочей зоны $l_{p.з.}$ выбирается с учётом производительности и продолжительности операционного воздействия в рабочей зоне. Задав длину, определим скорость движения технологического материала в рабочей зоне, м/с:

$$V_{p.з.} = \frac{l_{p.з.}}{t}, \quad (2)$$

где $l_{p.з.}$ – длина рабочей зоны, м.

Затем определим площадь поперечного сечения рабочей зоны, м²:

$$S_{p.з.} = \frac{V_{p.з.}}{Q}. \quad (3)$$

Исходя из выражений (1-3), диаметр поперечного сечения рабочей зоны, м:

$$D_{\phi}^p = \sqrt{\frac{4S_{p.з.}}{\pi}}. \quad (4)$$

Для осуществления технологического операционного воздействия в рабочей зоне и защиты обмоток и магнитопровода от внешних воздействий агрессивных сред используется труба, устанавливаемая в расточку индуктора. Помимо защитной функции, материал трубы должен обеспечивать максимальную проводимость вращающегося переменного магнитного потока, т.е. быть парамагнетиком. На основании этого можно сформулировать следующие требования к материалу трубы: парамагнитный; нагревостойкий; износостойкий; коррозионная устойчивость (стойкость к коррозии в агрессивных средах, хромоникелевые аустенитные стали ГОСТ 5632-72). На основании анализа [1-3, 13] установлено, что наиболее рационально использовать аустенитные нержавеющие стали, аустенито-ферритные и аустенито-мартенситные стали. Конструктивные параметры парамагнитной защитной втулки определяются следующим образом: полученное расчётное значение D_{ϕ}^p округляется до ближайшего большего в соответствии с ГОСТ 5632-72 (хромоникелевые аустенитные стали), ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81 (трубы бесшовные, холодно- и тепло- деформируемые, из коррозионностойкой стали), таким образом определяется внутренний диаметр рабочей зоны D_{ϕ} .

Определив конструктивные параметры рабочей зоны индуктора электрического аппарата, перейдём к определению электромагнитных параметров. Поскольку форма питающего напряжения индуктора является синусоидальной и соответствует промышленной частоте, то примем допущение, что основной магнитный поток волны Φ_1 будет равным действительному потоку Φ , Вб:

$$\Phi \approx \Phi_1 = \frac{2}{\pi} \tau \cdot l_i \cdot B_{\delta 1}, \quad (5)$$

где τ – полюсное деление; l_i – расчётная длина рабочей зоны, м; $B_{\delta 1}$ – амплитудное значение магнитной индукции, Тл.

Зная величины магнитного потока, определим магнитную индукцию в его элементах. На рисунке 2 представлено изображение магнитопровода индуктора электрического аппарата.

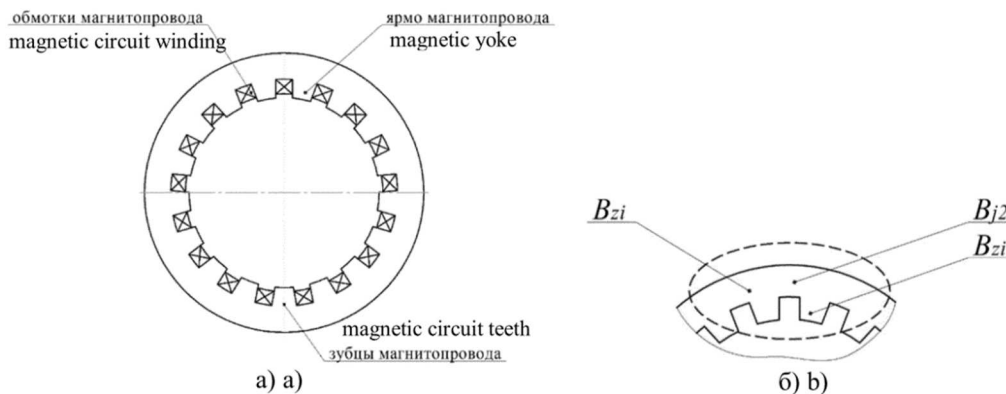


Рисунок 2 – Магнитопровод индуктора электрического аппарата:
а) Схема; б) Магнитная индукция элементов магнитопровода

Figure 2 – Magnetic core of an inductor of an electrical apparatus:
a) Scheme; b) Magnetic induction of magnetic circuit elements

Магнитная индукция в зубцах магнитопровода индуктора будет равна, Тл:

$$B_{zi} = \frac{\Phi}{S_z}, \quad (6)$$

где Φ – магнитный поток, Вб; S_z – площадь сечения магнитопровода, м².

Магнитная индукция в ярме магнитопровода индуктора будет равна, Тл:

$$B_{j2} = \frac{\Phi_{\sigma}}{2S_{j2}}, \quad (7)$$

где Φ_{σ} – магнитный поток в ярме, Вб; S_{j2} – площадь сечения ярма, м.

Определим площадь сечения магнитопровода S_z , м²:

$$S_z = \frac{U_2 \cdot 10^4}{4,44 \cdot f \cdot \omega \cdot B_m}, \quad (8)$$

где U_2 – выходное напряжение холостого хода, ($U_2 \approx U_1$ напряжение питающей сети, В); f – частота колебаний электрического тока питающей сети, Гц; ω – количество витков обмотки (при расчёте трансформатора, здесь ставится коэффициент трансформации, т.е. отношение числа витков первичной обмотки ко вторичной); B_m – индукция магнитного поля в магнитопроводе полюсов индуктора, Тл (для трансформаторной стали индукция может быть принята $B_m=1,5-2,18$ Тл, рекомендуется принимать значение ближе к нижнему порогу диапазона).

Общая площадь сечения стационарного ферромагнитного участка магнитопровода индуктора S_o с учётом дискретно распределённых воздушных зазоров между пластинами электротехнической стали будет равна, м²:

$$S_o = \frac{S}{k_c}, \quad (9)$$

где k_c – коэффициент заполнения стали ($k_c=0,95 \dots 0,97$).

Магнитная индукция в магнитопроводе полюсов индуктора будет равна, Тл:

$$B_m = \frac{\Phi + \Phi_{s2}}{S_m} = \frac{\Phi(1 + \frac{\Phi_{s2}}{\Phi})}{S_m} = \frac{\Phi_\sigma}{S_m}, \quad (10)$$

где Φ_σ – магнитный поток в магнитопроводе полюса, Вб; S_m – площадь сечения магнитопровода полюса, м².

Зная величины магнитных потоков, определим напряжённость магнитного поля H , в рабочей зоне индуктора. Напряжённость магнитного поля определяется в соответствии с полученными значениями магнитной индукции для каждого участка магнитопровода, по кривым намагниченности, соответствующим выбранному материалу, А/м:

$$B = f(H). \quad (11)$$

Определим магнитодвижущую силу F , А (м. д. с.):

$$F = \sum_k H_k l_k, \quad (12)$$

где k – номер участка магнитопровода.

Определив электромагнитные параметры индуктора, определим конструктивные параметры рабочей зоны, необходимые для обеспечения выполнения операционного воздействия с требуемыми производительностью и качественными показателями. Полученное расчётное значение D_σ^p по зависимости (4) округляется до ближайшего большего в соответствии с ГОСТ 5632-72 (хромоникелевые аустенитные стали), ГОСТ 9940-81 или ГОСТ 9941-81 (трубы бесшовные холодно- и тепло- деформируемые из коррозионнотойкой стали), таким образом определяется внутренний диаметр рабочей зоны D_σ . На рисунке 3 представлено схематическое изображение продольного вида индуктора электрического аппарата без подвижной части.

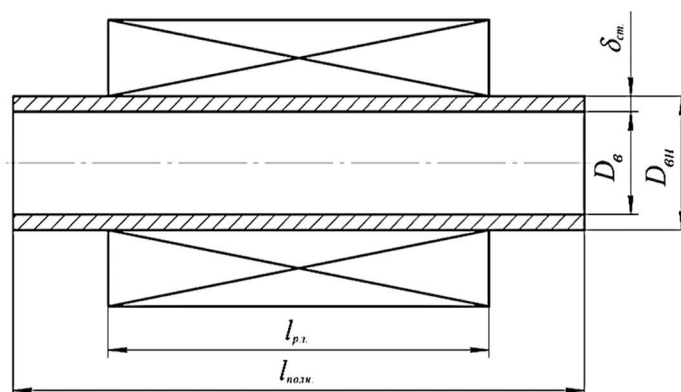


Рисунок 3 – Схема продольного вида индуктора электрического аппарата

Figure 3 – Longitudinal view of the inductor of an electrical apparatus

Рассчитав параметры рабочей зоны, необходимые для обеспечения заданной производительности, определим конструктивные параметры магнитопровода, способного обеспечить заданный уровень магнитной индукции. Согласно результатам исследований [12], наиболее рациональным вариантом материала магнитопровода является электротехническая сталь 2013. Для автоматизации, повышения точности и оценки со-

ответствия электромагнитных свойств материала при его выборе используем метод аппроксимирующих функций. Данным методом опишем зависимость электромагнитной индукции от напряженности магнитного потока $B = f(H_{МП})$, в результате чего получим математическую модель вида, позволяющую определить любое значение B внутри исследуемой области с коэффициентом корреляции $r = 0,9105$:

$$B = 0,195 \ln(H_{МП}) - 0,003, \text{ Тл.} \quad (13)$$

Далее определим напряжённость магнитного поля в рабочей зоне, А/м:

$$H_{pz} = \frac{B}{\mu_0}. \quad (14)$$

При этом максимальный магнитный поток полюса $\Phi_{П}$ будет равен, Вб:

$$\Phi_{П} = B \cdot S_z. \quad (15)$$

Полюсное деление τ , м:

$$\tau = \frac{\pi \cdot D_{pz}}{2 \cdot p'}. \quad (16)$$

Для определения коэффициента полюсного перекрытия λ необходимо принять число пар полюсов p' :

$$\lambda = \frac{l_{расч}}{\tau}. \quad (17)$$

Расчётная длина магнитопровода индуктора электрического аппарата при этом будет равняться, м:

$$l_{расч} = \frac{\pi \cdot D_{pz}}{2 \cdot p'} \cdot \lambda. \quad (18)$$

Активное сопротивление магнитопровода электрическому току R_{pz} , Ом:

$$R_{pz} = \rho_{пров} \cdot \frac{l_{расч}}{S_{p.з.}}, \quad (19)$$

где $\rho_{пров}$ – удельное сопротивление проводника (материала обмотки), Ом.

Фазное значение тока полюсов индуктора электрического аппарата:

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi}} = \frac{U_{\phi}}{\sqrt{R^2 + X^2}}, \quad (20)$$

где X – реактивная составляющая полного сопротивления полюсов индуктора электрического аппарата, обусловленная скольжением подвижной части и её геометрией, Ом.

Амплитудное значение силы фазного тока, А:

$$I_m = I_{\phi} \sqrt{3}. \quad (21)$$

Число витков фазной обмотки, шт.:

$$\omega_{\text{фo}}^{\text{витков}} = \frac{H_{\text{pз}}}{I_{\text{m}}}. \quad (22)$$

Площадь сечения ярма магнитопровода индуктора, м²:

$$S_{\text{мп}} = \frac{\Phi_{\text{п}}}{2 \cdot B_{\text{ср}}}, \quad (23)$$

где $B_{\text{ср}}$ – среднее значение электромагнитной индукции в ярме магнитопровода, Тл.

Зная число полюсов, зададим количество пазов магнитопровода индуктора z , шагом обмотки y (обычно принимается равным τ), обмоточным коэффициентом $K_{\text{об}}$.

Ширина паза магнитопровода индуктора определяется, м:

$$b = \frac{\pi \cdot D_{\text{pз}}}{3 \cdot z}. \quad (24)$$

Высота зубцов паза магнитопровода индуктора определяется как $h=2b$, толщина спинки магнитопровода – $b/2$. Обмоточный коэффициент определяется исходя из соотношения:

$$K_{\text{об}} = \sin\left(\frac{y}{\tau} 90\right)^{\frac{\sin \frac{\alpha q}{2}}{q \sin \frac{\alpha}{2}}}, \quad (25)$$

где q – число пазов в магнитопроводе на полюс и фазу, шт.:

$$q = \frac{z}{2p'm}, \quad (26)$$

где m – число фаз, шт.; $\alpha_{\text{з\delta}}$ – электрический угол приходящийся на одно зубцовое деление;

$$\alpha = \frac{360p'}{z}. \quad (27)$$

При этом число эффективных проводников в пазах магнитопровода, шт.:

$$n_{\text{эф}} = \frac{2 \cdot m \cdot \omega_{\text{фo}}^{\text{витков}} \cdot a_n}{z}, \quad (28)$$

где a_n – число параллельных ветвей (задаётся исходя из технологических соображений).

Эффективное сечение проводника, м²:

$$S_{\text{эф}} = \frac{k_3 \cdot S_{\text{мп}}}{n_n}, \quad (29)$$

где k_3 – коэффициент заполнения паза магнитопровода медью; n_n – число эффективных проводников в пазах, шт.

Определив зависимости основных электромагнитных параметров индуктора электрического аппарата, перейдём к их моделированию, используя метод электрических состояний с целью определения энергетических характеристик устройства, и влияния на них механических параметров рабочих элементов.

Составим схему замещения индуктора электрического аппарата. Известно [2, 9, 10], что индуктор статора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью соответствует статору асинхронных электрических машин при условии функционирования с промышленной частотой колебаний электрического тока $f = 50$ Гц и без учёта подвижной электромеханической части, соответственно для описания электромагнитных процессов в фазных полюсах приемлемо использовать приведённую схему замещения однофазного трансформатора. Адаптируем приведённую схему замещения однофазного трансформатора с учётом специфики исследуемого устройства и представим её на рисунке 4.

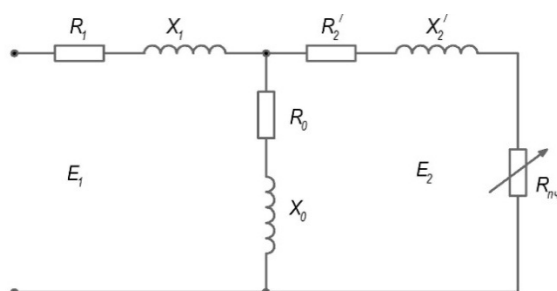


Рисунок 4 – Схема замещения индуктора электрического аппарата

Figure 4 – Equivalent circuit of the inductor of an electrical apparatus

Рассмотрим свойства, представленные на рисунке 4, и их соответствие реальным элементам устройства. Резистивное сопротивление R_1 и индуктивный элемент X_1 характеризуют фазную обмотку полюса индуктора статора, резистивное сопротивление R_0 и индуктивный элемент X_0 характеризуют потери энергии, связанные с нагревом обмоток и их гистерезисом, резистивное сопротивление R_2' и индуктивный элемент X_2' характеризуют постоянную электромагнитную составляющую электромагнитных параметров подвижной части электрического аппарата, переменный резистивный элемент $R_{нч}$ характеризует сопротивление воздушного зазора. E_1 представляет собой э.д.с. фазных обмоток полюсов индуктора, а E_2 – э.д.с. несогласованной подвижной части.

Рассмотрим более подробно подвижную часть электрического аппарата, имеющую несогласованность положений магнитных потоков, которая будет определяться геометрическими параметрами рабочих элементов, их массой, коэрцитивными свойствами материала, магнитной проницаемостью, обрабатываемой ими среды и других факторов [1, 7, 12]. Для описания электромагнитных характеристик воздушного зазора индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью преобразуем схему замещения, представленную на рисунке 4 методом обратных эквивалентных преобразований, т.е. методом развёртки. Рассмотрим ветвь цепи, свойства которой характеризуют переменную природу сопротивления воздушного зазора $R_{нч}$. Преобразуем схему замещения с учётом факторов, оказывающих влияние на величину сопротивления воздушного зазора. На основании результатов исследований [7, 9] в качестве наиболее существенных факторов примем массу рабочих элементов R_n^1 , уровень заполнения рабочей зоны R_n^2 , характеризующий их геометрию, и магнитную проницаемость обрабатываемой среды R_n^3 . Примем допущение, что реактивные составляющие элементов подвижной части не оказывают существенного влияния на энергетическую эффективность аппарата и представим данные факторы в виде последовательно соединённых переменных активных сопротивлений, обладающих резистивными свойствами. Преобразованная схема замещения представлена на рисунке 5.

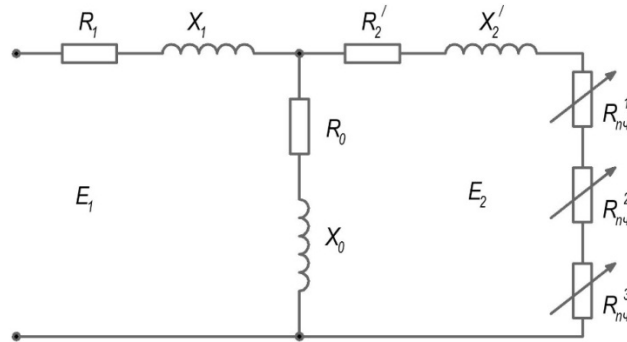


Рисунок 5 – Схема замещения индуктора электрического аппарата с учётом несогласованности подвижной части

Figure 5 – Equivalent circuit of the inductor of an electrical apparatus taking into account the inconsistency of the moving part

Зная общую методику определения электромагнитных параметров индуктора электрического аппарата и факторы, оказывающие влияние на величину воздушного зазора, осуществим моделирование электромагнитных и энергетических характеристик исследуемого устройства в программном комплексе *NI Multisim 14.2*. На рисунке 6 представлен один из этапов моделирования схемы замещения (рисунок 5) индуктора электрического аппарата с учётом несогласованности подвижной части. В качестве условий моделирования примем число пар полюсов индуктора $p' = 1$, промышленную циклическую частоту колебаний тока питающей сети $f = 50$ Гц, ферромагнитный материал рабочих элементов с высокой коэрцитивной силой, стержневую геометрию, магнитную проницаемость обрабатываемой среды, соответствующую жидкости.

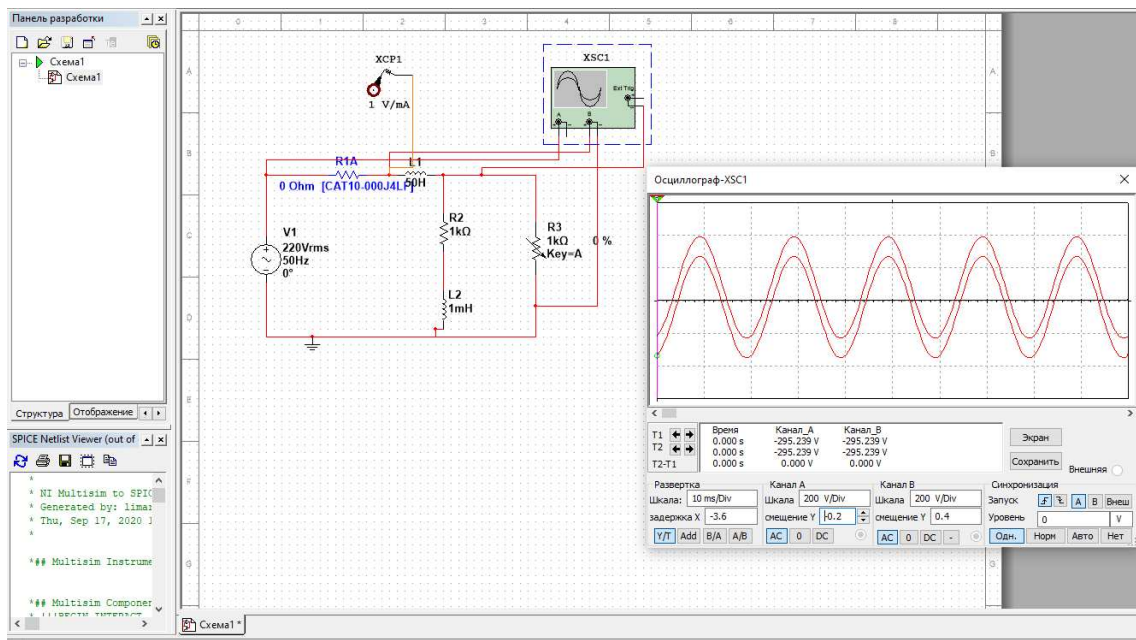


Рисунок 6 – Моделирование электромагнитных и энергетических характеристик индуктора электрического аппарата с учётом несогласованности подвижной части в среде *NI Multisim 14.2*

Figure 6 – Simulation of the electromagnetic and energy characteristics of the inductor of an electric apparatus, taking into account the inconsistency of the moving part in the environment *NI Multisim 14.2*

Результаты и обсуждение. Результаты проведённого моделирования электромагнитных и энергетических характеристик индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью в заданных условиях в программном комплексе *NI Multisim 14.2* представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчёта электромагнитных параметров индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью

Table 1 – The results of calculating the electromagnetic parameters of the inductor of an electric apparatus with an uncoordinated moving part

№	Масса стержней m , г / Weight rods m , gr	Сила тока, А / Current strength, A		Сдвиг фаз между I и U $\cos \varphi$ / Phase shift between I and U $\cos \varphi$	Активная мощность P , кВт / Active power P , kW	Реактивная мощность Q , кВАр / Reactive power Q , kVAr	Полная мощность S , кВА / Full power S , kVA	Магнитная индукция B , мТл / Magnetic induction B , mT
		фазовая / phase	суммарная / total					
		$I\varphi$	I_c					
1	0	72,9	218,7	0,262	4,79	17,41	18,04	59,4
2	200	68,2	204,6	0,268	4,62	16,53	17,15	57,7
3	400	64,8	194,4	0,273	4,41	15,77	16,38	52,5
4	600	61,5	184,5	0,274	4,31	14,94	15,44	49,5
5	800	59,3	177,9	0,27	4,06	14,46	14,98	42,4
6	1 000	55,7	167,1	0,267	3,5	13,25	13,75	37,6
7	1 200	52,7	158,1	0,258	3,31	12,61	13,06	35,1
8	1 400	50,5	151,5	0,254	3,18	12,1	12,5	28,2

После статистической обработки результатов моделирования электромагнитных и энергетических характеристик индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью, представленных в таблице 1, с целью возможности их экстраполяции были получены математические модели, позволяющие оценить влияние параметров, оказывающих наиболее существенное влияние на эффективность функционирования:

– влияние полной мощности и массы рабочих элементов на суммарно потребляемую силу тока индуктором электрического аппарата с несогласованной подвижной частью:

$$I_c = 280,780 - 3,785 \cdot S - 0,202 \cdot m + 0,014 \cdot S^2 + 3,6858e^{-5} m^2 + 0,007 \cdot S \cdot m ; \quad (30)$$

– влияние массы рабочих элементов и величины магнитной индукции на суммарно потребляемую силу тока индуктором электрического аппарата с несогласованной подвижной частью:

$$I_c = 266,099 - 0,119 \cdot m + 0,227 \cdot B + 2,2133e^{-5} \cdot m^2 - 0,017 \cdot B^2 + 0,0004 \cdot m \cdot B ; \quad (31)$$

– влияние суммарно потребляемой индуктором электрического аппарата с несогласованной подвижной частью силы тока и реактивной мощности на массу рабочих элементов:

$$m = 7393,3654 - 44,8577 \cdot I_c - 95,8244 \cdot S + 0,0361 \cdot I_c^2 + 0,0318 \cdot S^2 + 0,6131 \cdot I_c \cdot S . \quad (32)$$

Полученные в ходе статистической обработки результатов моделирования (таблица 1), математические модели (30-32) расчётным путём позволяют определить значения числа зависимых переменных от независимых в заданной области моделирования,

а также осуществить экстраполяцию результатов. На основании результатов моделирования электромагнитных и энергетических характеристик индуктора электрического аппарата в среде *NI Multisim 14.2* (таблица 1), математических моделей (30-32) построены графические зависимости, представленные на рисунках 7-9.

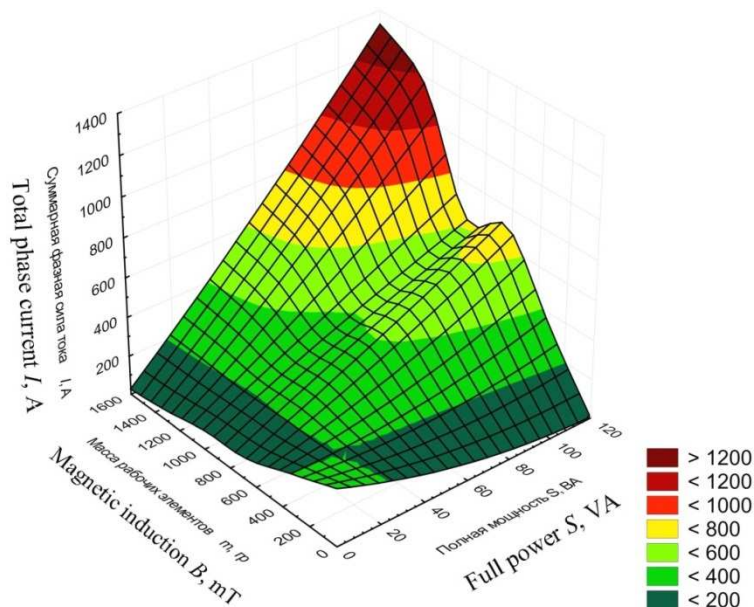


Рисунок 7 – Зависимость суммарной фазной силы тока от массы рабочих элементов и полной мощности индуктора

Figure 7 – Dependence of the total phase current from the mass of the working elements and the total power of the inductor

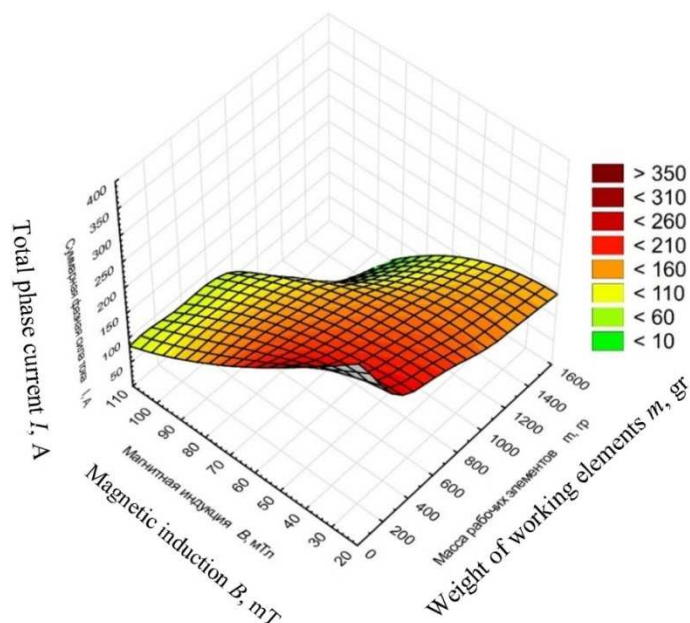


Рисунок 8 – Зависимость суммарной фазной силы тока от массы рабочих элементов и магнитной индукции индуктора

Figure 8 – Dependence of the total phase current from the mass of the working elements and the magnetic induction of the inductor

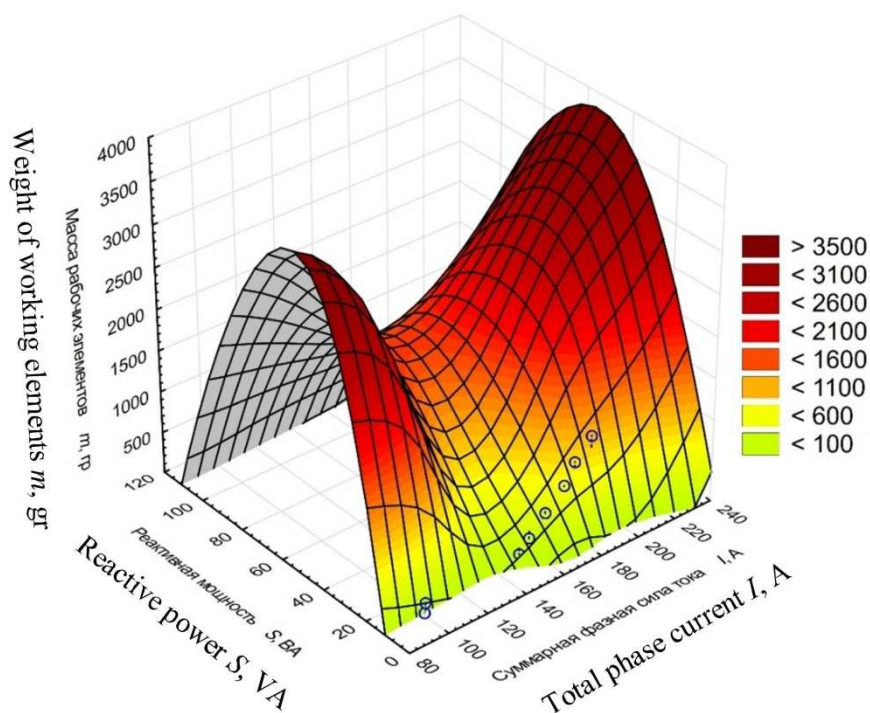


Рисунок 9 – Зависимость массы рабочих элементов от суммарной фазной силы тока и реактивной мощности индуктора

Figure 9 – Dependence of the mass of working elements from the total phase current and reactive power of the inductor

Анализ результатов моделирования электромагнитных и энергетических характеристик индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью (таблица 1), результатов их статистической обработки (30-32) и графической их интерпретацией (рисунки 7-9) позволяет сделать следующие выводы:

– математические модели (30-31) представляют собой квадратичные полиномы в натуральных переменных и адекватно по критерию Фишера позволяют оценить закономерность влияния массы рабочих элементов, полной мощности потребляемой электромагнитной системой в зависимости от суммарной фазной силы тока при уровне значимости $\alpha = 0,05$, интерпретации описанных закономерностей, размещённых на рисунках 7, 8, которые являются графической экстраполяцией полученных результатов;

– математическая модель (32) представляет собой квадратичный полином в натуральных переменных и адекватно по критерию Фишера позволяет оценить закономерность влияния суммарной фазной силы тока и реактивной мощности индуктора в зависимости от массы рабочих элементов, при уровне значимости $\alpha = 0,05$, интерпретация описанной закономерности представлена на рисунке 9 и представляет собой некоторую экстраполяцию.

Полученная модель (32) представляет собой исходные данные для определения силы тока несогласованной подвижной части электрического аппарата, в общем виде которую можно представить как:

$$I_2 = \frac{U_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{R_{нч}}\right)^2 + (X_1 + X_2)^2}}, \quad (33)$$

где U_1 – напряжение питания полюсов индуктора неподвижной части электрического аппарата, В; R_1 – резистивное сопротивление, характеризующее фазную обмотку полюса индуктора статора, Ом; R_2 – резистивное сопротивление, характеризующее фазную постоянную составляющую резистивных свойств подвижной части, Ом; $R_{пч}$ – резистивное сопротивление воздушного зазора, представляющее собой связь электромагнитных и механических параметров рабочих элементов $R_{пч} = f(m)$, Ом. X_1 – индуктивность, характеризующая фазную обмотку полюса индуктора статора, Гн; X_2 – индуктивность, характеризующая подвижную несогласованную часть, Гн.

После подстановки уравнения (32), модель (33) примет вид:

$$I_2 = I_{\text{несогл. части}} = \frac{U_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{(7393,3654 - 44,8577 \cdot I_c - 95,8244 \cdot S + 0,0361 \cdot I_c^2 + 0,0318 \cdot S^2 + 0,6131 \cdot I_c \cdot S) \cdot \rho \cdot \mu_{oc}} \right)^2 + (X_1 + X_2)^2}}, \quad (34)$$

где ρ – параметр заполненности рабочей зоны, зависящий от геометрии элементов, %; μ_{oc} – скаляр или тензор магнитной проницаемости обрабатываемой среды в зависимости от её природы, Гн/м.

– в результате моделирования установлены следующие связи: суммарная фазная сила тока I_c , потребляемая полюсами индуктора, существенным образом зависит от массы рабочих элементов m , полной мощности и величины магнитной индукции B . Максимальные значения I_c в полюсах индуктора наблюдаются при отсутствии рабочих элементов, затем при их $m = 600$ г наблюдается спад I_c по квадратичной зависимости, в диапазоне от $m = 600$ г до $m = 800$ г наблюдается рост I_c по квадратичной зависимости, затем после $m = 800$ г рост I_c принимает более линейный характер. Величина B также зависит от I_c квадратично, максимальные значения I_c находятся при значении $B = 20-40$ мТл, затем при увеличении B от 40 до 60 мТл происходит уменьшение I_c , диапазон значений B от 60 до 110 мТл получен путём экстраполяции найденной зависимости и также демонстрирует незначительные снижения I_c при увеличении B ;

– установлено, что реактивные мощности S и I_c существенным образом оказывают влияние на m , максимальные значения S и I_c наблюдаются при $m = 2500$ г, зависимость S от m носит квадратичный параболический характер, зависимость I_c от m носит нелинейный характер, зависимости влияний S и I_c при $m > 1400$ г получены путём экстраполяции результатов моделирования электромагнитных и энергетических характеристик индуктора электрического аппарата в среде *NI Multisim 14.2*.

Выводы. 1. Разработана методика расчёта электромагнитных параметров индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью, определены наиболее существенные конструктивные и электромагнитные параметры, оказывающие влияние на энергетическую эффективность функционирования устройства. 2. Произведено моделирование электромагнитных характеристик индуктора электрического аппарата и его несогласованной подвижной части в среде *NI Multisim 14.2*, получено семейство характеристик $m = f(I_\phi, I_c, \cos \varphi, P, Q, S, B)$. 3. Произведена статистическая обработка результатов моделирования электромагнитных характеристик индуктора электрического аппарата, получены математические модели в виде квадратичных полиномов (30-32), на основании которых произведена экстраполяционная оценка их влияния. 4. Получена математическая модель (34), определяющая зависимость электромагнитных и механических параметров несогласованной подвижной части индуктора элек-

трического аппарата. 5. Полученные результаты могут быть использованы при расчёте параметров технологических процессов и индукторов электрических аппаратов, имеющих несогласованную подвижную часть и реализующих комплексные электромеханические воздействия технологического типа, например, интенсификация обеззараживания жидких сред, а также при определённой доработке, для других технологических процессов, использующих принципы вращающегося переменного электромагнитного поля с перемещающимися рабочими телами в нём.

Развитием полученных результатов является экспериментальная оценка достоверности данных, полученных при моделировании и экстраполяции на соответствующем экспериментальном стенде при решении различных технологических задач.

Библиографический список

1. Адошев А. И. Исследование электромагнитных характеристик ферровихревого аппарата // Сельский механизатор. 2019. № 4. С. 28-29.
2. Бахвалов Ю. А., Володин Г. И., Горчаков В. В. Синтез электромеханических активаторов с вихревым слоем с применением обратных задач // Математические методы в технике и технологиях. ММТТ. Саратов, 2014. Т. 7. С. 25-27.
3. Вершинин И. Н., Вершинин Н. П. Аппараты с вращающимся электромагнитным полем. Сальск: ООО «Передовые технологии XXI века», 2007. 368 с.
4. Григорьев В. С., Ковалев А. А. Система предварительной подготовки субстратов микробов в аппарате вихревого слоя с рекуперацией теплоты // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67. № 2 (39). С. 8-13.
5. Данилина Э. М., Володин Г. И., Бреславец В. П. Потери энергии на вихревые токи в электромагнитных аппаратах вихревого слоя и способы их снижения // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2014. № 1. С. 43-47.
6. Использование аппаратов вихревого слоя для получения водомазутных эмульсий / М. А. Карт, Б. М. Карт, В. А. Войтович, Е. А. Захарычев, Р. Р. Шварев // Химическая техника. 2018. № 1. С. 37-39.
7. Исследование влияния параметров рабочих тел индуктора на коэффициент мощности / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Г. А. Борисов, Н. В. Лимаренко // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. 2019. № 3 (55). С. 360-369.
8. Исследование параметров магнитного поля в рабочей камере индуктора / Н. В. Лимаренко, В. П. Жаров, Ю. В. Панов, Б. Г. Шаповал // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. 2016. № 1. С. 136-142.
9. Лимаренко Н. В. Экспериментальное исследование влияния массы рабочих тел на параметры, характеризующие качество функционирования индуктора // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. 2016. Т. 16. № 2. С. 90-96.
10. Лимаренко Н. В., Жаров В. П. Влияние температуры на параметры работы индуктора, используемого при обеззараживании материалов // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2016. № 1. С. 88-91.
11. Лимаренко Н. В. Создание математической модели технологического процесса обеззараживания стоков животноводства // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2017. № 3. С. 108-112.
12. Лимаренко Н. В., Жаров В. П., Шаповал Б. Г. Математическое моделирование магнитных характеристик индуктора для обеззараживания стоков сельского хозяйства // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: сб. трудов 9-й междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону, 2016. С. 269-273.
13. Логвиненко Д. Д., Шеляков О. П. Интенсификация технологических процессов в аппаратах с вихревым слоем. Киев: Техника, 1976. 144 с.
14. Никитенко А. Г., Бахвалов Ю. А., Щербаков В. Г. Аналитический обзор методов расчета магнитных полей электрических аппаратов // Электротехника. 1997. № 1. С. 15-19.
15. Оптимальные параметры и картина магнитного поля рабочей камеры в аппаратах с вихревым слоем / Р. А. Ибрагимов, Е. В. Королёв, Р. Я. Дебердеев, В. В. Лексин // Строительные материалы. 2018. № 7. С. 64-67.

16. Преодоление ряда экологических проблем с помощью аппарата вихревого слоя / М. А. Карт, Д. С. Евдокимов, М. Н. Дюжаков, В. А. Войтович, Е. А. Захарычев, Р. Р. Шварев //
17. Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2020. № 5 (149). С. 30-34. Применение аппаратов вихревого слоя для ускорения химических реакций в низкоскоростных системах / Т. Р. Дебердеев, В. В. Лексин, Р. Р. Билалов, Р. Я. Дебердеев, А. А. Берлин // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. № 5. С. 2-5.
18. Селиверстов Г. В., Титов Д. П. Утилизация золошлаковых отходов с использованием перерабатывающих машин на принципах аппаратов вихревого слоя // Строительные и дорожные машины. 2017. № 12. С. 60-62.
19. Селиверстов Г. В., Титов Д. П. Оценка влияния ротора на рабочие параметры аппаратов вихревого слоя // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 3. С. 415-425.
20. Титов Д. П. Работа ротора в аппарате вихревого слоя // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2020. № 3. С. 114-120.
21. Эффект обеззараживания субстратов анаэробных биореакторов в аппарате вихревого слоя / Д. А. Ковалев, А. А. Ковалев, И. В. Катраева, Ю. В. Литти, А. Н. Ножевникова // Химическая безопасность. 2019. Т. 3. № 1. С. 56-64.
22. Parameters of optimized system of technological process of waste water disinfection of livestock enterprises in integrated physico-chemical effects / N. V. Byshov, I. A. Uspensky, I. A. Yuhin, N. V. Limarenko, I. V. Fadeev, S. D. Fomin // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 341 (012140).

Conclusion. 1. A method for calculating the electromagnetic parameters of an inductor of an electric apparatus with an uncoordinated moving part has been developed; the most significant design and electromagnetic parameters that affect the energy efficiency of the device are determined. 2. Modeling of the electromagnetic characteristics of the inductor of an electric apparatus and its uncoordinated moving part in the environment of NI Multisim 14.2 was carried out, a family of characteristics $m = f(I_\phi, I_c, \cos \varphi, P, Q, S, B)$ was obtained. 3. Statistical processing of the results of modeling the electromagnetic characteristics of the inductor of an electric apparatus was carried out, mathematical models were obtained in the form of quadratic polynomials (30-32), on the basis of which an extrapolation estimate of their influence was made. 4. A mathematical model (34) is obtained, which determines the dependence of the electromagnetic and mechanical parameters of the uncoordinated movable part of the inductor of the electric apparatus. 5. The results obtained can be used to calculate the parameters of technological processes and inductors of electrical devices that have an uncoordinated moving part and implement complex electromechanical influences of a technological type, for example, intensification of disinfection of liquid media, as well as, with a certain refinement, for other technological processes using the principles of rotating alternating electromagnetic field with moving working bodies in it.

The development of the results obtained is the experimental assessment of the reliability of the data obtained during modeling and extrapolation on the corresponding experimental bench when solving various technological problems.

Reference

1. Adoshev A. I. Investigation of the electromagnetic characteristics of the ferrovortex apparatus // Rural mechanic. 2019. No. 4. P. 28-29.
2. Bakhvalov Yu. A., Volodin G. I., Gorchakov V. V. Synthesis of electromechanical activators with a vortex layer using inverse problems // Mathematical methods in engineering and technology. MMTT. Saratov, 2014. Vol. 7. Part 7. P. 25-27.
3. Vershinin I. N., Vershinin N. P. Apparatuses with a rotating electromagnetic field. Salsk: LLC "Advanced technologies of the XXI century", 2007. 368 p.
4. Grigoriev V. S., Kovalev A. A. System of preliminary preparation of substrates of digesters in a vortex layer apparatus with heat recovery // Electrotechnology and electrical equipment in the agro-industrial complex. 2020. V. 67. No. 2 (39). P. 8-13.

5. Danilina E. M., Volodin G. I., Breslavets V. P. Energy losses for eddy currents in electromagnetic devices of the vortex layer and methods for their reduction // News of higher educational institutions. Electromechanics. 2014. No. 1. P. 43-47.
6. The use of vortex layer apparatuses for obtaining water-oil emulsions / M. A. Kart, B. M. Kart, V. A. Voitovich, E. A. Zakharychev, R. R. Shvarev // Chemical Engineering. 2018. No. 1. P. 37-39.
7. Study of the influence of the parameters of the working bodies of the inductor on the power factor / I. A. Uspensky, I. A. Yukhin, G. A. Borisov, N. V. Limarenko // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex. 2019. No. 3 (55). P. 360-369.
8. Study of the parameters of the magnetic field in the working chamber of the inductor / N. V. Limarenko, V. P. Zharov, Yu. V. Panov, B. G. Shapoval // Bulletin Don. state tech. un-that. 2016. No. 1. P. 136-142.
9. Limarenko N. V. Experimental study of the influence of the mass of working bodies on the parameters characterizing the quality of the inductor functioning // Vestnik Don. state tech. un-that. 2016. Vol.16. No. 2. P. 90-96.
10. Limarenko N. V., Zharov V. P. Influence of temperature on the parameters of the inductor used in the disinfection of materials // Izvestiya VUZov. Food technology. 2016. No. 1. P. 88-91.
11. Limarenko N. V. Creation of a mathematical model of the technological process of disinfection of livestock effluents // Izvestiya VUZov. Food technology. 2017. No. 3. P. 108-112.
12. Limarenko N.V., Zharov V. P., Shapoval B. G. Mathematical modeling of the magnetic characteristics of the inductor for the disinfection of agricultural wastewater // State and prospects for the development of agricultural engineering: collection of articles. works of the 9th international. scientific. conf. Rostov-on-Don, 2016. P. 269-273.
13. Logvinenko D. D., Shelyakov O. P. Intensification of technological processes in devices with a vortex layer // Technics: Kiev, 1976. 144 p.
14. Nikitenko A. G., Bakhvalov Yu. A., Shcherbakov V. G. Analytical review of methods for calculating the magnetic fields of electrical devices // Electrical Engineering. 1997. No. 1. P. 15-19.
15. Optimal parameters and picture of the magnetic field of the working chamber in devices with a vortex layer / R. A. Ibragimov, E. V. Korolev, R. Ya. Deberdeev, V. V. Lexin // Building materials. 2018. No. 7. P. 64-67.
16. Overcoming a number of environmental problems using the vortex layer apparatus / M. A. Kart, D. S. Evdokimov, M. N. Dyuzhakov, V. A. Voitovich, E. A. Zakharychev, R. R. Shvarev // Water treatment. Water treatment. Water supply. 2020. No. 5 (149). P. 30-34.
17. Application of vortex layer apparatuses to accelerate chemical reactions in low-speed systems / T. R. Deberdeev, V. V. Leksin, R. R. Bilalov, R. Ya. Deberdeev, A. A. Berlin // All materials. Encyclopedic reference. 2017. No. 5. P. 2-5.
18. Seliverstov G. V., Titov D. P. Utilization of ash and slag waste using processing machines on the principles of vortex layer devices // Construction and road machines. 2017. No. 12. P. 60-62.
19. Seliverstov G. V., Titov D. P. Assessment of the influence of the rotor on the operating parameters of the vortex layer apparatus // Bulletin of the Tula State University. Technical science. 2020. No. 3. P. 415-425.
20. Titov D. P. The work of the rotor in the vortex layer apparatus // Bulletin of the Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov. 2020. No. 3. P. 114-120.
21. Effect of disinfection of substrates of anaerobic bioreactors in the vortex layer apparatus / D. A. Kovalev, A. A. Kovalev, I. V. Katraeva, Yu. V. Litty, A. N. Nozhevnikova // Chemical safety. 2019. Vol. 3. No. 1. P. 56-64.
22. Parameters of optimized system of technological process of waste water disinfection of livestock enterprises in integrated physico-chemical effects / N. V. Byshov, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin, N. V. Limarenko, I. V. Fadeev, S. D. Fomin // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. No. 341 (012140).

Authors Information

Nikolay V. Byshov, Professor of the Department of machine and tractor Park operation, p. A. Kostychev Ryazan agrotechnological University (1, Kostycheva str., Ryazan, 390044, Russia), doctor of technical Sciences, Professor, Researcher ID: B-8363-2019; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>; byshov@rgatu.ru

Ivan A. Uspenskiy, head of the Department of technical operation of transport OF the Ryazan agrotechnological University named after p. A. Kostychev (390044, Russia, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical Sciences, Professor, Researcher ID: B-7990-2019; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>; ivan.uspensckij@yandex.ru

Ivan A. Yukhin, head of the Department of automotive engineering and heat power ENGINEERING of the p. A. Kostychev Ryazan agrotechnological University (1, Kostycheva str., Ryazan, 390044, Russia), doctor of technical Sciences, associate Professor, Researcher ID: Q-8188-2017; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0928>, ivan.uspensckij@yandex.ru

Nikolay V. Limarenko, associate Professor of the Department of electrical engineering and electronics, don state technical University (344000, Russia, Rostov-on-don, Gagarin square, 1), candidate of technical Sciences, Researcher ID: O-5342-2017; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3075-2572>, limarenkodstu@yandex.ru

Информация об авторах

Бышов Николай Владимирович, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, профессор, Researcher ID: B-8363-2019; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>; byshov@rgatu.ru

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой техническая эксплуатация транспорта ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, профессор, Researcher ID: B-7990-2019; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>; ivan.uspensckij@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, заведующий кафедрой автотракторная техника и теплоэнергетика ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, доцент, Researcher ID: Q-8188-2017; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0928>, ivan.uspensckij@yandex.ru

Лимаренко Николай Владимирович, доцент кафедры электротехника и электроника ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1), кандидат технических наук, Researcher ID: O-5342-2017; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3075-2572>, limarenkodstu@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-35

METALLOGRAPHICAL STUDIES OF THE ALLOYED CUTTING EDGE OF THE PLOW

D.S. Gapich¹, V. A. Motorin^{1,2}, A.E. Novikov², R.N. Oleinikov¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

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

Received 11.05.2020

Submitted 31.09.2020

*The research was conducted as a part of the grant of the President
of the Russian Federation MK-2870.2019.8*

Summary

A conclusion is made about the insufficient equilibrium of the nose and blade parts of the share under the given operating conditions. The issue of hardening of plowshares for the main tillage by alloying during casting is considered. As an alloying insert, we used a powder of an alloy of the Fe-C-Cr-Si PG-C27 system (GOST 21448-75), providing 3.7% C; 26.5% Cr; 1.6% Si; 1.1% Mn; 1.7% Ni; 0.25% by weight; 0.10% Mo, was poured onto the forming surface of the lower half of the mold with a free layer 2.3-2.5 mm thick.

Abstract

Introduction. Increasing the resource of replaceable parts of tillage machines is an urgent problem in the Agro-industrial complex. During the operation of soil-processing machines, their working parts, including cutting blades, are subjected to dynamic loads, abrasive and chemical effects of the external environment, which provokes their wear. A promising direction for increasing the wear resistance of the cutting blades of a bit is their alloying during the manufacture of casting. **Materials and methods.** In order to conduct research aimed at obtaining qualitative indicators of the efficiency of ploughshares made by casting, their experimental samples were produced and resource tests were conducted on the end friction machine. For

the analysis of metallographic structure and thickness of the doped layer, the depth of the prepared micro-sections. The metallographic structure was observed using a NEOPHOT-32 microscope. Fe-C-Cr-Si PG-S27 alloy powder (GOST 21448-75) containing 3.7% C; 26.5% Cr; 1.6% Si; 1.1% Mn; 1.7% Ni; 0.25% W was used as an alloying insert; 0.10%Mo, which was poured on the mold-like surface of the lower half-form cavity with a free layer 2.3-2.5 mm thick. Steel 45 was poured into the mold at a temperature of 1560-1580°C, the melting point of the PG-S27 alloy is 1080-1180°C. The heat of steel poured on the surface of the PG-S27 powder, the powder was melted and welded with the base metal, forming a layer on the casting surface that differs sharply from the main mass in chemical composition, structure and properties. **Results and conclusions.** The alloyed layer of the plowshare obtained by casting has a significantly greater thickness and increased hardness compared to the deposited layer, which makes it possible to increase the service life of the product, and surface alloying in the casting mold does not require additional energy costs, equipment, and the consumption of expensive and scarce flux, since traditional surfacing parts «ploughshare» requires the organization of a special section for surfacing of parts and a section for preparation of fluxes with equipment for grinding, sieving, calcining, drying, mixing ingredients. To obtain the greatest thickness of the deposited layer and hardness, the particle size should be 0.4 ... 0.8 mm. When using larger or smaller powder particles, the thickness and hardness of the deposited layer are lower.

Key words: *ploughshare, strengthening of ploughshares during casting, alloying, alloying powder, increased wear resistance.*

Citation. Gapich D.S., Motorin V.A., Novikov A.E., Oleinikov R.N. Metallographical studies of the alloyed cutting edge of the plow. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4 (60) 369-378 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-35.

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 621.785.5

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕГИРОВАННОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ ЛЕМЕХА ПЛУГА

Д. С. Гапич¹, доктор технических наук, доцент
В. А. Моторин^{1,2}, кандидат технических наук, доцент
А. Е. Новиков², доктор технических наук, доцент
Р. Н. Олейников¹, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 11.05.2020

Дата принятия к печати 31.09.2020

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации МК-2870.2019.8.

Актуальность. Повышение ресурса сменных частей почвообрабатывающих машин является актуальной проблемой в АПК. В процессе выполнения операций обработки почвы почвообрабатывающими машинами их рабочие органы, в частности режущие лезвия, испытывают динамические нагрузки, абразивное и химическое воздействие внешней среды, что провоцирует их износ. Перспективным направлением повышения износостойкости режущих лезвий долота является их легирование при изготовлении литьем. **Материалы и методы.** Для проведения исследований, направленных на получение показателей износостойкости лемехов, выполненных по литейной технологии, были изготовлены опытные образцы и проведены лабораторные испытания на износ с использованием машины трения. Для анализа металлогрифической структуры и толщины легированного слоя изготовлены микрошлифы исследуемых образцов. Металлогрифическую структуру наблюдали с помощью микроскопа НЕОПХОТ-32. В качестве легирующего слоя использовали порошок сплава системы Fe-C-Cr-Si ПГ-С27 (ГОСТ 21448-75), содержащий 3,7 % С; 26,5 % Cr; 1,6 % Si; 1,1 % Mn; 1,7 % Ni; 0,25 % W; 0,10 % Мо, который наносили на формообразующую поверхность полости нижней полуформы свободным слоем толщиной 2,3-2,5 мм. Сталь 45 заливали в форму

при температуре 1560-1580 °С, температура плавления сплава ПГ-С27 составляет 1080-1180 °С. Теплою стали, залитой на поверхность порошка ПГ-С27, порошок расплавлялся и сваривался с основным металлом, образуя на поверхности отливки слой, резко отличающийся от основной массы по химическому составу, структуре и прочностным свойствам. **Результаты и выводы.** Легированный слой лемеха, получаемого литьем, имеет значительно большую толщину и повышенную твердость по сравнению с наплавленным слоем, что позволяет повысить ресурс изделия, а поверхностное легирование в литейной форме не требует дополнительных энергетических затрат, оборудования, расхода дорогостоящего и дефицитного флюса, так как традиционная наплавка деталей «лемех» требует организации специального участка наплавки деталей и участка подготовки флюсов с оборудованием по размолу, рассеву, прокатке, сушке, смешиванию ингредиентов. Для получения наибольшей толщины наплавленного слоя и твердости размеры частиц должны составлять 0,4-0,8 мм. При использовании более крупных или мелких частиц порошка толщина и твердость наплавленного слоя имеют меньшие значения.

Ключевые слова: лемех отвального плуга, упрочнение лемехов, легирование, легирующий порошок, повышение износостойкости.

Цитирование. Гапич Д.С., Моторин В.А., Новиков А.Е., Олейников Р.Н. Металлографические исследования легированной режущей кромки лемеха плуга. *Известия НВ АУК.* 2020. 4(60). 369-378. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-35.

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. Одним из основных элементов рабочего органа плуга, определяющим энергетические, качественные показатели процесса вспашки, а также продолжительность безотказной работы плуга, является лемех, т.е. от эффективности работы и состояния лемеха зависит объем ресурсов, затрачиваемых на почвообработку.

Для поддержания работоспособного состояния сельскохозяйственной техники ведущими заводами России ежегодно выпускается значительное количество запасных частей. Так, например, Рубцовский завод ежегодно выпускает более 600 тыс. шт. лемехов. Ежегодная потребность данного завода в стали 50Г составляет более 16 тыс. тонн.

Кроме того, увеличение массы применяемых в сельском хозяйстве машинно-тракторных агрегатов и рабочих скоростей движения привело к переуплотнению почвенного слоя и увеличению нагрузки на рабочие органы сельскохозяйственных машин. Это особенно обострило вопрос, связанный с недостаточной износостойкостью рабочих органов [1-3, 5, 8, 9, 11, 13, 14].

На сегодняшний день одними из самых совершенных лемехов являются выпускаемые серийно самозатачивающиеся лемехи, но и они имеют ряд недостатков: трудоемкость изготовления, сложность процесса равномерного нанесения биметаллической наплавки. В целом следует отметить, что стальные самозатачивающиеся лемехи практически исчерпали себя в плане повышения износостойкости. Работа по их дальнейшему усовершенствованию, без внедрения принципиально иных технологических приемов упрочнения с получением более совершенных материалов и применением их для изготовления лемехов, не дает возможности повысить их износостойкость [4, 7, 10, 12, 15].

Поэтому повышение надежности и долговечности орудий для почвообработки является важнейшей проблемой современного машиностроения. В связи с этим исследования, направленные на повышение ресурса лемехов плугов для основной обработки почвы, являются актуальными и имеют важное значение для народного хозяйства.

Целью данной работы является металлографическое исследование легированной режущей кромки лемеха плуга с целью увеличения ресурса лемехов плуга.

Материалы и методы. Корпус плуга обладает относительно большой площадью контакта с обрабатываемой поверхностью и испытывает довольно сильные нагрузки, которые на отдельных участках рабочей поверхности корпуса в существенной степени имеют различную величину.

В горизонтальной плоскости (рис. 1 а) в области лемеха основное давление приходится на зону носка, тогда как в зоне лезвия оно существенно меньше. В области отвала наибольшее давление оказывается на переднюю часть в области стыковки с носовой частью лемеха, а также в зоне режущей части полевого обреза груди отвала. В области полевой доски основные силы сосредоточены в задней части, постепенно уменьшаясь они приближаются к носовой части корпуса.

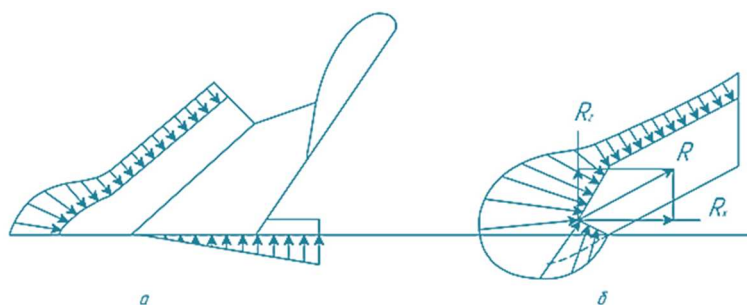


Рисунок 1 – Силы, действующие на корпус:
а – в горизонтальной плоскости; б – в вертикальной плоскости

Figure 1 – Forces acting on the body: a – in the horizontal plane; b – in the vertical plane

В вертикальной плоскости (рис. 1 б) основное давление приходится на зону лезвия, а именно на его режущую часть, при этом в области остова оно значительно меньше. В данной плоскости полевая доска испытывает давление реакции почвы, которое также максимально в задней части и сводится к минимуму в районе носка.

Итогом такой неравномерности приложения сил на участки деталей корпуса становится их неравномерный износ, приводящий к преждевременному выходу из строя всего элемента.

Серийно применяемые классические лемеха (рис. 2) имеют две основные области износа: носовая 1 и лезвийная 2.

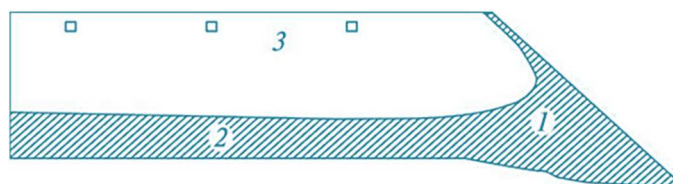


Рисунок 2 – Области износа лемеха

Figure 2 – areas of wear of ploughshare

Неравномерность прилагаемых нагрузок на отдельные участки элементов рабочего органа приводит к их интенсивному износу, поэтому важным направлением в увеличении ресурсоемкости и эффективности работы является повышение износостойкости наиболее нагруженных участков для обеспечения более равномерного износа элемента в целом.

За обобщенную количественную характеристику равностойкости элемента можно принять коэффициент равностойкости K_p , который находится по формуле:

$$K_p = T_{pi} / T_{pt}, \quad (1)$$

где T_{pi} – конструктивная ресурсоемкость наиболее изнашиваемой области; T_{pt} – конструктивная ресурсоемкость наименее изнашиваемой области.

Конструктивная ресурсоемкость одной из областей элемента рабочего органа находится по формуле:

$$T_{pi} = \frac{L_{Hi} - L_{Ki}}{I_{и}} = \frac{L_i}{I_i}, \quad (2)$$

где T_{pi} – конструктивная ресурсоемкость i -ой области, га; L_{Hi} – начальный размер i -ой области; L_{Ki} – конечный размер i -ой области, мм; I_i – интенсивность износа i -ой области, мм/ч на 1 га [6].

При расчете конструктивной ресурсоемкости лемеха принимаем предельно допустимые геометрические параметры и среднюю интенсивность износа. Для носка допустимая длина $L_K = 150$ мм, при интенсивности износа $I_{и} = 6,5$ мм/га ресурсоемкость T_H составит:

$$T_H = \frac{270 - 150}{6,5} = 18,5 \text{ га}.$$

Для лезвия предельная ширина износа $I_{л} = 1$ мм/га, отсюда:

$$T_{л} = \frac{120 - 90}{1} = 30 \text{ га}.$$

Тогда коэффициент равностойкости $K_p = 18,5 / 30 = 0,6$.

Исходя из результата проведенного расчета делаем вывод о недостаточной равностойкости носовой и лезвийной частей лемеха при данных условиях эксплуатации. При довольно высоком остаточном ресурсе лезвия лемех приходится выбраковывать, так как износ носка достигает предельного значения, что приводит к потере работоспособности всего лемеха.

Однако добиться равностойкости лемеха и достичь ресурса до 30 га можно методом повышения износостойкости носовой части, что производится упрочнением необходимой зоны путем наплавки легирующего материала.

Результаты и обсуждение. Для проведения исследований, направленных на получение качественных показателей эффективности лемехов, изготовленных методом литья, были изготовлены их опытные образцы в литейной лаборатории ВолГТУ.

В качестве легирующей вставки использовали порошок сплава системы $Fe-C-Cr-Si$ ПГ-С27 (ГОСТ 21448-75), содержащий 3,7 % C; 26,5 % Cr; 1,6 % Si; 1,1 % Mn; 1,7 % Ni; 0,25 % W; 0,10 % Mo, который насыпали на формообразующую поверхность полости нижней полуформы свободным слоем толщиной 2,3-2,5 мм.

Сталь 45 заливали в форму при температуре 1560-1580 °С, тогда как температура плавления сплава ПГ-С27 составляет 1080-1180 °С. Теплом стали, залитой на поверхность порошка ПГ-С27, порошок расплавлялся и сваривался с основным металлом, образуя на поверхности отливки слой, резко отличающийся от основной массы по химическому составу, структуре и свойствам.

Ресурсные испытания проводили на торцевой машине трения. Для анализа металлографической структуры и толщины легированного слоя подготовлены микрошлифы. Металлографическую структуру наблюдали с помощью микроскопа НЕОРНОТ-32.

Для проведения исследований и полевых испытаний опытные экспериментальные лемеха были изготовлены в литейной лаборатории ВолГТУ с наплавкой легирующего слоя. Полученный в результате литья лемех без постобработки представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Лемех, изготовленный методом литья

Figure 3 – Ploughshare made by casting

Образовавшийся на рабочей поверхности легированный слой имел структуру доэвтектического белого чугуна с эвтектикой, содержащей карбиды хрома, вольфрама и молибдена (рисунок 4).

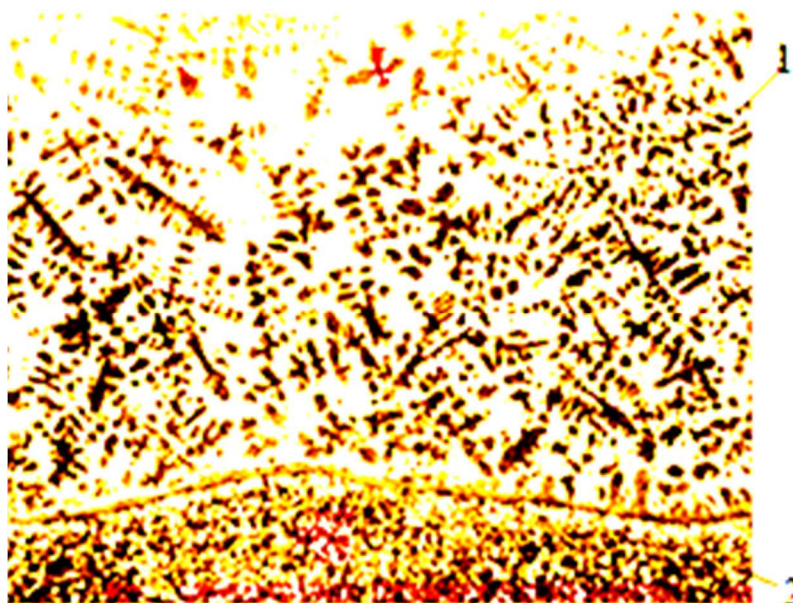


Рисунок 4 – Микроструктура зоны сплавления наплавленного слоя с металлом отливки, x200: 1 – наплавленный слой; 2 – сталь 45

Figure 4 – Microstructure of the fusion zone of the deposited layer with casting metal, x200: 1 – deposited layer; 2 – steel 45

Для получения наибольшей толщины наплавленного слоя и твердости размеры частиц должны составлять 0,4-0,8 мм. При использовании более крупных или мелких частиц порошка толщина и твердость наплавленного слоя имеют меньшие значения. При наплавке крупными частицами порошка с поверхности слоя наблюдается выкрашивание отдельных зерен. Использование частиц порошка мелкой фракции может приводить к формированию газовых полостей в наплавленном слое.

При проведении эксперимента использовали наплавочный материал ПГ-С27 в виде порошка. В зоне сплавления порошка ПГ-С27 с металлом отливки практически не наблюдается литейных дефектов. Наличие в зоне соединения отдельных газовых раковин $< 0,05$ мм не влияет на эксплуатационные характеристики наплавленного слоя.

Заметного перемешивания основного металла стали 45 и легатуры не наблюдалось, граница раздела была четкой и не имела выраженного диффузионного характера. Вместе с тем отслаивания легированного слоя, крупных пор и других дефектов сплошности не обнаружено.

Было исследовано влияние гранулометрического состава порошка на основные характеристики легированного слоя – его толщину и твердость (рисунок 5).

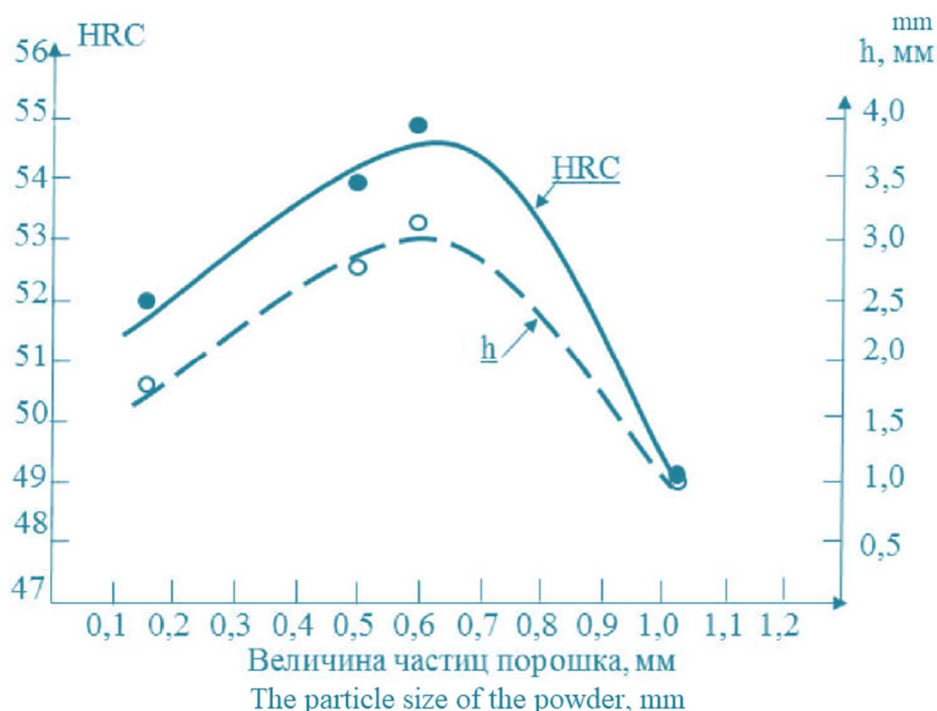


Рисунок 5 – Кривые зависимости толщины наплавленного слоя, h , и его твердости HRC от величины частиц порошка ПГ-С27

Figure 5 – Curves of the dependence of the thickness of the deposited layer, h , and its hardness HRC on the size of the PG-S27 powder particles

Кривые зависимостей, приведенные на рисунке 5, свидетельствуют, что лучшие результаты и по толщине слоя, и по его твердости получены при использовании порошка с величиной частиц в диапазоне от 4 до 8 мм.

При эксплуатации почвообрабатывающий инструмент воспринимает как абразивное изнашивание, так и ударные нагрузки. Для повышения механических свойств лемех плуга подвергается термообработке: нормализация при 920-960 °С, которая не снижает твердости наплавленного слоя. Механические испытания показали, что при предельной разрушающей нагрузке 30 нормализованных деталей лемеха не выявлено ни одного случая отслаивания наплавленного слоя от основного металла.

Выводы. Легированный слой лемеха, получаемого литьем, имеет значительно большую толщину и повышенную твердость по сравнению с наплавленным слоем, что позволяет повысить ресурс изделия, а поверхностное легирование в литейной форме не требует дополнительных энергетических затрат, оборудования, расхода дорогостояще-

го и дефицитного флюса, так как наплавка деталей «лемех» требует организации специального участка наплавки деталей и участка подготовки флюсов с оборудованием по размолу, рассеву, прокатке, сушке, смешиванию ингредиентов. Дополнительные затраты на приобретение дорогостоящих компонентов наплавочного флюса могут превышать цену наплавочного порошка ПГ-С27 в 1,1-1,5 раза.

Библиографический список

1. Дорошенко В. С., Гнатуш В. А. Мировой рынок литья чугуна с шаровидным графитом. Состояние и перспективы развития // Вестник арматуростроителя. 2017. № 5. С. 112-119.
2. Костылева Л. В., Гапич Д. С., Моторин В. А. Комплексное влияние химического состава чугуна на структуру отбеленного слоя долота чизельного плуга // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2. С. 221-228.
3. Сильман Г. И., Макаренко К. В., Зенцова Е. А. Бейнитный высокопрочный чугун с шаровидным графитом // Металловедение и термическая обработка металлов. 2013. № 4. С. 3-8.
4. Формирование износостойких зонально-распределенных структур деталей орудий для почвообработки из высокопрочного чугуна / В. А. Моторин, Д. С. Гапич, Л. В. Костылева, А. Е. Новиков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4. С. 269-276.
5. Al-Sayed S. R., Elshazli A. M., Hussein A. H. A. Laser surface hardening of Ni-hard white cast iron // Metals. 2020. V. 10 (6). P. 795. P. 1-19.
6. An investigation on the stability of austenite in Austempered Ductile Cast Iron (ADI) (Article) / S. Panneerselvam, C. J. Martis, S. K. Putatunda, J. M. Boileau // Materials Science and Engineering. 2015. Vol. 626. P. 237-246.
7. Composition and Tribological Properties of Hardened Cutting Blades of Tillage Machines under Abrasive Deterioration / A. E. Novikov, V. A. Motorin, M. I. Lamskova, M. I. Filimonov // Journal of Friction and Wear. 2018. Vol. 39. No. 2. P. 158-163.
8. Effect of the starting microstructure in the formation of austenite at the intercritical range in ductile iron alloyed with nickel and copper / H. D. Machado, R. Aristizabal-Sierra, C. Garcia-Mateo, I. Toda-Caraballo // International Journal of Metalcasting. 2020. V. 14 (3). P. 836-845.
9. Influence of cooling rate on the microstructure and properties of a new wear resistant carbide austempered ductile iron (CADI) / Y. Ch. Peng, H. J. Jin, J. H. Liu, G. L. Li // Materials Characterization. 2012. Vol. 72. P. 53-58.
10. Influence of solidification conditions on the microstructure of laser-surface-melted ductile cast iron / D. Janicki, J. Górka, W. Kwaśny, W. Pakiel, K. Matus // Materials. 2020. V. 13 (5). P. 1174.
11. Neutron diffraction monitoring of ductile cast iron under cyclic tension-compression / S. Harjo, S. Kubota, W. Gong, T. Kawasaki, S. Gao // Acta Materialia. 2020. V. 196. P. 584-594.
12. Non-single bionic coupling model for thermal fatigue and wear resistance of gray cast iron drum brake / D. Yu, T. Zhou, H. Zhou, H. Bo, H. Lu // Optics and Laser Technology. 2019. Vol. 111. P. 781-788.
13. Probabilistic Low Cycle Fatigue criterion for nodular cast-irons / F. Szmytka, E. Charkaluk, A. Constantinescu, P. Osmond // International Journal of Fatigue. 2020. V. 139.
14. Pyndak V. I., Novikov A. E. Tribotechnical and Energy Assessment of Parts of Working Members of Cultivating Machines After Carburizing and Laser Hardening // Metal Science and Heat Treatment. 2016. Vol. 58. No. 3-4. P. 226-230.
15. Surface alloying of gray cast iron with chromium by high current pulsed electron beam treatment / C. Li, Q. Guan, J. Cai, P. Lv, Y. Jin // Materials Research Express. 2018. Vol. 5. Iss. 6. No. 066518.

Conclusions. The alloyed layer of the ploughshare obtained by casting has a significantly greater thickness and increased hardness compared to the deposited layer, which allows to increase the product life, and surface alloying in the foundry form does not require addi-

tional energy costs, equipment, expensive and scarce flux consumption, since the surfacing of parts "ploughshare" requires the organization of a special section of surfacing parts and a section of flux preparation with equipment for grinding, sieving, piercing, drying, mixing of ingredients. Additional costs for the purchase of expensive components of surfacing flux may exceed the price of surfacing powder PG-S27 by 1.1-1.5 times.

References

1. Doroshenko V. S., Gnatush V. A. World market for nodular cast iron. State and development prospects // Bulletin of the valve-constructor. 2017. No. 5. P. 112-119.
2. Kostyleva L. V., Gapich D. S., Motorin V. A. Complex influence of the chemical composition of cast iron on the structure of the bleached layer of a chisel plow chisel // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education. 2016. No. 2. P. 221-228.
3. Silman G. I., Makarenko K. V., Zentsova E. A. Beinitny high-strength cast iron with spherical graphite // Metallurgy and heat treatment of metals. 2013. No. 4. P. 3-8.
4. Formation of wear-resistant zonal-distributed structures of details of tools for soil treatment from high-strength cast iron / V. A. Motorin, D. S. Gapich, L. V. Kostyleva, A. E. Novikov // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyshe vocational education. 2018. No. 4. P. 269-276.
5. Al-Sayed S. R., Elshazli A. M., Hussein A. H. A. Laser surface hardening of Ni-hard white cast iron // Metals. 2020. V. 10 (6). I. 795. P. 1-19.
6. An investigation on the stability of austenite in Austempered Ductile Cast Iron (ADI) (Article) / S. Panneerselvam, C. J. Martis, S. K. Putatunda, J. M. Boileau // Materials Science and Engineering. 2015. Vol. 626. P. 237-246.
7. Composition and Tribological Properties of Hardened Cutting Blades of Tillage Machines under Abrasive Deterioration / A. E. Novikov, V. A. Motorin, M. I. Lamskova, M. I. Filimonov // Journal of Friction and Wear. 2018. Vol. 39. No. 2. P. 158-163.
8. Effect of the starting microstructure in the formation of austenite at the intercritical range in ductile iron alloyed with nickel and copper / H. D. Machado, R. Aristizabal-Sierra, C. Garcia-Mateo, I. Toda-Caraballo // International Journal of Metalcasting. 2020. V. 14 (3). P. 836-845.
9. Influence of cooling rate on the microstructure and properties of a new wear resistant carbide austempered ductile iron (CADI) / Y. Ch. Peng, H. J. Jin, J. H. Liu, G. L. Li // Materials Characterization. 2012. Vol. 72. P. 53-58.
10. Influence of solidification conditions on the microstructure of laser-surface-melted ductile cast iron / D. Janicki, J. Górka, W. Kwaśny, W. Pakiel, K. Matus // Materials. 2020. V. 13 (5). P. 1174.
11. Neutron diffraction monitoring of ductile cast iron under cyclic tension-compression / S. Harjo, S. Kubota, W. Gong, T. Kawasaki, S. Gao // Acta Materialia. 2020. V. 196. P. 584-594.
12. Non-single bionic coupling model for thermal fatigue and wear resistance of gray cast iron drum brake / D. Yu, T. Zhou, H. Zhou, H. Bo, H. Lu // Optics and Laser Technology. 2019. Vol. 111. P. 781-788.
13. Probabilistic Low Cycle Fatigue criterion for nodular cast-irons / F. Szmytka, E. Charkaluk, A. Constantinescu, P. Osmond // International Journal of Fatigue. 2020. V. 139.
14. Pyndak V. I., Novikov A. E. Tribotechnical and Energy Assessment of Parts of Working Members of Cultivating Machines After Carburizing and Laser Hardening // Metal Science and Heat Treatment. 2016. Vol. 58. No. 3-4. P. 226-230.
15. Surface alloying of gray cast iron with chromium by high current pulsed electron beam treatment / C. Li, Q. Guan, J. Cai, P. Lv, Y. Jin // Materials Research Express. 2018. Vol. 5. Iss. 6. No. 066518.

Authors Information

Gapich Dmitry Sergeevich, head of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture», Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Associate Professor, e-mail: gds-08@mail.ru.

Motorin Vadim Andreevich - associate Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture», Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: vmotorin001@yandex.ru.

Novikov Andrey Evgenievich, director of FGBNU VNIIOZ (400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9). e-mail: ae_novikov@mail.ru.

Oleynikov Roman Nikolaevich - post-graduate student of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture», Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetskyy, 26), e-mail: olejnikov.rom@yandex.ru.

Информация об авторах

Гапич Дмитрий Сергеевич – заведующий кафедрой «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), доктор технических наук, доцент, e-mail: gds-08@mail.ru.

Моторин Вадим Андреевич – доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, e-mail: vmotorin001@yandex.ru

Новиков Андрей Евгеньевич, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9). e-mail: ae_novikov@mail.ru.

Олейников Роман Николаевич, аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26). e-mail: olejnikov.rom@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-36

IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF SUNFLOWER CULTIVATION BY COMPLEX PRE-SEEDING TREATMENT OF SEEDS

N. Yu. Petrov¹, I. V. Yudaev², M. P. Aksenov¹, V. P. Plotnikov¹

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

²*Azov-Black Sea Engineering Institute – the branch of the¹ Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», Zernograd*

Received 23.03.2020

Submitted 31.09.2020

Abstract

Introduction. To stabilize the increased yield, a variety of drugs that help plants grow and develop are used quite successfully in Russia and abroad. Such drugs have the ability to actively affect the life of plants. The use of growth regulators is essential for agriculture, especially in areas of risky farming, which includes the Volgograd region. A relatively new drug that has a growth-stimulating effect and successfully suppresses pathogenic microflora on seeds is «Zerebra agro». Special attention is currently paid to the environmental safety of applied methods and methods of seed treatment before sowing. One of the most technologically effective and safe treatment options for the environment and subsequent food processing is the use of electrical influences on the seed material. From the variety of electrical treatments of seeds and electrical stimulation of plants, it is necessary to distinguish processing in an alternating voltage electric field, which is the easiest to implement in the presence of modular standard technical solutions and has energy, technological, and biological efficiency. Research interest and the possibility of implementation in the practice of land users are studies on the impact of complex seed treatment before sowing in an alternating voltage electric field and the growth regulator of «Zerebra agro». **Object.** The object of research is sunflower hybrids NC Neoma, LG 5550, EU Petunia. **Materials and methods.** Studies to determine the optimal technological parameters (electric field strength, exposure time) that affect the laboratory germination of sunflower seeds were conducted in the laboratory «High Voltage Technology» of the Volgograd State Agrarian University. Field studies were conducted on the experimental plot of Peasant Farm Egorshin A. Y. in the Mikhailovsky district of the Volgograd region. **Results and conclusion.** Analysis of the obtained laboratory data allowed us to conclude about the optimal parameters of the electric field strength and exposure time, at which the greatest germination was achieved in sunflower hybrids: the electric field strength of 8 kV/cm and the exposure time of 60...90 seconds, laboratory germination increased by 8...11% relative to control. Ap-

plication of the preparation «Zerebra agro» showed a positive effect on all studied sunflower hybrids, laboratory germination increased by 5...6%. Complex pre-sowing treatment under experimentally obtained optimal conditions contributed to an increase in germination by 10...12%. On average over the three years of studies in sunflower hybrid NK Neeoma increase in the germination ranged from +3,77 (option processing «the drug of «Zerebra agro»») to 8.24% (a treatment option electric field + drug «Zerebra agro»), depending on the way presowing treatment of seeds of sunflower hybrid LG 5550 from +to 3.67 (option processing «the drug of «Zerebra agro»») to +8,07% (treatment option «electric field + drug «Zerebra agro»), and the least of all EU Petunia hybrids from +3.13 (treatment option «preparation of «Zerebra agro»») to +6.87% (treatment option «electric field + preparation of «Zerebra agro»). The highest yield of sunflower was in 2015, the hybrid NC Neoma with complex pre-sowing treatment-3.07 t / ha, the increase in yield was 0.64 t / ha, the lowest yield with complex pre-sowing treatment was observed in 2017 in the hybrid EU Petunia and was 2.3 t / ha. The maximum profit per 1 ha for complex processing of sunflower seeds using the electric field method + the preparation «Zerebra agro» was obtained on a hybrid of sunflower NC Neoma 30329 rubles, with control (without processing) – 20774 rubles; profit on a hybrid of sunflower LG 5550 – 29809 rubles; profit on a hybrid of EU Petunia – 24829 rubles.

Key words: *electric field, tension, sunflower, yield, profitability.*

Citation. Petrov N. Yu., Yudaev I. V., Aksenov M. P., Plotnikov V. P. Improving the efficiency of sunflower cultivation by complex pre-seeding treatment of seeds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4 (60). 378-389 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-36.

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

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

УДК 631.811.98:635.649:631.67

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПУТЕМ КОМПЛЕКСНОЙ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Н. Ю. Петров¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

И. В. Юдаев², доктор технических наук, профессор

М. П. Аксенов¹, старший преподаватель

В. П. Плотников¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Азово-Черноморский инженерный институт –

филиал ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет, г. Зерноград

Дата поступления в редакцию 23.03.2020

Дата принятия к печати 31.09.2020

Актуальность. Для стабилизации повышенной урожайности достаточно успешно в России и за рубежом применяются разнообразные препараты, обеспечивающие помощь растениям в росте и развитии. Такие препараты имеют возможность активно влиять на жизнедеятельность растений. Применение регуляторов роста имеет существенное значение для сельского хозяйства особенно в зонах рискованного земледелия, к которым относится и Волгоградская область. Относительно новым препаратом, обладающим ростостимулирующим эффектом и успешно подавляющим патогенную микрофлору на семенах, является Зеребра Агро. Особое внимание в настоящее время уделяется экологической безопасности применяемых способов и методов обработки семян перед посевом. Одним из технологически эффективных и безопасных для окружающей среды и последующей пищевой переработки вариантов обработки является применение воздействий электрической природы на семенной материал. Из многообразия электрических обработок семян и электрической стимуляции растений следует выделить обработку в электрическом поле переменного напряжения, являющуюся наиболее просто реализуемой при наличии модульных типовых технических решений и обладающую энергетической, технологической, а также биологической эффективностью. Иссле-

довательский интерес и возможность внедрения в практику землепользователей представляют исследования по изучению влияния комплексной обработки семян перед посевом в электрическом поле переменного напряжения и регулятором роста Зеребра Агро. **Объект.** Объектом исследований являются гибриды подсолнечника НК Неома, ЛГ 5550, ЕС Петуния. **Материалы и методы.** Исследования по определению оптимальных технологических параметров (напряженность электрического поля, время воздействия), влияющих на лабораторную всхожесть семян подсолнечника, проводились в лаборатории «Техника высоких напряжений» Волгоградского ГАУ. Полевые исследования проводились на опытном участке в КФХ Егорушин А. Ю. в Михайловском районе Волгоградской области. **Результаты и выводы.** Анализ полученных данных лабораторных исследований позволил сделать вывод об оптимальных параметрах напряженности электрического поля и времени воздействия, при которых достигалась наибольшая всхожесть у гибридов подсолнечника: напряженность электрического поля 8 кВ/см и время воздействия 60-90 секунд, лабораторная всхожесть повышалась на 8-11 % по отношению к контролю. Применение препарата Зеребра Агро оказало положительный эффект на все исследуемые гибриды подсолнечника, лабораторная всхожесть повышалась на 5-6 %. Комплексная предпосевная обработка при экспериментально полученных оптимальных режимах способствовала повышению всхожести на 10-12 %. В среднем за три года проведенных исследований у гибрида подсолнечника НК Неома прибавка по полевой всхожести варьировала в пределах от +3,77 (вариант обработки «препарат Зеребра Агро») до 8,24 % (вариант обработки «электрическое поле + препарат Зеребра Агро»), в зависимости от способа предпосевной обработки семян, у гибрида подсолнечника ЛГ 5550 от +3,67 (вариант обработки «препарат Зеребра Агро») до +8,07 % (вариант обработки «электрическое поле + препарат Зеребра Агро») и меньше всего у гибрида ЕС Петуния от +3,13 (вариант обработки «препарат Зеребра Агро») до +6,87 % (вариант обработки «электрическое поле + препарат Зеребра Агро»). Наибольшая урожайность подсолнечника была в 2015 году, у гибрида НК Неома при комплексной предпосевной обработке – 3,07 т/га, прибавка урожайности составила 0,64 т/га, наименьшая урожайность при комплексной предпосевной обработке наблюдалась в 2017 году у гибрида ЕС Петуния и составляла 2,3 т/га. Максимальная прибыль с 1 га при комплексной обработке семян подсолнечника способом электрическое поле + препарат «Зеребра Агро» получена на гибриде подсолнечника НК Неома 30 329 рублей, при контроле (без обработки) – 20 774 рубля; прибыль на гибриде подсолнечника ЛГ 5550 – 29 809 рублей; прибыль на гибриде ЕС Петуния – 24 829 рублей.

Ключевые слова: предпосевная обработка семян, комплексная обработка семян, возделывание подсолнечника, урожайность подсолнечника, рентабельность возделывания подсолнечника.

Цитирование. Петров Н. Ю., Юдаев И. В., Аксенов М. П., Плотников В. П. Повышение эффективности возделывания подсолнечника путем комплексной предпосевной обработки семян. *Известия НВ АУК.* 2020. 4 (60). 378-389. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-36.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Подсолнечник является высокорентабельной культурой для с.-х. производителей, обеспечивая потребности населения страны в растительном масле, которое используется в пищу и применяется в пищевой промышленности, а также побочными продуктами переработки, используемыми в животноводстве в качестве корма сельскохозяйственных животных.

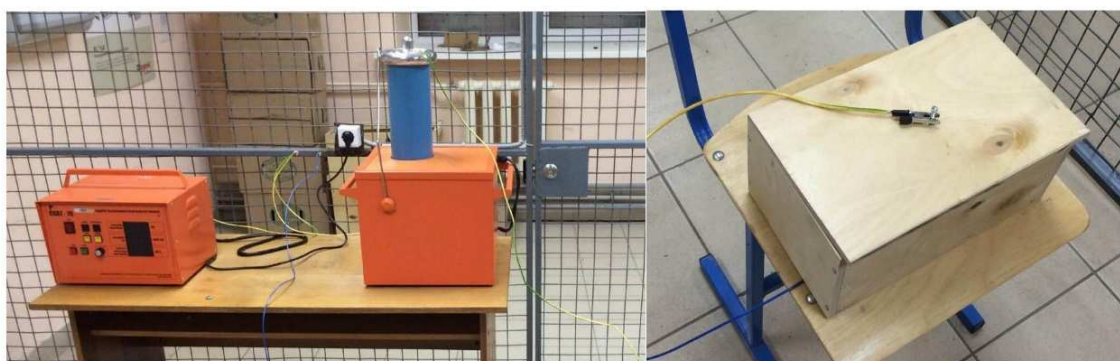
Подсолнечник, являясь теплолюбивым растением, по большей части возделывается в южных регионах страны, таких как Саратовская область, Краснодарский край, Ростовская, Воронежская и Волгоградская области, где ежегодно засеваются площади от 650 тыс. до 820 тыс. га, что позволяет входить в ТОП 5 регионов по площадям, заня-

тым под подсолнечником. Стабильный спрос на внутреннем рынке и увеличившиеся производственные мощности, перерабатывающие подсолнечник, а также возрастающие поставки подсолнечника и подсолнечного масла на экспорт стимулируют сельскохозяйственных производителей увеличивать посевные площади, доводя долю подсолнечника до 30-35 %, что может приводить к деградации, нарушению севооборота и истощению почв за счет одностороннего выноса минеральных питательных веществ.

Одним из ключевых показателей сельскохозяйственных культур, в том числе и для подсолнечника, является урожайность с 1 га. Средняя урожайность по стране составляет 1,72 т/га, при минимальной урожайности в Алтайском крае – 1,12 т/га до максимальной в Воронежской области – 2,67 т/га. Урожайность в Волгоградском регионе составляет всего 1,6 т/га, что значительно ниже показателя как соседней Воронежской области, так и в целом по стране. Урожайность собираемая в соседних регионах, близких по почвенно-климатическим показателям, свидетельствует об имеющемся потенциале культуры и необходимости как совершенствования существующих методов и приемов возделывания, так и применения новых агроприемов [8].

Научно обоснованными, влияющими на урожайность подсолнечника, являются приемы по обработке почвы [4, 9] соблюдение оптимальной густоты стояния [6, 10], соблюдение оптимальных сроков посева, применение регуляторов роста [7]. На подсолнечнике малоизученными являются способы предпосевной обработки семян перед посевом в электрическом поле. Исследования, проводимые учеными на различных с.-х. культурах, показывают эффективность применения электрофизических методов предпосевной обработки семян с целью повышения всхожести, стимуляции роста и развития, повышения качества получаемого урожая [2, 5, 11, 12, 13].

Материалы и методы. Исследования по определению оптимальных технологических параметров (напряженность электрического поля, время воздействия), влияющих на лабораторную всхожесть семян подсолнечника, проводились в лаборатории «Техника высоких напряжений» Волгоградского ГАУ. В качестве объектов исследований в лабораторных и полевых условиях были выбраны гибриды подсолнечника: НК Неома, ЛГ 5550, ЕС Петуния, включенные в государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию.



а)/а

б)/b

Рисунок 1 – Исследовательская установка:

- а) общий вид аппарата СКАТ-70; б) «рабочая» ячейка, в которой размещались между электродами обрабатываемые семена подсолнечника

Figure 1 – Research facility:

- a) General view of the scat-70 device; b) «working» cell, where processed sunflower seeds were placed between the electrodes

Задачей исследований являлось определение оптимального режима воздействия электрического поля на лабораторную всхожесть. Определение лабораторной всхожести семян подсолнечника, обработанных препаратом Зеребра Агро, определение лабораторной всхожести при комплексной предпосевной обработкой семян в электрическом поле и препаратом Зеребра Агро.

Для проведения лабораторных исследований влияния электрического поля переменного напряжения на лабораторную всхожесть была собрана установка, включающая в себя источник высокого напряжения (СКАТ-70), позволяющий получать переменное напряжение до 50 кВ, постоянное напряжение – до 70 кВ. Семена размещались в «ячейке» между двумя плоскими стальными электродами. Нижний электрод был неподвижным и являлся заземленным, верхний электрод являлся потенциальным электродом [1]. Семена размещались на нижнем электроде слоем 0,02 м.

При проведении исследований были выбраны напряженности электрического поля: 2, 4, 6, 8, 10 кВ/см. Время воздействия: 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 секунд.

Обработка семян препаратом Зеребра Агро осуществлялась полусухим протравливанием, путем распыления приготовленного раствора бытовым опрыскивателем.

При комплексной обработке семена обрабатывались в электрическом поле при определенных ранее оптимальных параметрах электрического поля и времени воздействия, после этого подвергались обработке препаратом Зеребра Агро. Обработанные семена укладывались на фильтровальную бумагу в чашки Петри и помещались для проращивания в термостат. Лабораторная всхожесть подсчитывалась на 5 сутки по ГОСТ 12038-84.

Результаты и обсуждение. Анализ данных лабораторных исследований позволил сделать вывод об оптимальных параметрах напряженности электрического поля и времени воздействия, при которых достигалась наибольшая всхожесть у гибридов подсолнечника: напряженность электрического поля 8 кВ/см и время воздействия 60-90 секунд, лабораторная всхожесть повышалась на 8-11 % по отношению к контролю. Применение препарата Зеребра Агро показало положительный эффект на все исследуемые гибриды подсолнечника, лабораторная всхожесть повышалась на 5-6 %. Комплексная предпосевная обработка при экспериментально полученных оптимальных режимах способствовала повышению всхожести на 10-12 %.

Таблица 1 – Лабораторная всхожесть семян подсолнечника в зависимости от способа предпосевной обработки

Table 1 – Laboratory germination of sunflower seeds depending on the method of pre-sowing treatment

Вариант обработки / Treatment option	Лабораторная всхожесть, % / Laboratory germination, %		
	НК Неома / NC Neoma	ЛГ 5550 / LG 5550	ЕС Петруния / EU Petunia
К/ К	87	85	83
П/ Р	95	93	94
ЭП/ EP	91	90	86
ЭП+П/ EP+ P	97	95	95

К-контроль / K-control; П-препарат Зеребра Агро / P-preparation of Silver agro; ЭП-электрическое поле / EP-electric field

Полевые опыты закладывались в 2015-2017 годах в Михайловском районе Волгоградской области на полях КФХ Егорушин А. Ю. по методике Б. А. Доспехова.

Норма высева – 60 тыс. штук всхожих семян подсолнечника на 1 га. Предшественником по всем годам являлась озимая пшеница. Почва опытного участка КФХ Егорушина А. Ю. по мощности гумусового горизонта относится к маломощным южным черноземам, среднесуглинистым. Использовалась сеялка СПБ-8 с шириной рабочего захвата 5,6 м, шириной основных междурядий 0,7 м.

Наибольший эффект по повышению всхожести был достигнут в 2015 году при комплексной обработке семян – от 7,8 до 9,2 %, при отдельном изучении влияния электрического поля и регулятора роста, максимальный прирост по полевой всхожести в 7,0 % наблюдался у гибрида НК Неома, минимальный – в 6,2 % у ЛГ 5550. У гибрида ЛГ 5550 был зафиксирован наибольший эффект от влияния регулятора роста – 5,0 % (таблица 2).

Таблица 2 – Полевая всхожесть гибридов подсолнечника в зависимости от способов предпосевной обработки семян

Table 2 – Field germination of sunflower hybrids depending on the methods of pre-sowing seed treatment

Вариант обработки / Treatment option	Полевая всхожесть, % / Field germination, %		
	НК Неома / NC Neoma	ЛГ 5550 / LG 5550	ЕС Петуния / EU Petunia
2015 год/2015 year			
К/ К	84,30	81,30	81,00
П/ Р	87,80	86,30	84,80
ЭП/ EP	91,30	87,50	87,30
ЭП+П/ EP+ P	93,50	91,50	88,80
НСП ₀₅ / NDS ₀₅	1,70	2,10	1,80
2016 год/2016 year			
К/ К	83,30	82,00	81,50
П/ Р	86,30	84,80	84,80
ЭП/ EP	89,00	86,80	86,80
ЭП+П/ EP+ P	90,80	89,50	88,30
НСП ₀₅ / NDS ₀₅	2,29	2,40	2,30
2017 год/2017 year			
К/ К	78,50	78,30	77,50
П/ Р	83,30	81,50	79,80
ЭП/ EP	84,00	82,50	82,30
ЭП+П/ EP+ P	86,50	84,80	83,50
НСП ₀₅ / NDS ₀₅	3,00	2,60	1,90

В 2016 году высев производили 20 мая, средняя температура воздуха составляла +23,1 °С. На контрольных вариантах, т.е. без предпосевной обработки изучаемыми стимулирующими факторами, полевая всхожесть у гибридов НК Неома и ЛГ 5550 составила 83,3 и 82,0 % соответственно, у гибрида ЕС Петуния всхожесть на контроле незначительно уступала гибриду ЛГ 5550 – 81,5 %. Всхожесть на контроле у гибрида ЕС Петуния была выше на 0,5 %, по сравнению с 2015 годом, у гибрида ЛГ 5550 была выше, чем было в 2015 году на 0,7 %, а вот у гибрида НК Неома меньше, чем была годом ранее на 1,0 %.

Влияние регулятора роста на полевую всхожесть выше всех было у гибрида ЕС Петуния: повышение всхожести составило 3,3 % и равнялось 84,8 %. Наименьший эффект применения регулятора роста был получен у гибрида ЛГ 5550 – прирост всего 2,8 % при общем показателе с данным фактором – 84,8 %. При комплексной предпосевной обработке наименьший положительный эффект был достигнут у гибрида ЕС Петуния (+6,8 %) полевая всхожесть – 88,3 %, у гибрида НК Неома (+7,5) всхожесть – 90,8 %, и у гибрида ЛГ 5550 (+7,5 %) всхожесть – 89,5 %.

Результаты полевых наблюдений в 2017 году по всем генотипам подсолнечника как при контроле, так и при предпосевной обработке оказались самими низкими. Посевные работы проводились 12 мая при средней температуре воздуха +18,1 °С. У ги-

брида НК Неома на контроле полевая всхожесть равнялась 78,5 %, при обработке регулятором роста – 83,3 % (+4,8 %), при предпосевной обработке в электрическом поле – 84,0 % (+5,5), при комплексной предпосевной обработке – 86,5 % (+8,0 %). Комплексная предпосевная обработка семян гибрида ЛГ 5550 повысила полевую всхожесть до 84,8% плюс 6,5 % по отношению к контролю равному 78,3 %. При обработке регулятором роста полевая всхожесть повысилась до 81,5 % (+3,2 %). При обработке в электрическом поле полевая всхожесть повысилась до 82,5 %.

Наибольшая урожайность подсолнечника была в 2015 году, у гибрида НК Неома при комплексной предпосевной обработке – 3,07 т/га [3], прибавка урожайности составила 0,64 т/га, наименьшая урожайность при комплексной предпосевной обработке наблюдалась в 2017 году у гибрида ЕС Петуния и составляла 2,3 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от способов предпосевной обработки семян

Table 3 – Yield of sunflower hybrids depending on the methods of pre-sowing seed treatment

Вариант обработки / Treatment option	Урожайность, т/га / Yield, t / ha					
	НК Неома / NC Neoma		ЛГ 5550 / LG 5550		ЕС Петуния / EU Petunia	
	среднее за 3 года/ average for 3 years	отклонение от контроля/ deviation from control	среднее за 3 года/ average for 3 years	отклонение от контроля/ deviation from control	среднее за 3 года/ average for 3 years	отклонение от контроля/ deviation from control
К / К	2,26	-	2,19	-	2,03	-
П / Р	2,50	+0,24	2,43	+0,24	2,23	+0,20
ЭП / ЕР	2,62	+0,36	2,57	+0,38	2,34	+0,35
ЭП+П / ЕР+ Р	2,90	+0,64	2,72	+0,53	2,48	+0,46

Оценку экономической эффективности технологий возделывания подсолнечника производили с помощью показателей рентабельности.

Рентабельность отражает в процентном отношении прибыль от реализации полученного урожая к общим затратам материальных средств на производство. Данный показатель позволяет установить величину полученной прибыли на каждый рубль вложенных средств. Следовательно, повышение рентабельности возможно за счет снижения затрат путем применения экономически эффективных способов предпосевной обработки семян. Кроме экономической составляющей, в погоне за прибылью необходимо также учитывать экологические последствия как на среду воздействия сельскохозяйственной культуры, так и на продукты их переработки.

При определении экономической эффективности применения способов предпосевной обработки семян подсолнечника учитывали как натуральные, так и стоимостные показатели. Расчеты экономической оценки производили на основе технологических карт и установившихся рыночных цен.

Анализ результатов экономической эффективности показывает, что применение способов предпосевной обработки семян подсолнечника: препарат «Зеребра Агро», электрическое поле, комплексной обработки в электрическом поле + препаратом «Зеребра Агро» позволяют снизить себестоимость маслосемян подсолнечника. Так, при обработке семян гибрида подсолнечника НК Неома препаратом «Зеребра Агро» себестоимость равнялась 5390 рублей за 1 т, при обработке в электрическом поле переменного напряжения – 5176 рублей за 1 т, при комплексной обработке электрическим полем + препаратом «Зеребра Агро» – 4542 рубля за 1 т, а на контроле (без обработки) – 5808 рублей за 1 т.

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания подсолнечника в зависимости от способа предпосевной обработки в среднем за период 2015-2017 гг.

Table 4 – Economic efficiency of sunflower cultivation depending on the method of pre-sowing treatment on average for the period 2015-2017

Вариант обработки / Treatment option	Урожайность, т/га/ Yield, t / ha	Затраты средств на 1 га, руб./ Cost of funds per 1 ha, RUB.	Цена реализации 1 т, руб./ Sales price of 1 ton, RUB.	Себестоимость 1 т, руб./ Cost of 1 ton, RUB.	Стоимость валовой продукции с 1 га, руб./ The cost of gross output with 1 ha, RUB	Прибыль с 1 га, руб./ Profit from 1 ha, RUB	Рентабельность, %/ Profitability, %
НК Неома / NC Neoma							
К/ К	2,26	13126	15000	5808	33900	20774	158
П/ Р	2,44	13151	15000	5390	36600	23449	178
ЭП/ EP	2,54	13146	15000	5176	38100	24954	190
ЭП+П/ EP+ P	2,90	13171	15000	4542	43500	30329	230
ЛГ 5550/LG 5550							
К/ К	2,19	10946	15000	4998	32850	21904	200
П/ Р	2,43	10971	15000	4515	36450	25479	232
ЭП/ EP	2,57	10966	15000	4267	38550	27584	252
ЭП+П/ EP+ P	2,72	10991	15000	4041	40800	29809	271
ЕС Петуния/EU Petunia							
К/ К	2,03	12326	15000	6072	30450	18124	147
П/ Р	2,23	12351	15000	5539	33450	21099	171
ЭП/ EP	2,34	12346	15000	5276	35100	22754	184
ЭП+П/ EP+ P	2,48	12371	15000	4988	37200	24829	201

При аналогичной обработке семян гибрида подсолнечника ЛГ 5550 себестоимость маслосемян подсолнечника снизилась с 4515 до 4041 рубля за 1 т, а на контроле (без обработки) она составляла 4998 рублей за 1 т.

В то же время при обработке семян гибрида ЕС Петуния себестоимость маслосемян подсолнечника снизилась с 5539 до 4988 рублей за 1 т, а на контроле (без обработки) она составляла 6072 рубля за 1 т.

Применение способов предпосевной обработки привело к повышению прибыли с 1 га. Данный показатель достиг максимального значения при комплексной обработке семян подсолнечника препаратом «Зеребра Агро» и электрическим полем переменного напряжения и составил на гибриде подсолнечника НК Неома 30 329 рублей, а на контроле (без обработки) – 20 774 рубля; на гибриде подсолнечника ЛГ 5550 – 29 809 рублей, а на контроле (без обработки) – 21 904 рубля; на гибриде ЕС Петуния – 24 829 рублей, а на контроле (без обработки) – 18 124 рубля.

Рентабельность на гибридах подсолнечника НК Неома, ЛГ 5550 и ЕС Петуния на контроле (без обработки) варьировалась в пределах 147-200 %.

Обработка семян подсолнечника препаратом «Зеребра Агро» способствовала повышению рентабельности. На гибриде подсолнечника НК Неома она равнялась 178 %, на гибриде подсолнечника ЛГ 5550 – 232 % и на гибриде подсолнечника ЕС Петуния – 171 % (рисунок 2).

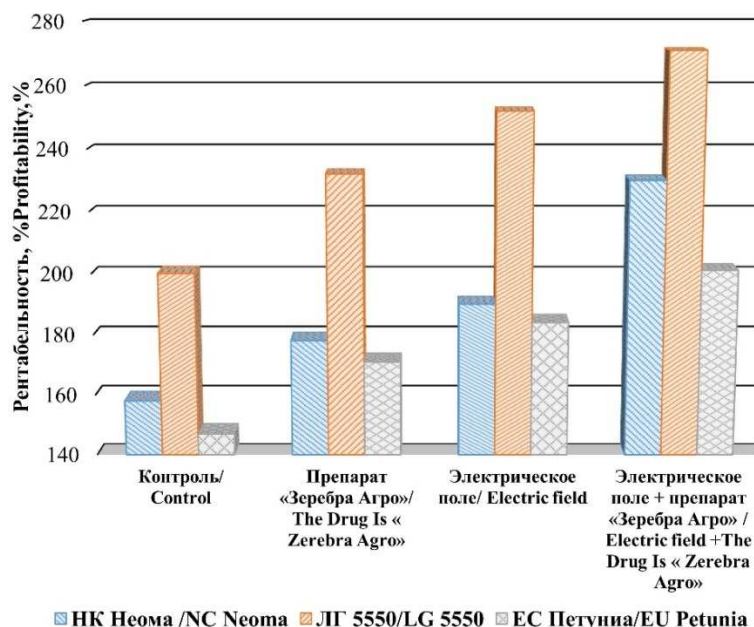


Рисунок 2 – Рентабельность гибридов подсолнечника в зависимости от способа предпосевной обработки

Figure 2 – Profitability of sunflower hybrids depending on the method of pre-sowing treatment

При обработке семян в электрическом поле переменного напряжения значения рентабельности были выше, чем при обработке препаратом «Зеребра Агро». На гибриде подсолнечника НК Неома она равнялась 190 %, на гибриде подсолнечника ЛГ 5550 – 252 % и на гибриде подсолнечника ЕС Петуния – 184 %.

При применении комплексной предпосевной обработки было достигнуто максимальное значение рентабельности и составляло на гибридах подсолнечника НК Неома, ЛГ 5550 и ЕС Петуния 230 %, 271 % и 201 % соответственно.

Выводы. Результаты проведенных лабораторных исследований по влиянию электрического поля на лабораторную всхожесть при предпосевной обработке показали, что величина напряженности электрического поля и время воздействия оказывали существенное влияние на повышение лабораторной всхожести семян гибридов подсолнечника. Лабораторная всхожесть повышалась на 8...11 % в зависимости от гибрида подсолнечника.

Комплексная предпосевная обработка повышала полевую всхожесть у гибрида НК Неома на 8,0 % и равнялась 86,5 %. У гибрида ЛГ 5550 полевая всхожесть повысилась до 84,8% плюс 6,5 % по отношению к контролю, равному 78,3 %. У гибрида ЕС Петуния полевая всхожесть при комплексной предпосевной обработке равнялась 88,3%.

Наибольшая урожайность подсолнечника была в 2015 году, у гибрида НК Неома при комплексной предпосевной обработке – 3,07 т/га, прибавка урожайности составила 0,64 т/га.

Предпосевная обработка семян комплексным способом (электрическое поле + препарат Зеребра Агро) способствовала повышению рентабельности. Рентабельность составляла у гибридах подсолнечника НК Неома – 230 %, у гибрида ЛГ 5550 – 271 %, у гибрида ЕС Петуния – 201 %.

Библиографический список

1. Аксенов М. П., Юдаев И. В., Петров Н. Ю. Результаты исследований стимуляции семян подсолнечника НК Неома электромагнитным полем и регулятором роста Зеребра Агро // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 1 (21). С. 153-158.
2. Бастрон А. В., Исаев А. В., Мещеряков А. В. Эффективные режимы предпосевной обработки семян рыжика в электромагнитном поле сверхвысокой частоты // Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 1 (33). С. 4-7.
3. Беленков А. И., Аксенов М. П., Юдаев И. В. Влияние комплексной предпосевной обработки семян на фитосанитарное состояние посевов подсолнечника в зоне черноземных почв Волгоградской области // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 92-103.
4. Большисов Е. А. Экологическая адаптивность гибридов к различным почвенно-климатическим условиям в зависимости от некоторых элементов агротехники // Масличные культуры. 2015. № 2(162). С. 40-49.
5. Исаев А. В., Бастрон А. В., Яхонтова В. С. Исследование влияния степени неравномерности нагрева семян рапса в ЭМП СВЧ на их энергию прорастания и всхожесть // Вестник КрасГАУ. 2016. № 4. С. 131-137.
6. Лукомец В. М., Тишков Н. М. Урожайность и качество семян у сортов крупноплодного подсолнечника в зависимости от густоты стояния растений // Масличные культуры. 2019. № 1 (177). С. 31-39.
7. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Чижиков С. А. Реакция гибридов подсолнечника на применение биологически активных веществ в подзоне южных черноземов Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 40-46.
8. Приемы повышения урожайности маслосемян подсолнечника на черноземных почвах Нижнего Поволжья / Г. А. Медведев, В. М. Иванов, В. Н. Чурзин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 52-56.
9. Столяров О. В., Колодяжный С. В. Влияние обработки почвы и норм высева на урожайность подсолнечника, выращиваемого по системе EXPRESS SUNTM // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (57). С. 13-19.
10. Тишков Н. М., Тильба В. А., Шкарупа М. В. Влияние густоты стояния растений на продуктивность сортов крупноплодного подсолнечника // Масличные культуры. 2018. № 2 (174). С. 41-46.
11. Effect of magnetic field on germination, seedling growth and cytogenetic of onion (*Allium cepa* L.) / M. Hozayn, A.A. Amal, EL-Mahdy, H. M. H. Abdel-Rahman // African Journal of Agricultural Research. 2015. № 10 (8). P. 849-857.
12. New approach to study stimulating effect of the pre-sowing barley seeds treatment in the electromagnetic field / A. S. Kasakova, I. V. Yudaev, M. G. Fedorishchenko, S. Y. Mayboroda, N. V. Ksenz, S. M. Voronin // OnLine Journal of Biological Sciences. 2018. № 18 (2). Pp. 197-207.
13. Pre-sowing treatment of *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. seeds with electric field of high voltage / I. Yudaev, D. Ivushkin, M. Belitskaya, I. Gribust // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 403(1). 012078.

Conclusions. The results of laboratory studies on the effect of the electric field on laboratory germination during pre-sowing treatment showed that the magnitude of the electric field strength and the time of exposure had a significant effect on increasing the laboratory germination of sunflower hybrid seeds. Laboratory germination increased by 8...11% depending on the sunflower hybrid.

Complex pre-sowing treatment increased field germination in the hybrid NK Neoma by 8.0% and was equal to 86.5 %. The hybrid LG 5550 field germination increased to 84.8% plus 6.5 % in relation to the control equal to 78.3%. The EU Petunia hybrid had a field germination rate of 88.3% during complex pre-sowing treatment.

The highest yield of sunflower was in 2015, the hybrid NC Neoma with complex pre-sowing treatment-3.07 t / ha, the increase in yield was 0.64 t / ha.

Pre-sowing treatment of seeds in a complex way (electric field + preparation of Zerebra agro) helped to increase profitability. The profitability was 230% for neoma sunflower hybrids, 271% for LG 5550 hybrid, and 201% for EU Petunia hybrid.

Reference

1. Aksenov M. P., Yudaev I. V., Petrov N. Yu. Rezul'taty issledovaniy stimulyacii semyan podsolnechnika NK Neoma jelektromagnitnym polem i regulyatorom rosta Zerebra Agro // Vestnik APK Stavropol'ya. 2016. № 1 (21). P. 153-158.
2. Bastron A. V., Isaev A. V., Mescheryakov A. V. Jefferektivnye rezhimy predposevnoj obrabotki semyan ryzhika v jelektromagnitnom pole sverhvysokej chastoty // Vestnik APK Stavropol'ya. 2019. № 1 (33). P. 4-7.
3. Belenkov A. I., Aksenov M. P., Yudaev I. V. Vliyanie kompleksnoj predposevnoj obrabotki semyan na fitosanitarnoe sostoyanie posevov podsolnechnika v zone chernozemnyh pochv Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2018. № 1. P. 92-103.
4. Bol'disov E. A. }kologicheskaya adaptivnost' gibridov k razlichnym pochvenno-klimaticheskim usloviyam v zavisimosti ot nekotoryh jelementov agrotehniki // Maslichnye kul'tury. 2015. № 2(162). P. 40-49.
5. Isaev A. V., Bastron A. V., Yahontova V. S. Issledovanie vliyaniya stepeni neravnomernosti nagreva semyan rapsa v JeMP SVCh na ih jenergiyu prorastaniya i vsxozhest' // Vestnik KrasGAU. 2016. № 4. P. 131-137.
6. Lukomec V. M., Tishkov N. M. Urozhajnost' i kachestvo semyan u sortov krupnoplodnogo podsolnechnika v zavisimosti ot gustoty stoyaniya rastenij // Maslichnye kul'tury. 2019. № 1 (177). P. 31-39.
7. Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G., Chizhikov S. A. Reakciya gibridov podsolnechnika na primeneniye biologicheskij aktivnyh veschestv v podzone yuzhnyh chernozemov Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 4 (48). P. 40-46.
8. Priemy povysheniya urozhajnosti maslosemyan podsolnechnika na chernozemnyh pochvah Nizhnego Povolzh'ya / G. A. Medvedev, V. M. Ivanov, V. N. Churzin [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. № 4 (40). P. 52-56.
9. Stolyarov O. V., Kolodyazhnyj S. V. Vliyanie obrabotki pochvy i norm vyseva na urozhajnost' podsolnechnika, vyraschivaemogo po sisteme EXPRESS SUNTM // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 2 (57). P. 13-19.
10. Tishkov N. M., Til'ba V. A., Shkarupa M. V. Vliyanie gustoty stoyaniya rastenij na produktivnost' sortov krupnoplodnogo podsolnechnika // Maslichnye kul'tury. 2018. № 2 (174). P. 41-46.
11. Effect of magnetic field on germination, seedling growth and cytogenetic of onion (*Allium cepa* L.) / M. Hozayn, A.A. Amal, EL-Mahdy, H. M. H. Abdel-Rahman // African Journal of Agricultural Research. 2015. № 10 (8). P. 849-857.
12. New approach to study stimulating effect of the pre-sowing barley seeds treatment in the electromagnetic field / A. S. Kasakova, I. V. Yudaev, M. G. Fedorishchenko, S. Y. Mayboroda, N. V. Ksenz, S. M. Voronin // OnLine Journal of Biological Sciences. 2018. № 18 (2). Pp. 197-207.
13. Pre-sowing treatment of *ROBINIA PSEUDOACACIA* L. seeds with electric field of high voltage / I. Yudaev, D. Ivushkin, M. Belitskaya, I. Gribust // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 403(1). 012078.

Authors Information

Petrov Nikolay Yuryevich, Professor, Department of Technology for Storage and Processing of Agricultural Products, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation 400002, Volgograd, pr. Universitetskij, 26), Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Yudaev Igor Viktorovich, Deputy Director for Research work of the Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Don State Agrarian University (347740, Zernograd, Lenin St., 21), professor Operation of Power Installations and Electrical Machines department, Doctor of Technical Sciences, professor.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-4873>. E-mail: etsh1965@mail.ru

Aksenov Mikhail Petrovich, Senior Lecturer of the Department “Theoretical Foundations of Electrical Engineering and Power Supply”, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Universitetsky pr., Volgograd, 400002),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1619-655X> E-mail: aksenovmp@mail.ru

Plotnikov Vladimir Petrovich, Associate Professor of the Department of Private Zootechny, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation 400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), candidate agricultural sciences, associate professor.

Информация об авторах

Петров Николай Юрьевич, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Юдаев Игорь Викторович, заместитель директора по научной работе Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ (РФ, Ростовская область, Зерноградский р-н, г. Зерноград, ул. им. Ленина, 21), профессор кафедры «Эксплуатация энергетического оборудования и электрические машины», доктор технических наук, профессор.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-4873>. E-mail: etsh1965@mail.ru.

Аксенов Михаил Петрович, старший преподаватель кафедры «Теоретические основы электротехники и электроснабжение» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1619-655X> E-mail: aksenovmp@mail.ru

Плотников Владимир Петрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат с. х. наук, доцент.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-37

MODERN SPECIALIZED BLADES AND ADAPTERS FOR SOYBEAN HARVESTING

A. I. Ryadnov¹, M. E. Chaplygin², S. V. Tronev¹, S. A. Davydova²

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

² *Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center
of the All-Russian Institute of Mechanization», Moscow, Russia*

Received 06.09.2020

Submitted 25.11.2020

Summary

The article describes the basic agrotechnical requirements for soybean combine harvesting. The current model range of adapters and headers used by agricultural producers for harvesting is analyzed. The design features and purpose of the headers and adapters to be used are studied. The results of experimental studies using dedicated soybean harvesting headers manufactured by Rostselmash in the real economic conditions of the Southern Federal District of the Russian Federation and a theoretical calculation of the optimal length of the header table are presented. Studies of combine harvesters from Rostselmash (Nova 340, Vector, TORUM) having various designs of threshers (single-drum; axial-flow) have shown that RSM-181 TORUM 750+ZhSU-900 and RSM-181 TORUM 740+ZhSU-700 combine harvesters have high productivity per hour of the main period equal to 5.20 and 4.80 ha / h respectively. This can be explained by the presence of a large working width header, a high speed of movement and an axial-flow thresher used on the combine.

Abstract

Introduction. A soybean is one of the key crops of world agriculture. In Russia, over the past ten years, the crop has grown more than 5 times, while its consumption is also growing. This is due to the high yield and high (up to 50%) protein content in the beans. However, high yields of soybeans can be obtained only when it is cultivated using the principles of zonal farming and the availability of specialized equipment designed for harvesting crops with minimal losses. **The purpose** of this work are the basic agrotechnical requirements for soybean combine harvesting and the current model range of adapters and headers used by agricultural producers for harvesting is analyzed. **Materials and methods.** Information materials from world leading agricultural machinery companies published in the periodicals and the regulatory framework were used. In the process of study, methods of comprehensive structural-dynamic analysis, an expert-analytical method of processing information, and other methods of economic theory were used. **Results.** After the studies have been performed, we can conclude that there is a wide range of current dedicated headers and adapters for soybean harvesting. The current dedicated headers and adapters from various manufacturers differ in details: the presence or absence of an electronic terrain relief following system (for example, ClaasAutoContour system); the possibility of folding into a transport position and changes in the level of cut height. Unlike European manufacturers, some American firms optionally offer a conveyor belt as an alternative to the auger (a more even flow of the mowed mass, threshing of soy is facilitated, injury to beans is reduced, the throughput of the threshing system is increased, however, it has a higher cost, more parts are subject to operational wear, and there is a greater required drive power.). **Conclusion.** The results of experimental studies of grain harvesters of LLC «Combine Plant – Rostselmash» (Nova 340, Vector, TORUM) with various design schemes of a threshing-separating apparatus (single-drum; axial-rotary) in real economic conditions of the Southern Federal District of the Russian Federation are presented, and also experimentally confirmed the feasibility of increasing the diameter of the screw.

Key words: soybeans, harvesting, combine harvesters, current dedicated headers, adapters.

Citation. Ryadnov A. I., Chaplygin M. E., Tronev S. V., Davydova S. A. Modern specialized blades and adapters for soybean harvesting. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 389-402 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-37.

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 631.354

СОВРЕМЕННЫЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ЖАТКИ И АДАПТЕРЫ ДЛЯ УБОРКИ СОИ

А. И. Ряднов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М. Е. Чаплыгин², кандидат технических наук

С. В. Тронеv¹, доктор технических наук, доцент

С. А. Давыдова², кандидат технических наук

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва

Дата поступления в редакцию 06.09.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

Актуальность. Соя – одна из ключевых культур мирового сельского хозяйства. В России за последние десять лет урожай вырос более чем в 5 раз при этом растет и её потребление. Это связано с большой урожайностью и высоким (до 50 %) содержанием белка в бобах. Однако высокие урожаи сои можно получать только при возделывании ее на основе использования принципов зонального земледелия и наличии специализированной техники, предназначенной для уборки культуры с минимальными потерями. **Объект.** Объектом исследований яв-

ляются агротехнические требования, предъявляемые к комбайновой уборке сои и современный модельный ряд адаптеров и жаток, применяемых сельхозтоваропроизводителями для уборки культуры. **Материалы и методы.** Использовались информационные материалы мировых компаний-лидеров по производству сельскохозяйственной техники, опубликованные в периодической печати, нормативно-правовая база. В процессе исследования использовались методы комплексного структурно-динамического анализа, экспертно-аналитический способ обработки информации и другие методы экономической теории. **Результаты и выводы.** В результате изучения конструктивных особенностей современных жаток и адаптеров выявлен широкий ряд современных специализированных технических средств для уборки сои, которые отличаются в деталях: наличие или отсутствие электронной системы копирования рельефа (например, система AutoContour фирмы Claas); возможность складывания в транспортное положение, изменения уровня; использование опционально в качестве альтернативы шнеку ленточного транспортера. Приведены результаты экспериментальных исследований зерноуборочных комбайнов ООО «КЗ» Ростсельмаш» (Nova 340, Vector, TORUM) с различными конструктивными схемами молотильно-сепарирующего аппарата (однобарабанная; аксиально-роторная) в реальных хозяйственных условиях Южного федерального округа Российской Федерации, а также экспериментально подтверждена целесообразность увеличения диаметра шнека.

Ключевые слова: соя, уборка сои, зерноуборочные комбайны, специализированные жатки, адаптеры.

Цитирование. Ряднов А. И., Чаплыгин М. Е., Тронеv С. В., Давыдова С. А. Современные специализированные жатки и адаптеры для уборки сои *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 389-402. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-37.

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. В мировом земледелии соя занимает четвертое место после таких культур, как пшеница, кукуруза и рис, и первое среди зернобобовых культур. Суммарное содержание белка и жира в семенах достигает 70 %, в зерне сои белка – до 43 %, углеводов – 18-20; масла – до 25 %. Причем белок сои по составу и количественному содержанию незаменимых аминокислот относится к полноценным белкам и по биологической ценности приближается к белкам мяса [9]. Высокие урожаи сои можно получать только при возделывании ее на основе использования принципов зонального земледелия: оптимально решены вопросы подбора сортов, места в севообороте; разработана сортовая агротехника, система удобрений в сочетании с комплексом мероприятий по борьбе с вредителями, болезнями и сорняками; при наличии специализированной техники предназначенной для уборки культуры с минимальными потерями.

Уборка сои в производственных посевах начинается в фазе полной спелости, влажность зерен должна составлять не менее 14-16 %, т.к. при меньшей (11–12 %) бобы становятся хрупкими, легко дробятся (увеличение потерь зерна), в их оболочке образуются трещины (снижение всхожести), через которые внутрь проникают возбудители заболеваний; при повышенной влажности (более 20 %) семена деформируются, зародыш повреждается. В зависимости от влажности зерна частота вращения молотильного барабана устанавливается в пределах 450–800 об/мин. При созревании соя сбрасывает листья и, как правило, не полегает, поэтому уборку проводят прямым комбайнированием в фазе полной спелости зерноуборочными комбайнами с переоборудованными на низкий срез (6-8 см) жатками или специальными адаптерами, навешиваемыми на зерновую жатку. Поскольку уборка зачастую усложняется наличием на поле неровностей

и камней, комбайновая уборка сои должна иметь надежную систему копирования рельефа поля. Оптимальной рабочей скоростью уборочного агрегата является 3–4 км/ч, на участках с выровненным микрорельефом – до 5 км/ч. Использование на уборке культуры комбайна, не оснащенного специальным адаптером или жаткой, приводит к потере примерно 10-15 % урожая, при этом, согласно ГОСТ 17109-88 «Соя. Требования при заготовках и поставках», потери зерна не должны превышать 2-3 %, дробление зерна – не более 3 %, наличие сорных примесей и почвы в семенах – не более 4-5 %. Чтобы избежать потерь при уборке сои, сельхозтоваропроизводители должны иметь новые технологии и технику, адаптированные под данную пластичную культуру [1-4].

В данной статье проведен анализ современных специализированных адаптеров и жаток, применяемых при уборке сои, и выполнен теоретический расчет оптимальной длины стола жатки.

Материалы и методы. Основой исследования послужили информационные материалы мировых компаний-лидеров по производству сельскохозяйственной техники, опубликованные в периодической печати, нормативно-правовая база. В процессе исследования использовались методы комплексного структурно-динамического анализа, экспертно-аналитический способ обработки информации. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с ГОСТ 20915-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний».

Результаты. Проведенные исследования показали, что для уборки сои существует большое количество современных жаток и специализированных адаптеров, которые отлично приспособлены для низкого среза культуры с минимальными потерями.

Обсуждение. При уборке сои возникают следующие виды потерь урожая: высыпание зерен из бобов, разрезанных режущим аппаратом жатки; бобы сои, оставшиеся ниже уровня среза; на стеблях, срезанных, но не попавших в комбайн, а также на polegших стеблях [10]. Для решения данной проблемы необходимо использование жаток с гибким режущим аппаратом. В наименованиях их моделей у зарубежных производителей можно встретить слово Flex, т. е. «гибкий». Отечественные сельхозтоваропроизводители чаще называют их «соевыми» жатками, или «универсальными с возможностью обеспечить низкий срез убираемой культуры». Например, для уборки сои, зерновых колосовых, зернобобовых, крупяных культур прямым комбайнированием, на равнинных полях предназначены жатки: отечественная жатка от ООО «КЗ» Ростсельмаш ЖСУ «Float Stream» (рисунок 1а) с шириной захвата 6,0–9,0 м в агрегате с самоходным зерноуборочным комбайном (Vector, Acros, Torum); TerraFlex 3020 (рисунок 1б) с шириной захвата 6,7–11,2 м с самоходным зерноуборочным комбайном Case IH; Maxflex (рисунок 1в) с шириной захвата 7,5–10,5 м с самоходным зерноуборочным комбайном Claas; SuperFlex (рисунок 1г) с шириной захвата 6,7–11,2 м предназначена с самоходным зерноуборочным комбайном New Holland; 600F HydraFlex (рисунок 1д) с шириной захвата 6,0–10,7 м с самоходным зерноуборочным комбайном John Deere. Диапазон изгиба плавающего ножа у ЖСУ «Float Stream» составляет 10 см, TerraFlex 3020 – 11,5; Maxflex – 18,0; SuperFlex – 11,0; 600F HydraFlex – 15,0 см. Регулировка высоты среза у данных жаток производится в пределах от 3 до 14 см над поверхностью почвы, у жаток SuperFlex и 600F HydraFlex максимальная высота среза 38 см. Жатки состоят из рамы с каркасом, мотовила, режущего аппарата, шнека, делителей (правого и левого), гидросистемы привода рабочих органов и электрооборудования управления функциями жатки. Для уборки зерновых колосовых, зернобобовых, крупяных культур на равнинных полях с уклоном не более 8° компания John Greaves производит жатки для уборки сои (рисунок 1е) с шириной захвата 7,5–9,0 м. Жатка имеет возможность агрегатироваться с

любой маркой зерноуборочного комбайна. Диапазон изгиба плавающего ножа составляет 11,0 см, высота среза – от 3 до 20 см. Из кабины комбайна с помощью гидравлики производится регулировка положения мотовила в вертикальном и горизонтальном положениях. Регулировка оборотов мотовила производится гидромотором или вариатором (в зависимости от модели комбайна).

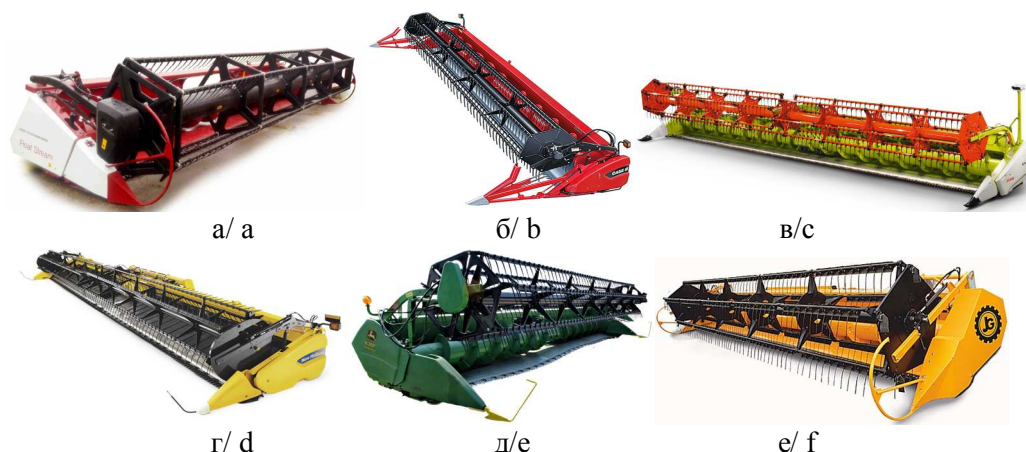


Рисунок 1 – Современные жатки для уборки сои: а – ЖСУ «Float Stream» (ООО «КЗ» Ростсельмаш); б – TerraFlex 3020 (Case IH); в – Maxflex (Claas); г – SuperFlex (New Holland); д – 600F HydraFlex (John Deere); е – жатка для уборки сои (John Greaves)

Figure 1 – Current soybean headers: а – ZhSU Float Stream (Rostselmash); б – TerraFlex 3020 (Case IH); в – Maxflex (Claas); д – SuperFlex (New Holland); е – 600F HydraFlex (John Deere); ф – soybean harvester (John Greaves)

Конструктивно-технологический анализ показал, что все соевые жатки имеют одну общую конструктивную особенность: жатка в рабочем положении практически лежит на земле, поддерживаемая лишь расположенными по всей ширине захвата копирующими башмаками в нижней части режущего аппарата. При попадании одного из башмаков на неровность (земля, камни) начинается подъем вверх той части гибкого режущего аппарата, которая находится над башмаком. При наличии углубления башмак опускает часть режущего аппарата вниз. В зависимости от производителя и модели жатки режущий аппарат способен отклоняться на высоту до 30 см в обоих направлениях, степень гибкости зависит от степени преднатяжения режущего аппарата. Таким образом, современные соевые жатки способны срезать стеблестой на высоте всего 2,5 см от поверхности поля по всей ширине захвата и огибая все неровности микрорельефа, что приводит к снижению потерь бобов сои. Отличительными особенностями «гибких» жаток являются важность значения их собственной массы (чем легче жатка, тем более чувствительны копирующие башмаки и тем лучше копируется микрорельеф поля); возможность использования при уборке традиционных культур (режущий механизм соевой жатки фиксируется вручную или из кабины комбайна с помощью гидравлики, после чего жатка работает как обычная с жесткой конструкцией режущего аппарата).

Для уборки сои с минимальными потерями также распространены в использовании специализированные адаптеры, монтируемые на зерновые жатки. Известен адаптер «Soja-Flex» фирмы Biso Schratteneker (рисунок 2а), который предназначен для уборки сои, гороха, зернобобовых, крупяных культур путем переоборудования зерновых жаток зарубеж-

ных производителей комбайнов Claas, New Holland, John Deere. ООО «МЗ» «Санфлоромаш» производит адаптер ПСМ «Ettaro», который предназначен для уборки сои, гороха, зернобобовых, крупяных культур путем переоборудования любых зерновых жаток российских и зарубежных производителей комбайнов. Диапазон изгиба плавающего ножа составляет 10 см, регулировка высоты среза производится от 2 см над поверхностью почвы.



Рисунок 2 – Современные адаптеры для уборки сои: а – «Soja-Flex» (Biso Schratteneker); б – ПСМ «Ettaro» (ООО «МЗ» «Санфлоромаш»)

Figure 2 – Current adapters for soybean harvesting: a – Soja-Flex (Biso Schratteneker); b – RSM Ettaro (Sanfloromash)

Проведенные исследования показали, что современные жатки и специализированные адаптеры различных производителей отличаются в деталях: наличие или отсутствие электронной системы копирования рельефа (например, система AutoContour фирмы Claas); возможность складывания в транспортное положение, изменения уровня высоты среза; замена шнека ленточным транспортером, который способствует более равномерному потоку скошенной массы; облегчает обмолот сои; уменьшает травмирование бобов; увеличивает пропускную способность системы обмолота; но при этом имеет более высокую стоимость; большее количество подверженных эксплуатационному износу деталей; большую потребность в мощности привода.

Режущий аппарат, применяемый на всех рассматриваемых жатках и специальных адаптерах, предназначенных для уборки сои (рисунок 3) сегментно-пальцевого типа, представляет собой гибкий брус, к которому при помощи болтокрепёжа крепятся штампованные пальцы, нож, пластины трения и камнеотбойники. На корпусе жатки режущий аппарат устанавливается с помощью шарнирных подпружиненных рычагов. В качестве пружины служат гибкие щитки днища, изготовленные из пружинной стали. Кроме того, на левой боковине жатки имеются две пружины для вывешивания редуктора привода ножа.

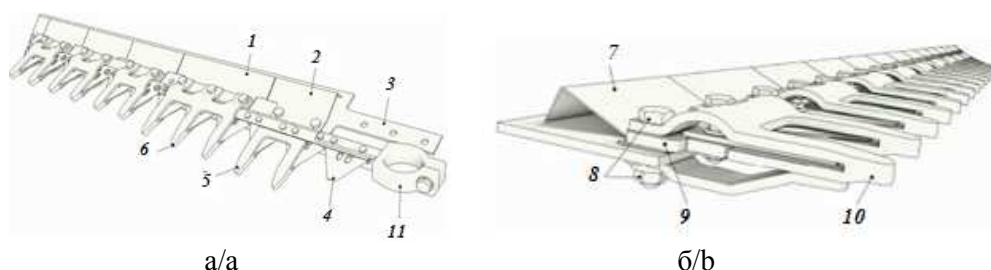


Рисунок 3 – Режущий аппарат: а – брус в сборе; б – стандартные заводские камнеотбойники (1, 2 – камнеотбойник; 3 – брус; 4 – сегмент режущий; 5 – палец крайний; 6 – палец прижимной; 7 – камнеотбойник; 8 – болтокрепёж; 9 – пластина трения; 10 – палец крайний; 11 – головка ножа)

Figure 4 – Cutterbar: a – bar assembly; b – standard factory-made stone guards (1, 2 – stone guard; 3 – bar; 4 – cutting segment; 5 – outer pin; 6 – holding pin; 7 – stone guard; 8 – fixing bolts; 9 – friction plate; 10 – outer pin; 11 – blade head)

По данным российской аналитической компании «АСМ-холдинг», наибольшее распространение на российском рынке получили жатки ЖСУ 500, ЖСУ 700, ЖСУ-700 ЕГР АО «Клевер», которая выпускает свыше 100 модификаций прицепной и навесной техники под всемирно известным брендом «Ростсельмаш». Для анализа эксплуатационно-технологических показателей зерноуборочных комбайнов с жатками ООО «КЗ» Ростсельмаш и выявления потерь урожая на уборке сои были проведены экспериментальные исследования в соответствии с ГОСТ 20915-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний» в реальных хозяйственных условиях агропредприятий находящихся в зоне Южного федерального округа. Условия проведения уборки посевов сои сорта «Вилана» представлены в таблице 1 и соответствовали нормативным агротехническим показателям для данной зоны.

Таблица 1 – Основные показатели условий проведения испытаний
по уборке сои комбайнами

Table 1 – Key indicators of testing conditions for soybean
harvesting using combines

Наименование показателя / Indicator	Единица измерения / Unit	Средние значения показателя / Average indicator value
Спелость / Ripeness	%	100
Урожайность / Crop yield	ц/га / Hundredweight / ha	22,8
Полеглость / Down crop rating	%	10,2
Засоренность сорняками / Weediness	%	2,15
Густота растений / Plant density	тыс. шт./га / '000 pcs. / ha	346
Высота растения / Plant height	см / cm	110
Диаметр стебля / Stalk diameter	мм / mm	8,3
Высота расположения нижнего боба / Lower bean height	см / cm	20,8
Отношение массы зерна к массе незерновой части / Ratio of grain weight to tailings weight	-	1:2,3
Влажность / Moisture content		
-зерна / grain	%	12,0
-незерновой части / tailings		32,4
Потери зерна от самоосыпания / Loss of grain from self-shedding	%	1,3
Ширина междурядья / Row spacing	см / cm	70
Уклон поля / Field slope	°	0
Влажность почвы в слое от 0 до 10 см / Soil moisture in a layer from 0 to 10 cm	%	9,0
Твердость почвы в слое от 0 до 10 см / Hardness of soil in a layer from 0 to 10 cm	МПа / MPa	1,7

Исследования проводились на зерноуборочных комбайнах с широким диапазоном мощности двигателей от 180 л.с. до 425 л.с. и различной конструктивной схемой молотильно-сепарирующего аппарата: однобарабанная и аксиально-роторная схема молотильно-сепарирующего устройства (далее – МСУ). Эксплуатационно-технологические показатели работы комбанов представлены в таблице 2.

В сложившихся условиях работы, скорость движения зерноуборочных комбайнов на уборке сои находилась в пределах от 4,0 до 6,9 км/ч, что обусловило их производительность в час сменного времени от 1,52 до 4,20 га с удельным расходом топлива

при прямом комбайнировании сои от 8,3 до 12,9 кг/га. Коэффициент надежности технологического процесса при уборке сои по всем комбайнам составлял 1,0. Все исследуемые комбайны были оборудованы специализированными жатками, предназначенными для уборки сои и обеспечивающими низкий срез убираемых растений. Высокую производительность за час основного времени имели комбайновые агрегаты PCM-181 «TORUM 750» + ЖСУ-900 и PCM-181 «TORUM 740» + ЖСУ-700 – 5,20 и 4,80 га/ч соответственно.

Таблица 2 – Экспериментальные эксплуатационно-технологические показатели работы зерноуборочных комбайнов на уборке сои

Table 3 – Experimental performance of the soybean combine harvesters

Наименование показателя / Parameter	Nova 340 + Float Stream 500	PCM-101 «Vector 420» + ЖСУ-600	PCM-142 «ACROS 580» + ЖСУ-700	PCM-181 «TORUM 740» + ЖСУ-700	PCM-181 «TORUM 750» + ЖСУ-900
Мощность двигателя, л.с. / Engine power [hp]	180	220	300	425	425
Ширина захвата, м / Working width [m]	5,0	6,0	7,0	7,0	9,0
Фактическая высота среза, мм / Actual cut height [mm]	56	60	60	58	57,2
Скорость движения, км/ч / Motion speed [km / h]	4,0	4,8	5,8	6,9	6,2
Производительность, га/ч: / Throughput [ha / h]:					
- основного времени / - main period	2,00	2,80	4,06	4,80	5,20
- сменного времени / - shift period	1,52	2,21	2,96	3,76	4,20
Удельный расход топлива, кг/га / Specific fuel consumption [kg / ha]	8,3	9,8	11,3	12,3	12,9
Показатели качества выполнения технологического процесса / Performance quality parameters					
Суммарные потери зерна, % / Total grain loss [%]					
в том числе: / including:					
- за молотилкой / - downstream the thresher	2,37	2,52	2,90	1,42	1,84
- за жаткой / - downstream the header	1,75	1,32	1,97	0,96	1,12
- за жаткой / - downstream the header	0,62	1,20	0,93	0,46	0,72
Качество бункерного зерна, %: / Hopper grain quality [%]:					
- дробленое зерно / - cracked grain	1,41	2,32	2,65	0,80	0,96
- сорная примесь / - impurities	1,72	2,60	1,68	1,56	1,20

Это можно объяснить наличием широкозахватной жатки, высокой скоростью движения и примененной на комбайне аксиально-роторной схемой молотильно-сепарирующего устройства [6, 8, 11, 12]. Однако в процессе проведенных исследований было установлено, что при уборке длинностебельной сои существенное значение имеет длина стола жатки, от которой зависит надежность работы шнека жатки, равномерность подачи массы в молотилку комбайна [5, 7]. В серийной жатке срезанные стебли сои одним концом опираются на режущий аппарат, а другим – на цилиндр шнека. Из этого положения винтовая лента сразу не может захватить стебель, чтобы направить его под шнек к днищу каркаса жатки для его дальнейшего транспортирования. При подаче мотовилом последующих слоев масса сои скапливается на столе жатки в виде неравномерной порции и поступа-

ет в молотилку неравномерно с нарушением технологического процесса обмолота, что снижает производительность комбайнового агрегата. Основная причина снижения производительности и качества работы зерноуборочных комбайнов – недостаточная приспособленность рабочих органов жатки к условиям уборки длинностебельных стелющихся культур, к которым относится соя. Одним из таких органов является шнек и прежде всего его эксцентриковый пальчиковый механизм, существенный недостаток которого заключается в том, что срезанная масса (где попадают недозревшие стебли, имеющие повышенную влажность) зацепляется пальцами в зоне передачи на наклонный транспортер. В результате происходит затягивание части стеблей на верхнюю часть цилиндра. При транспортировании сухой массы, когда жесткость стеблей достаточно высокая, коэффициент трения низкий, а сама масса обладает небольшой связностью, указанный недостаток не приводит к нарушению технологического процесса. При поступлении под шнек срезанной влажной массы с пониженной жесткостью стеблей (недозревшие и полеглые растения) и повышенной связностью вынос стеблей и отдельных порций массы пальцами вызывает ее наматывание на цилиндр центральной части шнека. Чтобы исключить зацепление стеблей пальцами в зоне передачи массы на наклонный транспортер, они должны быть наклонены к поверхности цилиндра под определенными углами, обеспечивающими свободный их выход из массы. Однако эксцентриковый механизм серийного шнека не может обеспечить движения пальцев под такими углами. В то же время исключить затягивание массы при определенных условиях можно путем своевременного утопания пальцев в направляющих глазках. Для определения параметров пальчикового механизма, обеспечивающего сброс срезанной массы с цилиндра шнека, рассмотрим движение пучка стеблей сои после того как палец, утопая в глазке, освободит пучок (рисунок 4), при это стебли срезанного пучка считаем нерастяжимыми нитями, т.е. их жесткостью пренебрегаем, т.к. именно в данном случае создаются наиболее вероятные условия для наматывания стеблей на поверхность шнека.

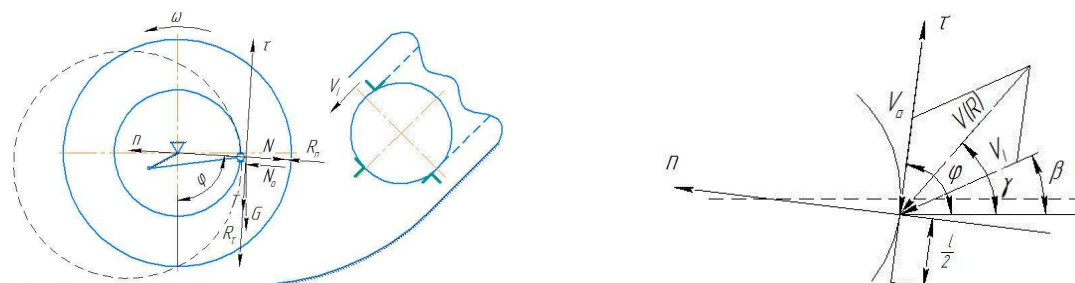


Рисунок 4 – Схема взаимодействия срезанного пучка стеблей с поверхностью цилиндра шнека жатки

Figure 4 – Diagram of interaction of a cut bundle of stems with the surface of the header screw cylinder

При рассмотрении случая, когда пучок массы после освобождения движется, не отрываясь от цилиндра шнека, возможно выделить небольшую его часть массой m_n , заменив действие на нее остальной (отброшенной) части силой $\bar{T}$, направленной вдоль стеблей. На пучок также действуют силы тяжести пучка $\bar{G} = m_n \bar{g}$, прилипания стеблей к цилиндру N_0 , сопротивления воздуха перемещению пучка $\bar{R}$ и трения $\bar{F}_{тр}$. Заменив действие цилиндра на пучок массы реакцией $\bar{N}$, получим уравнение движения пучка в проекциях на естественные оси координат:

$$m_n \frac{V_a^2}{r} = N_0 - N - m_n g \cos \varphi + R_n;$$

$$m_{\pi} \frac{dV_a}{dt} = F_{\text{тр}} - T - R_{\tau} - mg \sin \varphi, \quad (1)$$

где V_a – абсолютная поступательная скорость срезанного пучка; r – радиус цилиндра шнека; φ – угол, характеризующий положение пучка на цилиндре; R_n и R_{τ} – нормальная и касательная составляющие силы сопротивления воздуха.

Возможны три случая движения срезанного пучка стеблей после освобождения его пальцем:

1) движется вместе с цилиндром (находится в относительном покое), при этом $N < 0$; $F_{\text{тр}} < fN$; $V_a = \omega r = \text{const}$; $\frac{dV_a}{dt} = 0$, где f – коэффициент трения; ω – угловая скорость шнека. Уравнение (1) в данном случае имеет вид: $m_{\pi} \omega^2 r = N_0 - N - mg \cos \varphi + R_n$; $0 = F_{\text{тр}} - T - R_{\tau} - mg \sin \varphi$. Условие относительного покоя пучка:

$$F_{\text{тр}} \omega^2 r + R_{\tau} - f R_n < f N_0 - mg(\sin \varphi + f \cos \varphi) - T; \quad (2)$$

2) скользит по цилиндру в сторону, обратную его вращению (находится в относительном движении). При этом $N > 0$; $F_{\text{тр}} = fN$. Если исключить из равенства (1) N , получим выражение, которое позволяет определить абсолютную, а также относительную скорости движения срезанного пучка по цилиндру:

$$f m \frac{V_a^2}{r} + R_{\tau} - f R_n + f m \frac{dV_a}{dt} f N_0 - mg(\sin \varphi + f \cos \varphi) - T. \quad (3)$$

При приближенных расчетах, когда $T > mg$, членами $f N_0 - mg(\sin \varphi + f \cos \varphi)$ можно пренебречь, упростив таким образом решение дифференциального уравнения (3), которое в частном случае, при $V_a = \omega r = \text{const}$, примет вид, сходный с выражением (2). Зависимости (2) и (3) отражают условия, когда срезанная масса затягивается цилиндром на верхнюю его часть, вызывая заматывание шнека;

3) отрывается от цилиндра и свободно движется. При этом в момент отрыва пучка: $N = 0$; $V_a = \omega r$; $\varphi = \varphi_0$, где φ_0 – угол, характеризующий начало утопания пальца в цилиндре. Первое из равенств (1) в этом случае запишется:

$$m \omega^2 r = N_0 mg \cos \varphi + R_n. \quad (4)$$

Сила сопротивления воздуха в момент отрыва пучка $R = k F \rho V^2$, где k – коэффициент сопротивления, зависящий от формы тела, состояния его поверхности и режима потока, характеризуемого числом Рейнольдса; F – площадь миделева сечения тела, м^2 ; ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; V – относительная скорость стеблей в воздушном потоке, $\text{м}/\text{с}$. Площадь миделева сечения для элементарного срезанного пучка длиной l_{π} (безучета закругления на пальце): $F = l_{\pi} b \cos \gamma$, где $l_{\pi} = \frac{m_{\pi}}{\delta n}$, b – длина и ширина рассматриваемого элементарного пучка; γ – угол между вектором относительной скорости стеблей и нормалью к пучку; m_{π} – масса элементарного пучка; δ – средняя масса единицы длины стебля; n – количество стеблей в пучке. Тогда $F = m_{\pi} \frac{b}{\delta n} \cos \gamma$.

Относительная скорость стеблей в воздушном потоке (рисунок 4):

$$V = \sqrt{V_0^2 + V_1^2 + 2V_0V_1 \cos(\varphi_0 - \beta)} = \sqrt{\omega^2 r^2 + V_1^2 + 2\omega V_1 r \cos(\varphi_0 - \beta)},$$

где V_1 – скорость воздушного потока, создаваемого планками наклонного транспортера; β – угол наклона вектора скорости V_1 к горизонтали.

Нормальная составляющая силы сопротивления воздуха (рис. 4) $R_n = R \cos \gamma$. Подставив в данное выражение значения входящих в него величин, получим:

$$R_n = k \frac{m_n}{\delta n} b p V_1^2 \sin^2(\varphi_0 - \beta). \quad (5)$$

Из уравнения (4) с учетом зависимости (5) находим угловую скорость шнека:

$$\omega = \sqrt{\frac{N_0}{m_n r} - \frac{g}{r} \cos \varphi_0 + \frac{k b p}{\delta n} V_1^2 \sin^2(\varphi_0 - \beta)}.$$

Тогда условие отрыва стеблей от поверхности цилиндра шнека:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{r} \frac{N_0}{m_n} - g \cos \varphi_0 + \frac{k b p}{\delta n} V_1^2 \sin^2(\varphi_0 - \beta)}. \quad (6)$$

В выражении (6) при условии расположения стеблей в один слой максимальное значение отношения b/n равно среднему диаметру стебля d_{cp} , тогда:

$$\omega \geq \sqrt{\frac{1}{r} \frac{N_0}{m_n} - g \cos \varphi_0 + \frac{k d_{cp} p}{\delta} V_1^2 \sin^2(\varphi_0 - \beta)}. \quad (7)$$

Таким образом, зависимость (7) показывает, что угловая скорость цилиндра шнека жатки, обеспечивающая отрыв стеблей от его поверхности, зависит от радиуса цилиндра, момент утопания пальца в глазках (угла φ_0), скорости и направления воздушного потока, создаваемого планками наклонного транспортера, а также от силы прилипания стеблей, которая определяется в первую очередь влажностью стеблей в срезанной массе. Снизить эту скорость можно путем увеличения диаметра шнека более ранним утопанием пальцев в направляющих глазках шнека, а также уменьшением скорости воздушного потока, обдувающего шнек.

В качестве примера произведем расчет для шнека комбайна РСМ-101 «Vector 420» + ЖСУ-600 при следующих данных: $r=0,18$ м; $\varphi_0=2$ рад; $\beta=0,78$ рад; $k=0,88$; $\rho=1,127$ кг/м³; $g=9,8$ м/с²; $V_1=2$ м/с. Для растений сои влажностью незерновой части 35...45 % в соответствии с проведенными исследованиями: $(d_{cp}/\delta)_{\max} = 45$ м²/кг; $N_0=(0,4...1,85)mg$. Тогда с учетом этих данных $\omega \geq 16,2$ рад/с. В то же время увеличение радиуса цилиндра шнека до 0,2 м позволяет снизить минимальную угловую скорость до $\omega = 14,1$, а уменьшение угла φ_0 с 2 до 1,6 рад/с – с 16,2 до 13,9 рад/с.

Для экспериментальной проверки целесообразности увеличения диаметра шнека проведены исследования надежности протекания технологического процесса жаток серийной конструкции с цилиндрами диаметром 360 мм, используемых на уборке зерновых культур и сои с шириной захвата 6 и 7 м, а также специализированных жаток типа ЖСУ-600, оборудованных шнеком увеличенного диаметра 400 мм, шагом витков 610 мм, частотой вращения 15,7 рад/с. Технологическую надежность шнеков оценивали при работе комбайнов на одном и том же участке сои сорта «Вилана» (урожайность 22,8 ц/га, средняя длина растений 110 см, влажность массы 32,4 %, степень полеглости 10,2 %, засоренность 2,15 %, подача 5,5-12,2 кг/с) в течение определенного интервала времени (в утренние часы). При этом фиксировали количество нарушений технологического процесса, в том числе заматываний. Установлено, что шнек, установленный на специализированной жатке и имеющий увеличенный диаметр имеет гораздо более высокую технологическую надежность, чем шнек на серийной зерновой жатке: за 8 ч чистой работы в загоне заматываний не наблюдалось.

Выводы. После проведенных исследований можно сделать вывод, что имеется широкий ряд современных специализированных жаток и адаптеров для уборки сои, при этом технические устройства различных производителей отличаются в деталях: наличие или отсутствие электронной системы копирования рельефа (например, система AutoContour фирмы Claas); возможность складывания в транспортное положение, изменения уровня.

Исследования зерноуборочных комбайнов ООО «КЗ» Ростсельмаш» (Nova 340, Vector, TORUM) с различными конструктивными схемами молотильно-сепарирующего аппарата (однобарабанная; аксиально-роторная) показали, что высокую производительность за час основного времени имели комбайновые агрегаты РСМ-181 «TORUM 750» + ЖСУ-900 и РСМ-181 «TORUM 740» + ЖСУ-700 – 5,20 и 4,80 га/ч соответственно. Предрасположенность центральной части шнека жатки зерноуборочного комбайна к заматыванию, а следовательно, и надежность протекания технологического процесса зависят от частоты его вращения. При уборке сои сорта «Вилана» для шнека комбайна РСМ-101 «Vector 420» + ЖСУ-600: $r=0,18$ м; $\varphi_0=2$ рад; $\beta=0,78$ рад; $k=0,88$; $\rho=1,127$ кг/м³; $g=9,8$ м/с²; $V_1 = 2$ м/с – $\omega \geq 16,2$ рад/с. В то же время увеличение радиуса цилиндра шнека до 0,2 м позволяет снизить минимальную угловую скорость до $\omega = 14,1$, а уменьшение угла φ_0 с 2 до 1,6 рад/с – с 16,2 до 13,9 рад/с. Таким образом, шнек, установленный на специализированной жатке и имеющий увеличенный диаметр, имеет более высокую технологическую надежность, чем шнек на серийной зерновой жатке.

Библиографический список

1. Бельшикина М. Е., Старостин И. А., Загоруйко М. Г. Пути совершенствования технологии уборки и послеуборочной доработки сои // Аграрный научный журнал. 2020. № 8. С. 4-9.
2. Присяжная И. М., Синеговский М. О., Присяжная С. П. Совершенствование процесса уборки сои как способ повышения качества семян // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 5. С. 71-75.
3. Пути совершенствования технологии уборки зерновых культур и сои / М. В. Канделя, Н. М. Канделя, В. Л. Земляк, И. В. Бумбар // Дальневосточный аграрный вестник. 2019. № 2 (50). С. 98-109.
4. Синеговская В. Т., Асеева Т. А. Инновационные разработки для решения задач импортозамещения // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 2. С. 24-27.
5. Экономическая оценка жатки соевой унифицированной ЖСУ-700 для зерноуборочных комбайнов ООО "КЗ "РОСТСЕЛЬМАШ" / В. И. Лазарев [и др.] // Дальневосточный аграрный вестник. 2015. № 2 (34). С. 52-56.
6. Can combine headers and travel speeds affect the quality of soybean harvesting operations? / Patricia C. de Menezes, Rouverson P. da Silva [et al.] // Revista brasileira de engenharia Agricola e ambiental. 2018. No. 22 (10). Pp.732-738.
7. Cortez J. W., Syrio M. G., Rodrigues S. A. Types of header, operating speed, and geometry of collection frames on the total losses of soybean harvest // Engenharia Agricola. 2019. V. 39(4). P. 482-489.
8. Factors of operation affecting performance of a short axial-flow soybean threshing unit / W. Chansrakoo, S. Chuan-Udom // Engineering journal-Thailand. 2018. V. 22 (4). Pp. 109-120.
9. Nutrient partitioning and stoichiometry in soybean: A synthesis-analysis / S. Tamagno, G. R. Balboa, Y. Assefa [et al.] / Field Crops Res. 2017. V. 200. Pp. 18-27.
10. Qualitative losses in the soybean seeds mechanized harvesting [Perdas qualitativas na colheita mecanizada de sementes de soja] / R. P. Da Silva [et al.]. Semina: Ciencias Agrarias. 2013. No 34(2). Pp. 477-484.
11. Quality of mechanical soybean harvesting at two travel speeds / Felipe B.F. De Lima [et al.] // Engenharia Agricola. 2017. No. 37 (6). P. 1171-1182.
12. Ramteke R., Singh D., Murlidharan P. Selecting soybean (Glycine max) genotypes for insertion height of the lowest pod, the useful trait for combine harvester // Indian Journal of Agricultural Sciences. 2012. V. 82(6). Pp. 511-515.

Conclusions. After the studies have been performed using a method of comprehensive structural-dynamic analysis and expert-analytical method of processing information, we can conclude that there is a wide range of current dedicated headers and adapters for soybean har-

vesting. The current dedicated headers and adapters from various manufacturers differ in details: the presence or absence of an electronic terrain relief following system (for example, ClaasAutoContour system); the possibility of folding into a transport position and changes in the level of cut height. Studies of combine harvesters from Rostselmash (Nova 340, Vector, TORUM) having various designs of threshers (single-drum; axial-flow) have shown that RSM-181 TORUM 750+ZhSU-900 and RSM-181 TORUM 740+ZhSU-700 combine harvesters have high productivity per hour of the main period equal to 5.20 and 4.80 ha / h respectively. In addition, the auger installed on a specialized header with an increased diameter has a much higher technological reliability than the auger on a serial grain header.

Reference

1. Belyshkina M. E., Starostin I. A., Zagorujko M. G. Ways to improve cleaning technology and post-harvest processing of soybeans // The Agrarian Scientific Journal. 2020. To 8. Pp. 4-9.
2. Prisyazhnaya I. M., Sinegovskij M. O., Prisyazhnaya S. P. Improvement of the soybean harvesting process as a way to increase the quality of seeds // Russian Agricultural Sciences. 2019. № 5. Pp. 71-75.
3. Ways of improving the technology of harvesting grain crops and soybean / M. V. Kandelya, N. M. Kandelya, V. L. Zemlyak, I. V. Bumbar // Agricultural Journal in the Far East Federal District. 2019. No 2 (50). Pp. 98-109.
4. Sinegovskaya V. T., Aseeva T. A. Innovation solutions for the import phase out purposes // Vestnik of the Russian agriculture science. 2017. No 2. Pp. 24-27.
5. Economic evaluation of the reaper soy unified ZHSU-700 for combine HARVESTERS LLC "KZ "ROSTSELMASH" / V. I. Lazarev [et al.] // Agricultural Journal in the Far East Federal District. 2015. no 2 (34). Pp. 52-56.
6. Can combine headers and travel speeds affect the quality of soybean harvesting operations? / Patricia C. de Menezes, Rouverson P. da Silva [et al.] // Revista brasileira de engenharia Agricola e ambiental. 2018. No. 22 (10). Pp.732-738.
7. Cortez J. W., Syrio M. G., Rodrigues S. A. Types of header, operating speed, and geometry of collection frames on the total losses of soybean harvest // Engenharia Agricola. 2019. V. 39(4). P. 482-489.
8. Factors of operation affecting performance of a short axial-flow soybean threshing unit / W. Chansrakoo, S. Chuan-Udom // Engineering journal-Thailand. 2018. V. 22 (4). Pp. 109-120.
9. Nutrient partitioning and stoichiometry in soybean: A synthesis-analysis / S. Tamagno, G. R. Balboa, Y. Assefa [et al.] / Field Crops Res. 2017. V. 200. Pp. 18-27.
10. Qualitative losses in the soybean seeds mechanized harvesting [Perdas qualitativas na colheita mecanizada de sementes de soja] / R. P. Da Silva [et al.]. Semina: Ciencias Agrarias. 2013. No 34(2). Pp. 477-484.
11. Quality of mechanical soybean harvesting at two travel speeds / Felipe B.F. De Lima [et al.] // Engenharia Agricola. 2017. No. 37 (6). P. 1171-1182.
12. Ramteke R., Singh D., Murlidharan P. Selecting soybean (Glycine max) genotypes for insertion height of the lowest pod, the useful trait for combine harvester // Indian Journal of Agricultural Sciences. 2012. V. 82(6). Pp. 511-515.

Authors Information

Ryadnov Alexey Ivanovich, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), honored worker of the higher school of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Chaplygin Mihail Evgen'evich, Senior Researcher, Laboratory of Technologies and Machines for Sowing and Harvesting Grain and Seeds, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (109428, РФ, Russian Federation, Moscow, 5 1-j Institutskij proezd), Ph.D. in Engineering Science, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>; +79189892184; E-mail: misha2728@yandex.ru;

Tronev Sergej Viktorovich, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskij Ave.), Doctor of Technical Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5840-322X>, +79616571601, E-mail: stronev@mail.ru;

Davydova Svetlana Aleksandrovna, Leading Researcher of the Laboratory for Forecasting the Development of Machine Systems and Technologies in Agricultural Sector, Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" (109428, РФ, Russian Federation, Moscow, 5 1-j Institutskij proezd), Ph.D. in Engineering Science, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1219-3335>, +79653956622, E-mail: davidova-sa@mail.ru.

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Чаплыгин Михаил Евгеньевич, старший научный сотрудник лаборатории технологий и машин для посева и уборки зерна и семян ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (109428, Россия, г. Москва, 1-й Институтский пр., д. 5), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-6868>; +79189892184; E-mail: misha2728@yandex.ru;

Тронеv Сергей Викторович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5840-322X>, +79616571601, E-mail: stronev@mail.ru;

Давыдова Светлана Александровна, ведущий научный сотрудник лаборатории прогнозирования и развития систем машин и технологий в АПК ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (109428, Россия, г. Москва, 1-й Институтский пр., д. 5), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1219-3335>, +79653956622, E-mail: davidova-sa@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-38

IMPROVING IRRIGATION EFFICIENCY BASED ON INTRODUCING OF DIGITAL MODELS FOR FORECASTING WATER CONSUMPTION

D. A. Solovyev, G.N. Kamyshova, D. A. Kolganov, N. N. Terekhova

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

Received 09.10.2020

Submitted 02.12.2020

Summary

The article deals with the development of a methodology for predicting total water consumption based on the theory of Chebyshev interpolation of a discretely given function, which allows obtaining more accurate predicted values and, as a result, optimizing irrigation parameters. The developed computer program, which implements the construction of a predictive polynomial, allows it to be integrated into the structure of digital platforms for agribusiness management, such as, for example, Agrosignal, and used for prompt adjustment of irrigation decisions.

Abstract

Introduction. As a result of the insufficient development of the Russian digital agro-technologies market, there are slightly integrated solutions and technologies for increasing productivity based on intellectualization and digitalization. Therefore, the development of new solutions based on mathematical principles and methods for the transition to agriculture of a new formation is a very urgent task.

Object. The object of research is digital models and software for forecasting total water consumption.

Materials and methods. In the presented work, the methods of the theory of Chebyshev interpolation are applied to predict the total water consumption. This approach allows you to obtain more accurate predicted values, as a result of which the parameters are optimized, which provides significant resource savings. The methodology for constructing a predictive indicator of total water consumption based on the problem of the Chebyshev approximation allows us to propose the conducted theoretical studies. **Results and conclu-**

sions. The results of the development of a methodology for constructing a predictive polynomial for predicting total water consumption based on the theory of Chebyshev interpolation of a discretely given function, which allows obtaining more accurate predicted values and, as a consequence, optimizing irrigation parameters, are presented. The developed computer program, which implements the construction of a predictive polynomial, allows it to be integrated into the structure of digital platforms for agribusiness management, such as, for example, Agro-signal and used to promptly adjust irrigation decisions.

Key words: *irrigation optimization, digital platforms, Chebyshev interpolation, digital models, total water consumption, forecasting.*

Citation. Solovyev D.A., Kamyshova G.N., Kolganov D.A., Terekhova N.N. Improving irrigation efficiency based on introducing of digital models for forecasting water consumption. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020.4 (60). 402-414 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-38.

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

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

УДК 631.171:631.67

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРОШЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

Д. А. Соловьев, доктор технических наук, доцент

Г. Н. Камышова, кандидат физико-математических наук, доцент

Д. А. Колганов, кандидат технических наук, доцент

Н. Н. Терехова, кандидат технических наук, доцент

¹Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, г. Саратов

Дата поступления в редакцию 09.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Вследствие недостаточного развития российского рынка цифровых агротехнологий на нем присутствуют в незначительной мере интегрированные решения и технологии повышения продуктивности на основе интеллектуализации и цифровизации. Поэтому разработка новых решений на основе математических принципов и методов для перехода к сельскому хозяйству новой формации является весьма актуальной задачей. **Объект исследования** – цифровые модели и программные средства прогнозирования суммарного водопотребления. **Материалы и методы.** В работе рассматривается возможность применения методов теории чебышевской интерполяции при прогнозировании суммарного водопотребления, которое позволяет получать более точные прогнозные значения и, как следствие, позволяет оптимизировать параметры, дает значительную экономию ресурсов. Проведенные теоретические исследования позволяют предложить методике построения прогнозного индикатора суммарного водопотребления на основе задачи чебышевского приближения. **Результаты и выводы.** Приведены результаты разработки методики построения прогнозного полинома для прогнозирования суммарного водопотребления на основе теории чебышевской интерполяции дискретно заданной функции, которая позволяет получать более точные прогнозные значения и, как следствие, оптимизировать параметры орошения. Разработанная компьютерная программа, реализующая построение прогнозного полинома, позволяет интегрировать ее в структуру цифровых платформ для управления агробизнесом, таких, например, как Agro-signal, и использовать для оперативной корректировки решений по орошению.

Ключевые слова: *оптимизация орошения, цифровые платформы, чебышевская интерполяция, цифровые модели водопотребления, суммарное водопотребление, прогнозирование водопотребления.*

Цитирование. Соловьев Д. А., Камышова Г. Н., Колганов Д. А., Терехова Н. Н. Повышение эффективности орошения на основе внедрения цифровых моделей прогнозирования водопотребления. *Известия НВ АУК.* 2020. 4(60). 402-414. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-38.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. По мнению экспертов, российский рынок цифровых технологий развит недостаточно [5]. Выбор технологий незначителен и ограничен. Присутствуют в незначительной мере как интегрированные решения, так и современные технологии повышения производительности сельскохозяйственной сферы на основе современных цифровых технологий интеллектуализации сельскохозяйственных процессов. Вследствие этого сверхактуальной задачей аграрной науки является разработка инновационных принципов и методов для перехода к цифровому аграрному производству.

Эффективное использование водных ресурсов становится все более важным из-за быстрого их истощения, промышленного развития и роста населения и засушливых условий во многих регионах. Суммарное водопотребление является важнейшей характеристикой в гидромелиорации. Несомненна важность расчета величины суммарного водопотребления в поддержании гидрологического цикла в глобальном и континентальном масштабе, а также для эффективного управления орошаемым земледелием. Необходимы улучшенные методы для точной количественной оценки суммарного водопотребления в масштабе поля, водосбора и региона, чтобы повысить эффективность использования водных ресурсов, защитить окружающую среду и качество воды. Точная количественная оценка суммарного водопотребления имеет решающее значение при распределении воды, управлении ирригацией, экологической оценке и разработке передовых методов управления. Появление и развитие современных инструментов и методов сбора данных, наряду с развитием математического аппарата их анализа, позволяет применять более совершенный математический аппарат прогнозирования количественных характеристик суммарного водопотребления, а с другой – внедрение цифровых платформ для управления агробизнесом, таких, например, как Агросигнал (рисунок 1) позволяет применить эти сложные математические методы и инструменты для управления орошением, повышая его эффективность с точки зрения повышения продуктивности и экономии ресурсов.

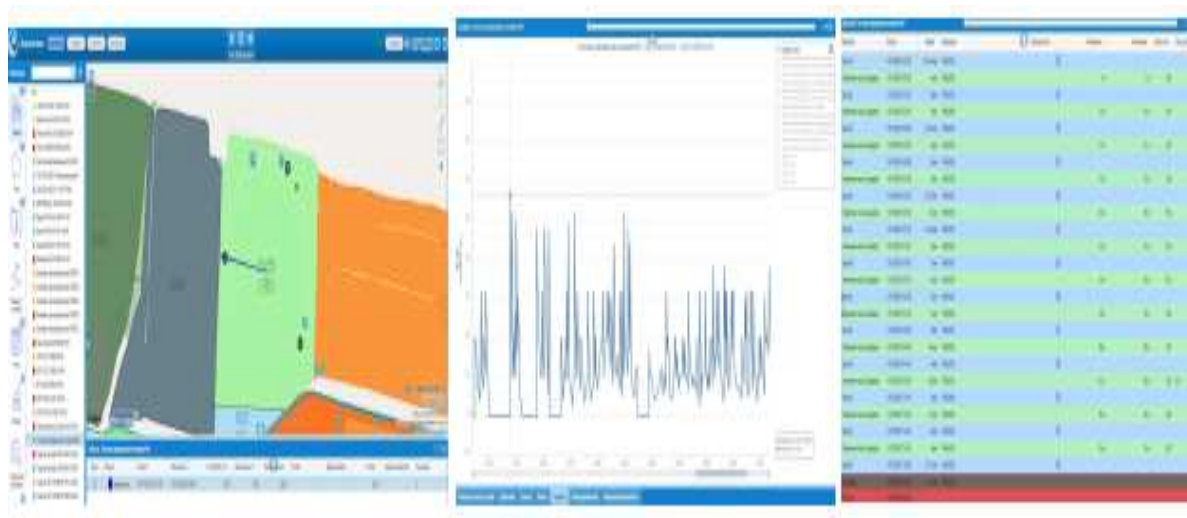


Рисунок 1 – Окно программы с треком движения, графиком скорости и режимами работы дождевальной машины

Figure 1 – Program window with a movement track, a speed graph and operating modes of the sprinkler machine

Материалы и методы. Разработка моделей суммарного водопотребления широко распространена в большинстве развитых стран. Наиболее распространен метод Пенмана – Монтейна [10], рекомендованный в качестве базового Международной организацией по продовольствию и сельскому хозяйству ООН. Для применения метода Пенмана – Монтейна необходимо наличие многолетних баз специфических климатических данных с привязкой к геолокации местности, которые не всегда доступны. Помимо этого, биологические особенности сельскохозяйственных культур этот метод учитывает недостаточно. Учитывая вышесказанное, а также большую диверсификацию почвенно-климатических ресурсов России, применение метода Пенмана – Монтейна здесь достаточно сложно. В этой связи научно-исследовательскими организациями и учеными нашей страны были разработаны и нашли широкое распространение на практике другие методы определения суммарного водопотребления [6].

Прогнозирование суммарного водопотребления, как правило, происходит с применением классических регрессионных методов. Применение предлагаемых нами методов теории чебышевской интерполяции позволяет получать более точные прогнозные значения суммарного водопотребления, что позволяет оптимизировать параметры орошения и приводит к экономии ресурсов. Целью исследований является прогнозирование суммарного водопотребления на основе методики построения ее прогнозного полинома методами чебышевской интерполяции дискретно заданной функции.

В качестве стандарта в методике расчетов суммарного водопотребления (ET_o) международной организацией по продовольствию и сельскому хозяйству Организации Объединенных Наций рекомендуется метод Пенмана-Монтейна (1):

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 d_a}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}, \quad (1)$$

где описание входных параметров (γ , R_n , T и т.д.) уравнения (1) может быть найдено в [10].

Нами рассматриваются методы российских ученых. В их основе стоит зависимость суммарного водопотребления от температуры и влажности воздуха [3].

Согласно методу Алпатевых, суммарное водопотребление вычисляется по следующей формуле [3]:

$$ET = k_{\text{БК}} \sum d. \quad (2)$$

Согласно методу Льгова, суммарное водопотребление вычисляется по следующей формуле [3]:

$$ET = k_{\text{БФ}} \sum t, \quad (3)$$

где $k_{\text{БК}}$, $k_{\text{БФ}}$ – биоклиматический и биофизический коэффициенты соответственно. В практике применения в России эти методы получили широкое распространение.

Наряду с вышеприведенными методами расчета суммарного водопотребления, существуют и другие, разработанные учеными разных стран [7]. В качестве примера современных подходов можно отметить оценку водопотребления с помощью спутников [9], которая имеет большой потенциал для планирования водных ресурсов и оценки использования воды в сельском хозяйстве. А также применение современных технологий машинного обучения [11] и искусственных нейронных сетей [8]. Прогнозирование суммарного водопотребления, вне зависимости от методики расчета, во многих случаях происходит с применением классических регрессионных методов. Нами предлагается за основу прогнозирования взять более совершенный математический аппарат теории чебышевской интерполяции. По сравнению с регрессионными и среднеквадратичным способами приближения способ чебышевской интерполяции является наиболее эффек-

тивным и универсальным и обладает особенным свойством не только получать высокую точность приближения в точках дискретного представления функциональных зависимостей, но и обеспечивать требуемую гарантированную точность приближения.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим данные количественной оценки суммарного водопотребления ET , рассчитанной одним из методов, в течение вегетационного периода. За начало периода принимаем третью декаду апреля, за окончание – вторую декаду октября. Таким образом, значения суммарного водопотребления ET можно задать в виде дискретного ряда:

Таблица 1 – Значения суммарного водопотребления ET

Table 1 – Values of total water consumption ET

T	T_1	T_2		T_N
Z	Z_1	Z_2		Z_N

Здесь T – декады, пронумерованные в порядке возрастания от 1 – третья декада апреля, 2 – первая декада мая и т. д. до N – вторая декада октября, а $Z_k = F(T_k)$, $k = 0, 1, \dots, N$ – значение суммарного водопотребления в соответствующей декаде

Рассмотрим постановку проблемы чебышевского приближения функции полиномом в общей постановке.

Таблицей своих значений $Z_k = F(T_k)$, $k = 0, 1, \dots, N$ (таблица 1) зададим некоторую функцию $F(T)$.

Временные интервалы расположим в порядке возрастания $T_1 < T_2 < \dots < T_N$.

$P_n(\vec{a}, T) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \sin i * T$ – тригонометрический полином порядка $n \leq N$
Введем характеристику близости полинома к таблице, задаваемую формулой:

$$\rho(\vec{a}) = \max_k |Z_k - P_n(\vec{a}, T)|. \quad (4)$$

Обозначим:

$$\max_{\vec{a}} \rho(\vec{a}) = \delta, \quad (5)$$

при фиксированном n . В этом случае полином, для которого выполняется условие:

$$\rho(\vec{a}^*) = \delta, \quad (6)$$

будет полиномом наилучшего приближения таблицы $\{T_k, Z_k\}$.

Остановим рассмотрение на проблеме чебышевского интерполирования, которая возникает в случае, когда количества значений таблицы равно порядку полинома, увеличенному на единицу. В [1] показано, что проблему (5) можно решать через редукцию к задаче линейного программирования.

А именно, обозначим:

$$\begin{aligned} \vec{a} &= (a_0, a_1, \dots, a_n) \in R^{n+1}, \\ B_i &= (1, \sin T_i, \sin 2 T_i, \dots, \sin n T_i) \in R^{n+1}, \\ b_i &= -Z_i, i \in [1: N]. \end{aligned}$$

Тогда можно $P_n(\vec{a}, T)$ записать в виде:

$$P_n(\vec{a}, T) = \langle \vec{a}, (1, \sin T, \sin 2 T, \dots, \sin n T) \rangle,$$

а задачу (6) можно записать в виде:

$$\max_{i \in [1: 2N]} \{ \langle B_i, \vec{a} \rangle + b_i \} \rightarrow \min_{\vec{a} \in R^{n+1}}. \quad (7)$$

В этом случае задача (5) может быть записана как следующая задача линейного программирования, которой она эквивалентна:

$$\begin{cases} a_{n+1} \rightarrow \min \\ a_{n+1} - \langle B_i, \vec{a} \rangle - b_i \geq 0, i \in [1: N] \end{cases}. \quad (8)$$

Решаем оптимизационную задачу:

$$\min_{\vec{a}} \{ \max_{i+1 < k < i+m} |Z_k - P_n(\vec{a}, T)| \}. \quad (9)$$

Пусть вектор коэффициентов $\vec{a}_i^*$ является решением задачи (9), $P_n(\vec{a}, T) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \sin i * T$.

Методика построения прогнозного полинома на основе задачи чебышевского приближения состоит в следующем: по таблично заданным значениям суммарного водопотребления ET (в таблице это Z) в соответствии с декадами вегетационного периода T (таблица 1) по алгоритму, приведенному на рисунке 2, строится прогнозный полином.

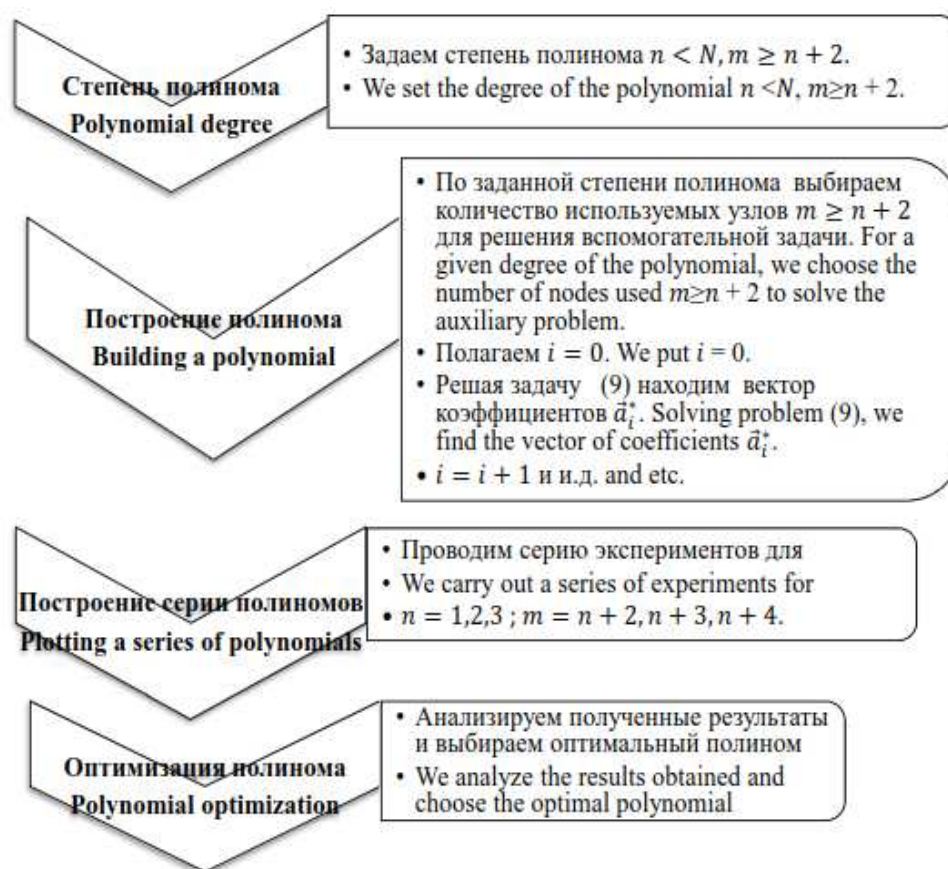
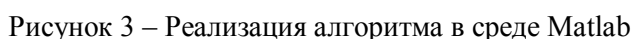


Рисунок 2 – Алгоритм построения прогнозного полинома суммарного водопотребления

Figure 2 – Algorithm for constructing a predictive polynomial of total water consumption

Реализацию предложенного алгоритма интерполяции будем осуществлять на примере люцерны. Люцерна занимает одно из ведущих мест по кормовым качествам среди кормовых культур, и при выращивании на орошении ее урожайность можно повысить в два раза.

Проведем вычислительные эксперименты, используя программу, реализующую получение значений коэффициентов полиномов на основе решения задачи чебышевского приближения. Данная программа была реализована в среде Matlab [12] и применялась также для исследования динамики фондового рынка (например, [2]). Реализация алгоритма в среде Matlab приведена на рисунке 3.



Построение прогнозного полинома. Задаем таблицу значений $Z_k = Z(T_k), k \in [1: N]$ суммарного водопотребления ET люцерны в декады T_k вегетационного периода, пронумерованные в порядке возрастания. При этом T_1 – третья декада апреля, T_{18} – вторая декада октября. Данные приведены для Саратовской области [4].

Table 2 – Numerical values of total water consumption ET

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9
y	11,78	15,8	28,1	54,3	67,1	22,5	31,8	33,1	37,3
t	10	11	12	13	14	15	16	17	18
v	44.2	18.2	24	25.2	28.6	39	18.4	7.8	7.5

То есть у люцерны значение суммарного водопотребления существенно зависит от стадий развития и укусов, и таким образом, для большей точности желательно рассматривать более короткие промежутки при построении прогнозного полинома. Помимо этого, значение суммарное водопотребление зависит от климатических условий. В связи с этим нами рассмотрены числовые параметры для лет с различной климатической характеристикой: средне-засушливые $y_{сз}$ и умеренно-увлажненные $y_{уб}$.

Проведем анализ для двух периодов 1-5-й ($t_1 - t_5$) и 6-10-й ($t_6 - t_{10}$).

Вначале построим график функции y (суммарного водопотребления ET) совместно с графиком уравнения линейной регрессии на промежутке (рисунок 4).



Рисунок 4 – График функции суммарного водопотребления $ET(y)$ совместно с уравнением линейной регрессии

Figure 4 – Graph of the function of total water consumption $ET(y)$ together with the linear regression equation

В качестве прогнозных полиномов будем рассматривать тригонометрические полиномы первой степени $P = a_0 + a_1 \sin t$ и второй степени $Q = a_0 + a_1 \sin t + a_2 \sin 2t$. Как показывает практика, увеличение степени полинома приводит лишь к увеличению объема вычислений без улучшения точности прогноза.

Проведя численные эксперименты по предложенной методике, находим, что для указанного периода прогнозные полиномы первой и второй степени соответственно для среднезасушливых лет имеют вид:

$$P = 34,08 - 23,3 \sin t,$$

$$Q = 34,39 - 33,14 \sin t - 0,67 \sin 2t.$$

Для умеренно-увлажненных:

$$P = 30,29 - 20,4 \sin t,$$

$$Q = 30,5 - 27 \sin t - 0,5 \sin 2t.$$

Аналогично проведем численные эксперименты по предложенной методике для 6-10-го периодов. Находим, что для указанного периода прогнозные полиномы первой и второй степени соответственно для среднезасушливых лет имеют вид:

$$P = 50,9 - 22,46 \sin t,$$

$$Q = 40,3 - 8,7 \sin t + 0,25 \sin 2t.$$

Для умеренно-увлажненных:

$$P = 48,6 - 16,7 \sin t,$$

$$Q = 38,3 - 3,4 \sin t + 0,28 \sin 2t.$$

Графики суммарного водопотребления ET совместно с графиками прогнозных полиномов первой (P) и второй (Q) степени для средnezасушливых (y_{c3}) лет приведены на рисунке 5. Значения приведены для 1-5-го периодов и 6-10-го периодов (декады вегетационного периода, пронумерованные в порядке возрастания) соответственно.

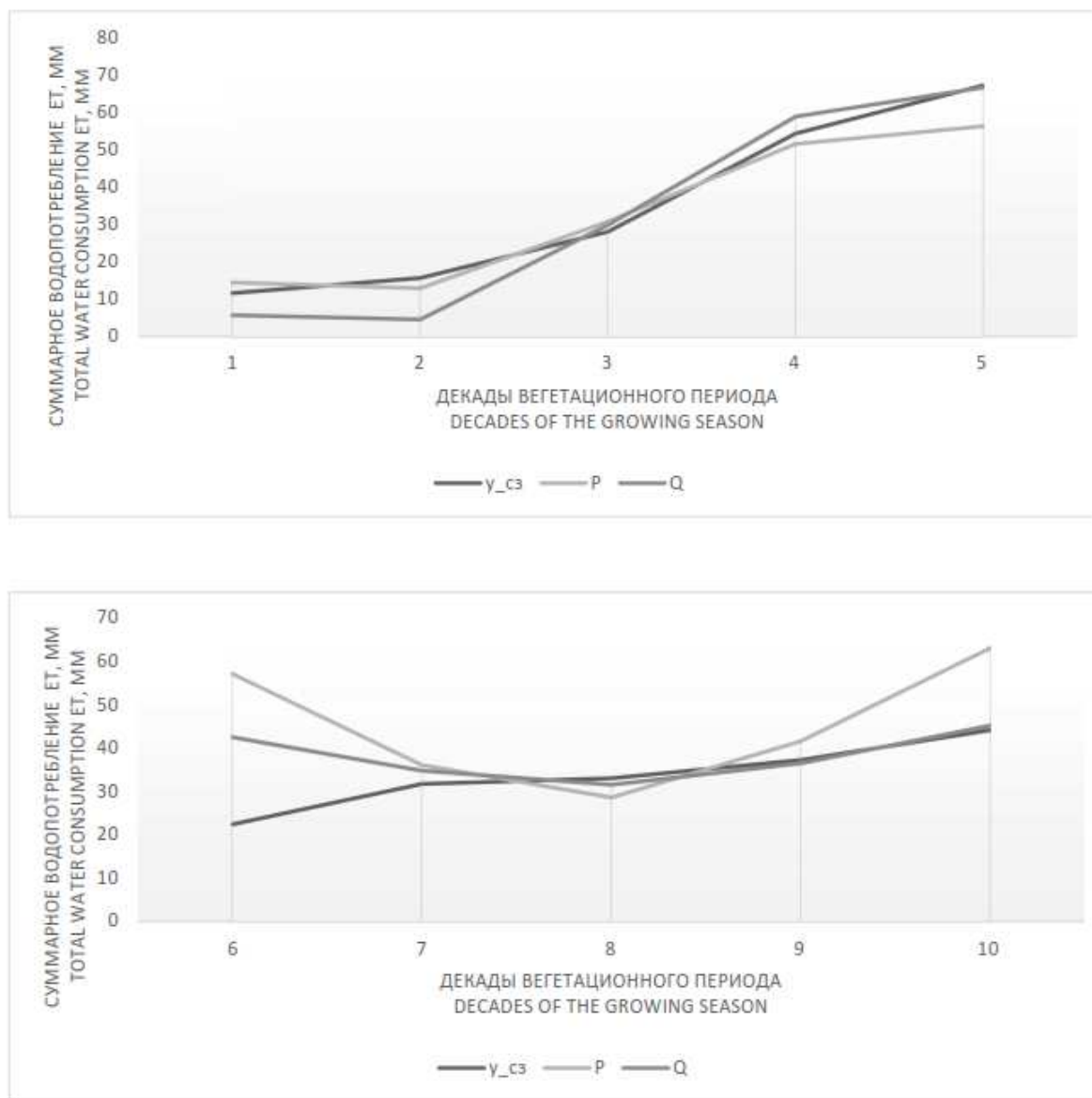


Рисунок 5 – Графики суммарного водопотребления ET совместно с графиками прогнозных полиномов первой (P) и второй (Q) степени для средне-засушливых (y_{c3}) лет, период 1-5-й (сверху), 6-10-й (снизу)

Figure 5 – Graphs of total water consumption ET together with graphs of predictive polynomials of the first (P) and second (Q) degree for medium-dry (y_{c3}) years, period 1-5th (top), 6-10th (bottom)

Графики суммарного водопотребления ET совместно с графиками прогнозных полиномов первой (P) и второй (Q) степени для умеренно-увлажненных ($y_{ув}$) лет приведены на рисунке 6. Значения приведены для 1-го периодов и 6-10-го периодов (декады вегетационного периода, пронумерованные в порядке возрастания) соответственно.

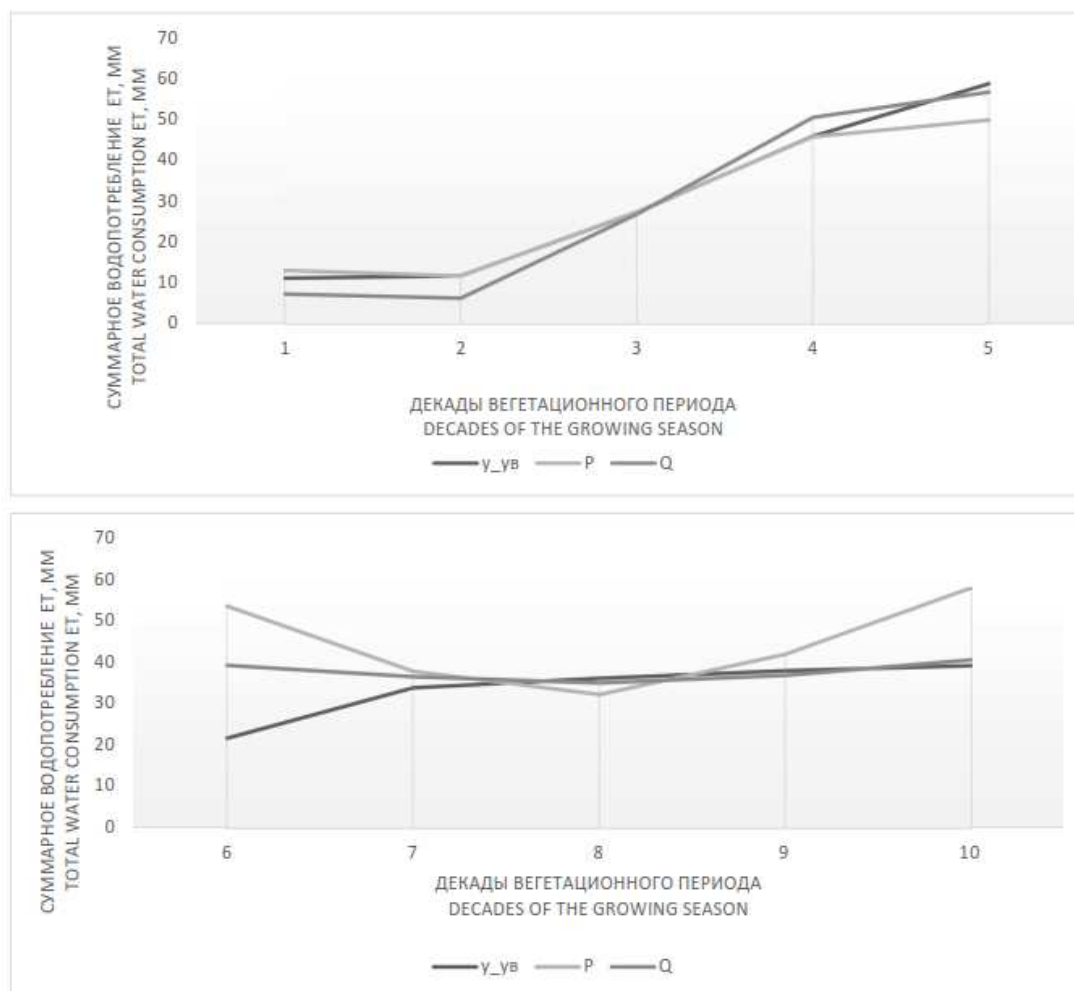


Рисунок 6 – Графики суммарного водопотребления ET совместно с графиками прогнозных полиномов первой(P) и второй (Q) степени для умеренно-увлажненных ($y_{ув}$) лет, период 1-5-й (сверху), 6-10-й (снизу)

Figure 6 – Graphs of total water consumption ET together with graphs of predictive polynomials of the first (P) and second (Q) degrees for moderately humidified ($y_{ув}$) years, period 1-5th (top), 6-10th (bottom)

Проведя анализ полученных результатов, находим, что для периода 1-5-й суммарные отклонения прогнозных полиномов первой степени от фактических значений суммарное водопотребление на 4-8 % меньше, соответствующих суммарных отклонения прогнозных полиномов второй степени и на 6-12 % меньше суммарных отклонений от расчетного значения суммарное водопотребление, вычисленной по другим методикам. Таким образом, для этого периода в качестве прогнозного полинома целесообразно выбирать полином первой степени, вычисляя его коэффициенты по предложенной методике.

Для периода же 6-10-й суммарные отклонения прогнозных полиномов первой степени от фактических значений суммарное водопотребление на треть больше соответствующих суммарных отклонения прогнозных полиномов второй степени. Суммарные отклонения от расчетного значения суммарное водопотребление, вычисленной по другим методикам больше чем, суммарные отклонения прогнозных полиномов второй степени и меньше, чем у полиномов первой степени. Таким образом, для этого периода

в качестве прогнозного полинома целесообразно выбрать полином второй степени. Представленные на рисунках 5 и 6 графики зависимостей хорошо демонстрируют это. Причем, как мы можем видеть, прогнозная тенденция сохраняется для лет различной влажности (в нашем примере среднезасушливых и умеренно-увлажненных лет), коэффициенты полиномов будут различными.

Выводы. Предложена методика построения прогнозного полинома для прогнозирования суммарного водопотребления на основе теории чебышевской интерполяции дискретно заданной функции. Сопоставляя результаты предложенной методики прогнозирования с классическими статистическими методами можно видеть лучшую точность прогноза. Это в свою очередь указывает на правильность принятой методики и достоверность полученных зависимостей. Данная методика может быть распространена на различные климатические условия и сельскохозяйственные культуры с сохранением точности приближения.

На основе предложенного алгоритма разработана программа (в среде Matlab), реализующая получение значений коэффициентов полиномов, что позволяет интегрировать ее в структуру цифровых платформ для управления агробизнесом, таких, например, как Агросигнал и использовать для оперативной корректировки решений по орошению.

Библиографический список

1. Выгодчикова И. Ю. Алгоритм оценки параметров линейной множественной регрессии по минимаксному критерию // Прикладная информатика. 2015. Т. 10. № 4(58). С. 105-116.
2. Выгодчикова И. Ю. Инструментарий принятия решений на основе применения минимаксного индикатора для интервальных данных динамики фондового рынка // Прикладная информатика. 2018. Т. 13. № 2(74). С. 109-119.
3. Определение суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур в аридных зонах / В. В. Корсак [и др.] // Научная жизнь. 2016. № 1. С. 41-51.
4. Панкова Т. А. Исследование изменчивости биоклиматических коэффициентов люцерны от влагообеспеченности сельскохозяйственного поля // Научная жизнь. 2014. № 4. С. 43-49.
5. Труфляк Е. В., Курченко Н. Ю., Дидич В. А. Цифровые технологии в АПК // Сельский механизатор. 2018. № 7-8. С. 13-14.
6. Черемисинов А. А., Черемисинов А. Ю. Обзор расчетных методов определения суммарного испарения орошаемых сельскохозяйственных полей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 1(21). С. 113-133.
7. Ahooghalandari M., Khiadani M., Jahromi M. E. Developing equations for estimating reference evapotranspiration in Australia // Water Resources Management. 2016. V. 30 (11). P. 3815-3828.
8. Antonopoulos V. Z., Antonopoulos A. V. Daily reference evapotranspiration estimates by artificial neural networks technique and empirical equations using limited input climate variables // Computers and Electronics in Agriculture. 2017. № 132. P. 86-96.
9. Automated calibration of the METRIC-Landsat evapotranspiration process / R. G. Allen [et al.] // Journal of the American Water Resources Association. 2013. V. 49(3). P. 563-576.
10. Chapter 2 - FAO Penman-Monteith equation. <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e06.htm>.
11. Dou X., Yang Y. Evapotranspiration estimation using four different machine learning approaches in different terrestrial ecosystems // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. № 148. P. 95-106.
12. Matlab. <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.

Conclusions. A technique for constructing a predictive polynomial for predicting total water consumption based on the theory of Chebyshev interpolation of a discretely given function is proposed. Matching the results of the projected forecasting technique with classical

statistical methods, one can see the best forecast accuracy. This, in turn, indicates the correctness of the adopted methodology and the reliability of the dependences obtained. This technique can be extended to various climatic conditions and crops with the preservation of approximation accuracy and used to promptly adjust irrigation regimes.

Based on the proposed algorithm, a program has been developed (in the Matlab) that implements obtaining the values of the coefficients of polynomials, which allows it to be integrated into the structure of digital platforms for agribusiness management, such as, for example, Agrosignal, and used for prompt adjustment of irrigation decisions.

Reference

1. Vygodchikova I. Yu. Algorithm for estimating the parameters of linear multiple regression using the minimax criterion // *Applied Informatics*. 2015. V. 10. № 4 (58). P. 105-116.
2. Vygodchikova I. Yu. Decision-making toolkit based on the use of a minimax indicator for interval data of the stock market dynamics // *Applied Informatics*. 2018. Vol. 13. № 2 (74). P. 109-119.
3. Determination of the total water consumption of agricultural crops in arid zones / V. V. Korsak [et al.] // *Scientific life*. 2016. № 1. P. 41-51.
4. Pankova T. A. Investigation of variability of bioclimatic coefficients of alfalfa from moisture supply of an agricultural field // *Scientific life*. 2014. № 4. P. 43-49.
5. Truflyak E. V., Kurchenko N. Yu., Didich V. A. Digital technologies in the agro-industrial complex // *Rural mechanic*. 2018. № 7-8. P. 13-14.
6. Cheremisinov A. A., Cheremisinov A. Yu. Review of calculation methods for determining the total evaporation of irrigated agricultural fields // *Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems*. 2016. № 1 (21). P. 113-133.
7. Ahooghalandari M., Khiadani M., Jahromi M. E. Developing equations for estimating reference evapotranspiration in Australia // *Water Resources Management*. 2016. V. 30 (11). P. 3815-3828.
8. Antonopoulos V. Z., Antonopoulos A. V. Daily reference evapotranspiration estimates by artificial neural networks technique and empirical equations using limited input climate variables // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2017. № 132. P. 86-96.
9. Automated calibration of the METRIC-Landsat evapotranspiration process / R. G. Allen [et al.] // *Journal of the American Water Resources Association*. 2013. V. 49(3). P. 563-576.
10. Chapter 2 - FAO Penman-Monteith equation. [Electronic resource], access mode: <http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e06.html>.
11. Dou X., Yang Y. Evapotranspiration estimation using four different machine learning approaches in different terrestrial ecosystems // *Computers and Electronics in Agriculture*. 2018. № 148. P. 95-106.
12. Matlab. [Electronic resource], access mode: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>.

Authors Information

Solovyev Dmitry Aleksandrovich, Acting Rector, Dean of the Faculty of Engineering and Environmental Engineering, Head of the Department of Technosphere Safety and Transport and Technological Machines, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova (410012, Saratov, Teatralnaya pl. 1), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: rector@sgau.ru.

Kamyshova Galina Nikolaevna, Head of the Department of Mathematics, Mechanics and Engineering Graphics, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova (410012, Saratov, Teatralnaya pl. 1), Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, e-mail: gkami-chova@mail.ru.

Kolganov Dmitry Alexandrovich, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety and Transport and Technological Machines, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova (410012, Saratov, Teatralnaya pl. 1), candidate of technical sciences, e-mail: dmi.kolg@mail.ru.

Terekhova Nadezhda Nikolaevna, Associate Professor of the Department of Mathematics, Mechanics and Engineering Graphics, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova (410012, Saratov, Teatralnaya pl. 1), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: nterekhova2015@yandex.ru.

Информация об авторах

Соловьев Дмитрий Александрович, врио ректора, декан факультета Инженерии и природообустройства, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины» Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, Театральная пл. 1), доктор технических наук, доцент, e-mail: rector@sgau.ru.

Камышова Галина Николаевна, заведующий кафедрой «Математика, механика и инженерная графика» Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, Театральная пл. 1), кандидат физико-математических наук, доцент, e-mail: gkami-chova@mail.ru.

Колганов Дмитрий Александрович, доцент кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины» Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, Театральная пл. 1), кандидат технических наук, e-mail: dmi.kolg@mail.ru

Терехова Надежда Николаевна, доцент кафедры «Математика, механика и инженерная графика» Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, Театральная пл. 1), кандидат технических наук, доцент, e-mail: nterekhova2015@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-39

ADDITIVE TO MEANS FOR WASHING PARTS OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT

I. A. Uspensky¹, I. V. Fadeev², L. Sh. Pestrjaeva³, Sh. V. Sadaddinov⁴, N. I. Khaylov¹

¹Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan

²Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, Cheboksary

³Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

⁴Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary

Received 07.03.2020

Submitted 31.09.2020

Summary

The article presents the results of a study of detergents and anticorrosive properties of synthetic detergents Labomid-203, MS-8, Temp-100A and the effect on these indicators of a special additive orthoborathexamethylentetramine composition $H_3BO_3 \cdot C_6H_{12}N_4$ and the temperature of the solution. Gravimetric and electrochemical studies have shown that the inhibitory ability of the solutions of the studied of synthetic detergents increases with the addition of orthoborathexamethylentetramine, and the rate of metal corrosion decreases. Based on the results of the study of the washing properties of synthetic detergents compositions, the optimal parameters of the washing process were determined: temperature-80°C, duration of washing-5 minutes. Based on experimentally obtained data, it is concluded that orthoborathexamethylentetramine is an effective additive and is recommended for use in the composition of SD used in the repair of automotive equipment.

Abstract

Introduction. Synthetic detergents are used to clean parts and components of automotive equipment from contamination. Their use makes it possible to improve the sanitary and hygienic conditions of work of disassemblers and increase their productivity. High-quality washing and cleaning operations increase the service life of machines up to 20-30%. However, currently used synthetic detergents do not have sufficient passivating and washing properties in relation to the cleaned metal surface. In this regard, improving the efficiency of the technological process of washing parts when repairing units and components of automotive equipment is an urgent problem that is important for the agro-industrial and motor transport complexes. **Object.** The object of research are detergents and anticorrosive properties of synthetic detergents Labomid-203, MC-8, Temp-100A and the impact on these indicators of special additives orthoborathexamethylentetramine composition of $H_3BO_3 \cdot C_6H_{12}N_4$. **Materials and methods.** In order to increase the washing efficiency, orthobora-

thexamethylentetramine was added to 5% aqueous solutions Labomid-203, MS-8, and Temp-100A and their anticorrosive and cleaning properties were studied in relation to St3 steel (GOST 380-88), as well as the effect of the solution temperature on the quality of the wash. Studies of the effect of orthoborathexamethylentetramine on the anticorrosive properties of synthetic detergents solutions were carried out using the gravimetric method. To do this, we used samples of size 120×10×1 mm, made of sheet steel St3. Samples were ground and degreased. Completely immersed in glass vessels and tested at a ratio of the volume of the solution to the metal surface of 18-20 ml/cm². Electrodes with an area of 2.5 cm² were used for electrochemical measurements. Measurements were made in a thermostatically controlled three-electrode glass cell. Potentiodynamic polarization curves were obtained on the P-5848 potentiostat in the potentiodynamic polarization mode ($V = 1.0$ mV/s with a platinum auxiliary electrode). A silver chloride electrode was used as the reference electrode, and a 3% solution of sodium chloride was used as a corrosive medium. Tests of the cleaning properties of the compositions were carried out in the original laboratory washing plant using samples made of St3 steel with a size of 150×70×2 mm. preparation of samples for experiments included one-way grinding of the surface of the samples, removal of corrosion products in inhibited acid, one-way degreasing using Viennese lime, washing in cold water and drying with filter paper, measuring the size of samples and weighing them, applying a uniform layer of model contamination to the degreased surface of the samples. Then the samples were kept in the air for 30 minutes. The model contamination was a mixture of spent engine oil with a resinous Deposit from a centrifuge in a ratio of 2:1. Samples with model contamination were placed in the washing unit, which was made in the form of a double-wall thermostatic bath. The solution with a volume of 1 liter was heated through a jacket installed around the bath. To do this, water with the required temperature was pumped from the TS-24 thermostat to the temperature of the program test 20, 40, 60, 80, 100°C and stirred with a stirrer using an electric motor. After washing, the samples were kept at room temperature for 4-5 hours until they were completely dry. The washing capacity was determined by the gravimetric method, taking into account the removed contamination using a special formula. To determine the wetting capacity, samples measuring 150×70 mm were sequentially immersed in a solution of the tested detergent and for 10 seconds in distilled water. Then the samples were taken out of the water and visually recorded the violation of the continuity of the water film. In this case, the surface removed from the edges and sharp edges by less than 10 mm was not taken into account. The wetting capacity is determined by the length of time from the moment the sample is removed from the water to the moment the water film breaks. **Results and conclusions.** Experimental studies have shown that the inhibitory ability of the solutions of the studied of synthetic detergents increases with the addition of orthoborathexamethylentetramine, and the rate of metal corrosion decreases. The temperature of the cleaning solution significantly affects the washing capacity and wettability. In the temperature range of 20-80°C, the washing capacity of the tested products increases sharply and at 80°C the maximum value of the washing capacity is reached. In the range of solution temperatures from 80 to 100°C, the cleaning property of the tested detergents deteriorates. In this regard, the optimal mode of washing the tested compositions of synthetic detergents is a temperature of 80°C with a washing duration of 5 minutes. Therefore, orthoborathexamethylentetramine is an effective additive that increases the anticorrosive and cleaning properties of SD and is recommended for use as part of synthetic detergents used in the repair of automotive equipment.

Key words: *washing of parts, Labomid-203, MS-8, Temp-100A, orthoborathexamethylentetramine, anticorrosive and washing properties, gravimetric and electrochemical studies, wettability, agro-industrial complex.*

Citation. Uspensky I. A., Fadeev I. V., Pestrjaeva L. Sh., Sadaddinov Sh. V., Khaylov N. I. Additive to the means for washing parts of automotive vehicles. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 414-425 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-39.

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

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

УДК 620.193:629.3.083.5

ПРИСАДКА К СРЕДСТВАМ ДЛЯ МОЙКИ ДЕТАЛЕЙ
АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИИ. А. Успенский¹, доктор технических наук, профессорИ. В. Фадеев², кандидат технических наук, доцентЛ. Ш. Пестряева³, кандидат педагогических наук, доцентШ. В. Садетдинов⁴, доктор химических наук, профессорН. И. Хайлов¹, аспирант¹Рязанский агротехнологический университет им. П. А. Костычева, Рязань,²Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары³Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, г. Чебоксары⁴Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Дата поступления в редакцию 07.03.2020

Дата принятия к печати 31.09.2020

Аннотация. В статье представлены результаты исследования моющих и противокоррозионных свойств синтетических моющих средств (СМС) Лабомид-203, МС-8, Темп-100А и влияние на эти показатели специальной добавки ортоборатгексаметилентетрамина (ОБГМТА) состава $H_3BO_3 \cdot C_6H_{12}N_4$ и температуры раствора. Гравиметрическими и электрохимическими исследованиями установлено, что ингибирующая способность растворов исследуемых СМС при добавлении ОБГМТА повышается, а скорость коррозии металла снижается. По результатам исследования моющих свойств составов СМС определены оптимальные параметры технологического процесса мойки: температура – 80 °С, продолжительность мойки – 5 минут. На основе экспериментально полученных данных сделан вывод, что ОБГМТА является эффективной присадкой и рекомендуется к использованию в составе СМС, применяемых при ремонте автотракторной техники.

Актуальность. Для очистки от загрязнений деталей и узлов автотракторной техники применяются синтетические моющие средства (СМС). Их применение позволяет улучшить санитарно-гигиенические условия работы разборщиков и повысить производительность их труда. Высококачественные моечно-очистные работы увеличивают межремонтный ресурс машин до 20-30 %. Однако применяемые в настоящее время СМС не имеют достаточных пассивирующих и моющих свойств по отношению к очищаемой металлической поверхности. В связи с этим повышение эффективности технологического процесса мойки деталей при ремонте агрегатов и узлов автотракторной техники является актуальной проблемой, имеющей важное значение для агропромышленного и автотранспортного комплексов. **Объект.** Объектом исследований являются моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств Лабомид-203, МС-8, Темп-100А и влияние на эти показатели специальной добавки ортоборатгексаметилентетрамина (ОБГМТА) состава $H_3BO_3 \cdot C_6H_{12}N_4$. **Материалы и методы.** С целью повышения эффективности мойки к 5 %-м водным растворам Лабомид-203, МС-8 и Темп-100А добавляли ОБГМТА и исследовали их противокоррозионные и моющие свойства по отношению к стали Ст3 (ГОСТ 380-88), а также влияние температуры раствора на качество мойки. Исследования влияния ОБГМТА на противокоррозионные свойства растворов СМС проводили с использованием гравиметрического метода. Для этого пользовались образцами размером 120×10×1 мм, изготовленными из листовой стали Ст3. Образцы шлифовали и обезжировали. Полностью погружали в стеклянные сосуды и испытывали при соотношении объема раствора к поверхности металла 18-20 мл/см². Для электрохимических измерений использовали электроды площадью 2,5 см². Измерения проводили в термостатируемой стеклянной трехэлектродной ячейке. Потенциодинамические поляризационные кривые получили на потенциостате П-5848 в потенциодинамическом режиме поляризации ($V = 1,0$ мВ/с с платиновым вспомогательным электродом). В качестве электрода сравнения служил хлоридсеребряный электрод, коррозионно-активной среды – 3 %-й раствор хлорида натрия. Испытания моющих свойств составов осуществляли в ори-

гинальной лабораторной моечной установке с применением образцов из стали Ст3 размером 150×70×2 мм. Подготовка образцов к экспериментам включала одностороннее шлифование поверхности образцов, удаление продуктов коррозии в ингибированной кислоте, одностороннее обезжиривание с использованием венской извести, промывание в холодной воде и сушку фильтровальной бумагой, измерение размеров образцов и взвешивание их, нанесение на обезжиренную поверхность образцов модельного загрязнения равномерным слоем. Затем образцы в течение 30 минут выдерживали на воздухе. Модельным загрязнением служила смесь отработавшего моторного масла со смолистым отложением из центрифуги в соотношении 2 : 1. Образцы с модельным загрязнением размещали в моечной установке, которая была изготовлена в виде двустенной термостатированной ванны. Раствор объемом 1 литр подогревали через рубашку, установленную вокруг ванны. Для этого воду с требуемой температурой перекачивали из термостата ТС-24 до температуры программного испытания 20, 40, 60, 80, 100 °С и перемешивали мешалкой с помощью электромотора. После мойки образцы выдерживали при комнатной температуре в течение 4-5 часов до их полного высыхания. Моющую способность определяли гравиметрическим методом с учетом удаленного загрязнения по специальной формуле. Для определения смачивающей способности образцы размером 150×70 мм последовательно погружали в раствор испытуемого моющего средства и на 10 секунд в дистиллированную воду. Затем образцы вынимали из воды и визуально фиксировали нарушение сплошности пленки воды. При этом поверхность, удаленную от краев и острых кромок менее чем на 10 мм, во внимание не принимали. Смачивающая способность определяется продолжительностью времени от момента выемки образца из воды до момента разрыва водяной пленки. **Результаты и выводы.** Экспериментальные исследования показали, что ингибирующая способность растворов исследуемых СМС при добавлении *ОБГМТА* повышается, а скорость коррозии металла снижается. Температура моющего раствора существенно влияет на моющую способность и смачиваемость. В интервале температур 20-80 °С, моющая способность испытуемых средств резко нарастает, и при 80 °С достигается предельное значение моющей способности. В интервале температур раствора от 80 до 100 °С моющее свойство испытуемых моющих средств ухудшается. В связи с этим оптимальным режимом мойки испытуемых составов СМС является температура 80 °С при продолжительности мойки 5 минут. Следовательно, *ОБГМТА* является эффективной присадкой, повышающей противокоррозионные и моющие свойства СМС, и рекомендуется к использованию в составе СМС, применяемых при ремонте автотракторной техники.

Ключевые слова: *мойка деталей, Лабомид-203, МС-8, Темп-100А, ортоборат-гексаметилентетрамин, синтетические моющие средства, присадки.*

Цитирование. Успенский И. А., Фадеев И. В., Пестряева Л. Ш., Садетдинов Ш. В., Хайлов Н. И. Присадка к средствам для мойки деталей автотракторной техники. *Известия НВ АУК.* 2020. 4(60). 414-425. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-39.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Широкое применение для очистки от загрязнений деталей и узлов автотракторной техники на предприятиях агропромышленного и автотранспортного комплексов нашли синтетические моющие средства (СМС). Наиболее часто для этих целей используют Лабомид-101, Лабомид-102, Лабомид-203, МС-6, МС-8, Темп-100 и Темп-100А [8, 9]. Перечисленные препараты представляют собой сыпучие светло-желтые порошки хорошо растворимые в воде, растворы которых нетоксичны, негорючи и пожаробезопасны. Их применение позволяет улучшить санитарно-гигиенические условия работы разборщиков и повысить производительность их труда. Высококачественные моечно-очистные работы дают суммарное увеличение межремонтного ресурса деталей

и машин в целом до 20-30 %. С учетом важности процесса мойки деталей в технологическом процессе ремонта создаются эффективные СМС, а также разрабатываются новые технологии мойки деталей. Согласно литературным данным и практике применения СМС, они не имеют достаточных пассивирующих и моющих свойств по отношению к очищаемой металлической поверхности [6, 16, 17].

В связи с этим повышение эффективности технологического процесса мойки деталей при ремонте агрегатов и узлов автотракторной техники является актуальной проблемой, имеющей важное значение для агропромышленного и автотранспортного комплексов.

Материалы и методы. Известно, что для повышения технологических свойств СМС, обеспечивающих качественную мойку, к ним добавляют специальные присадки. Из литературных источников известно широкое применение для этих целей фосфатов, боратов, силикатов, нитритов и некоторых органических соединений [1, 10, 12-14].

С целью повышения эффективности мойки к 5%-м водным растворам Лабомид-203, МС-8 и Темп-100А добавляли ОБГМТА состава $H_3BO_3 \cdot C_6H_{12}N_4$ и исследовали их противокоррозионные и моющие свойства по отношению к стали Ст3 (ГОСТ 380-88), а также влияние температуры на качество мойки. Выбор стали марки Ст3 объясняется его широким применением в машиностроении.

Образование двойного соединения ОБГМТА эквимолекулярного состава $H_3BO_3 \cdot C_6H_{12}N_4$ установлено и идентифицировано исследованиями [2]. Синтезировали его путем растворения в 300 мл дистиллированной воды 140 г (1 моль) гексаметилентетрамина и 62 г (1 моль) ортоборной кислоты. Смесь непрерывно перемешивали в течение 1 часа при температуре 50 °С и далее раствор перенесли в кристаллизатор для выращивания кристаллов. ОБГМТА кристаллизуется в виде мелкокристаллического вещества, который растворяется в воде инконгруэнтно. Его химический состав, %: В – 5,44; N – 27,70. Показатель преломления кристаллов, найденный иммерсионным методом с помощью поляризационного микроскопа МИН-8, равен 1,630, плотность – 1,318 г/см³, молярный объем – 153,12 см³/моль, удельный объем – 0,76 см³/г.

Исследования влияния ОБГМТА на противокоррозионные свойства растворов Лабомид-203, МС-8 и Темп-100А проводили гравиметрическим методом [7]. Для исследований использовали пластинки из стали Ст3 размером 120×10×1 мм из одной партии, поэтому ее химический состав, структура и механические свойства были одинаковыми. Перед испытаниями поверхность образцов последовательно шлифовали наждачной бумагой различной зернистости, полировали на сукне до полного удаления рисок, остающихся от шлифования. Продукты коррозии с поверхности образцов удаляли в ингибированной кислоте (18 % HCl + 0,5 % КИ-1).

Образцы шлифовали и обезжиривали. Полностью погружали в стеклянные сосуды и испытывали при соотношении объема раствора к поверхности металла 18-20 мл/см².

Эффективность действия ингибиторов оценивали по потере массы образцов в исследуемых средах с определением скорости коррозии (K), ингибиторного эффекта (коэффициента торможения) (γ), степени защиты по методике, приведенной в [7].

Для электрохимических измерений использовали электроды площадью 2,5 см². Измерения проводили в термостатируемой стеклянной трехэлектродной ячейке. Потенциодинамические поляризационные кривые получали на потенциостате П-5848 в потенциодинамическом режиме поляризации ($V = 1,0$ мВ/с с платиновым вспомогательным электродом). В качестве электрода сравнения служил хлоридсеребряный электрод, коррозионно-активной среды – 3 %-й раствор хлорида натрия (фоновый раствор).

Испытания моющих свойств составов (таблица 2) осуществляли в оригинальной лабораторной моечной установке с применением образцов из стали Ст3 размером 150×70×2 мм. Подготовка образцов к экспериментам включала одностороннее шлифование поверхности образцов, удаление продуктов коррозии в ингибированной кислоте, одностороннее обезжиривание с использованием венской извести, промывание в холодной воде и сушку фильтровальной бумагой, измерение размеров образцов и взвешивание их, нанесение на обезжиренную поверхность образцов модельного загрязнения равномерным слоем. Затем образцы в течение 30 минут выдерживали на воздухе. Модельным загрязнением служила смесь отработавшего моторного масла со смолистым отложением из центрифуги в соотношении 2 : 1. Образцы с модельным загрязнением размещали в моечной установке, которая была изготовлена в виде двустенной термостатированной ванны. Моющий раствор подогревали через рубашку, установленную вокруг ванны. Для этого воду с требуемой температурой перекачивали из термостата ТС-24. Температуру жидкости контролировали термометром, вмонтированным в ванну с жидкостью. В ванну моечной установки наливали 1 литр раствора испытуемого моющего средства, нагревали раствор до температуры программного испытания 20, 40, 60, 80, 100 °С и перемешивали мешалкой с помощью электромотора. После мойки образцы выдерживали при комнатной температуре в течение 4-5 часов до их полного высыхания. Моющую способность определяли гравиметрическим методом с учетом удаленного загрязнения по специальной формуле [5].

Для определения смачивающей способности образцы размером 150×70 мм последовательно погружали в раствор испытуемого моющего средства и на 10 секунд в дистиллированную воду. Затем образцы вынимали из воды и визуально фиксировали нарушение сплошности пленки воды. При этом поверхность, удаленную от краев и острых кромок менее чем на 10 мм, во внимание не принимали. Смачивающая способность определяется продолжительностью времени от момента выемки образца из воды до момента разрыва водяной пленки [15].

Результаты и обсуждение. Результаты исследования влияния ОБГМТА на скорость коррозии, ингибиторный эффект и степень защиты стали Ст3 в испытуемых растворах СМС за 10 суток приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние ОБГМТА на среднюю скорость коррозии (K), коэффициент торможения (γ) и степень защиты (Z) стали Ст3 в испытуемых растворах СМС за 10 суток

Table 1 – Effect of OBGMTA on the average corrosion rate (K), braking coefficient (γ), and degree of protection (Z) of St. 3 steel in the tested SMS solutions for 10 days

Испытуемые растворы / Test solutions	Концентрация, мас. % / Density, wt. %	$K \cdot 10^{-3}$, г/м ² ·ч g/m ² ·h	γ	Z, %	pH
NaCl (контроль) / NaCl (control)	3,0	61,24	1,00	0,00	7,0
Лабомид-203 / Labomid-203	5,0	16,26	3,77	73,38	8,3
МС-8 / MS-8	5,0	11,55	5,30	86,58	8,5
Темп-100А / Temp-100A	5,0	8,96	6,84	85,37	8,7
Лабомид-203 + ОБГМТА / Labomid-203 + OBGMTA	5,0 + 3,0	6,78	9,03	88,92	8,5
МС-8 + ОБГМТА / MS-8 + OBGMTA	5,0 + 3,0	5,88	10,41	90,40	8,7
Темп-100А + ОБГМТА / Temp-100A + OBGMTA	5,0 + 3,0	3,06	20,01	94,93	9,0

Из приведенных данных таблицы 1 следует, что ингибирующая способность растворов Лабомид-203, МС-8 и Темп-100А при добавлении ОБГМТА повышается, а скорость коррозии металла снижается. Значения pH в растворах испытуемых СМС показывают, что ОБГМТА незначительно подщелачивает раствор и обладает буферным действием.

Электрохимическими исследованиями установлено, что *ОБГМТА* не оказывает существенного влияния на катодную поляризуемость металла и является преимущественно ингибитором анодного действия, что хорошо согласуется с литературными данными [4, 11].

На рисунке 1 приведены анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые стали Ст3 в растворах изучаемых СМС, приведенных в таблице 1.

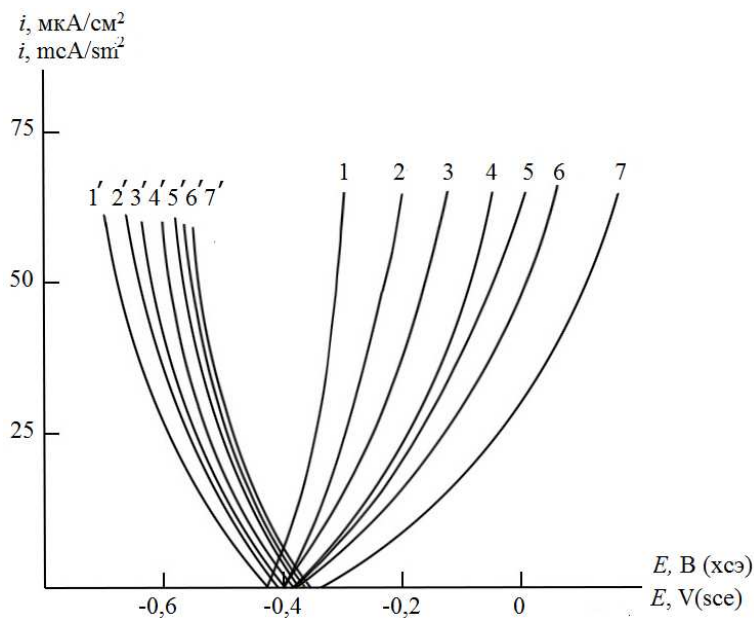


Рисунок 1 – Анодные и катодные потенциодинамические поляризационные кривые стали Ст3:

1'-1 – в 3%-м растворе NaCl; 2'-2 – Лабомид-203; 3'-3 – МС-8; 4'-4 – Темп-100А;
5'-5 – Лабомид-203 + *ОБГМТА*; 6'-6 – МС-8+ *ОБГМТА*; 7'-7 – Темп-100А + *ОБГМТА*

Figure 1 – Anode and cathode potentiodynamic polarization curves of steel St. 3:

1'-1 – in 3% NaCl solution ; 2'-2 – Labomide-203; 3'-3 – MS-8; 4'-4 – Temp-100A;
5'-5 – Labomid-203 + OBHMTA; 6'-6 – MS-8 + OBHMTA; 7'-7 – Temp-100A + OBHMTA

Для изучения влияния температуры на моющее свойство испытуемых СМС готовили растворы последовательным растворением в дистиллированной воде при перемешивании Лабомид-203 (Темп-100А, МС-8) и *ОБГМТА*. Составы испытуемых моющих средств приведены в таблице 2.

Экспериментальные исследования показали, что температура моющего раствора существенно влияет на моющую способность и смачиваемость, что хорошо согласуется с литературными данными [3].

На рисунке 2 приведены графики зависимости моющей способности растворов испытуемых составов СМС (таблица 1) от температуры раствора при продолжительности мойки 5 минут.

Кинетика моющей способности испытуемых составов СМС в зависимости от температуры аналогичны и отличаются лишь их предельными значениями. Из рисунка 1 видно, что в интервале температур 20-80 °С, моющая способность испытуемых средств резко нарастает и при 80 °С достигается предельное значение моющей способности. В интервале температур раствора от 80 до 100 °С моющее свойство испытуемых моющих средств ухудшается, происходит помутнение раствора. Данное явление можно объяснить началом процесса дегидратации молекул поверхностно-активных веществ и выделением в раствор молекул коллоидных частиц.

Таблица 2 – Составы испытываемых моющих средств
для очистки металлических поверхностей

Table 2 – Compositions of tested detergents for cleaning metal surfaces

Наименование компонентов моющего средства / Name of components detergent	Содержание компонентов в составах, мас. % / Content of components in compositions, wt. %					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Лабомид-203 / Labomid-203	5,0	5,0	-	-	-	-
ОБГМТА / ОБНМТА	-	3,0	-	-	-	-
МС-8 / MS-8	-	-	5,0	5,0	-	-
ОБГМТА / ОБНМТА	-	-	-	3,0	-	-
Темп-100А / Temp-100А	-	-	-	-	5,0	5,0
ОБГМТА / ОБНМТА	-	-	-	-	-	3,0
Вода / Water	до 100	до 100	до 100	до 100	до 100	до 100

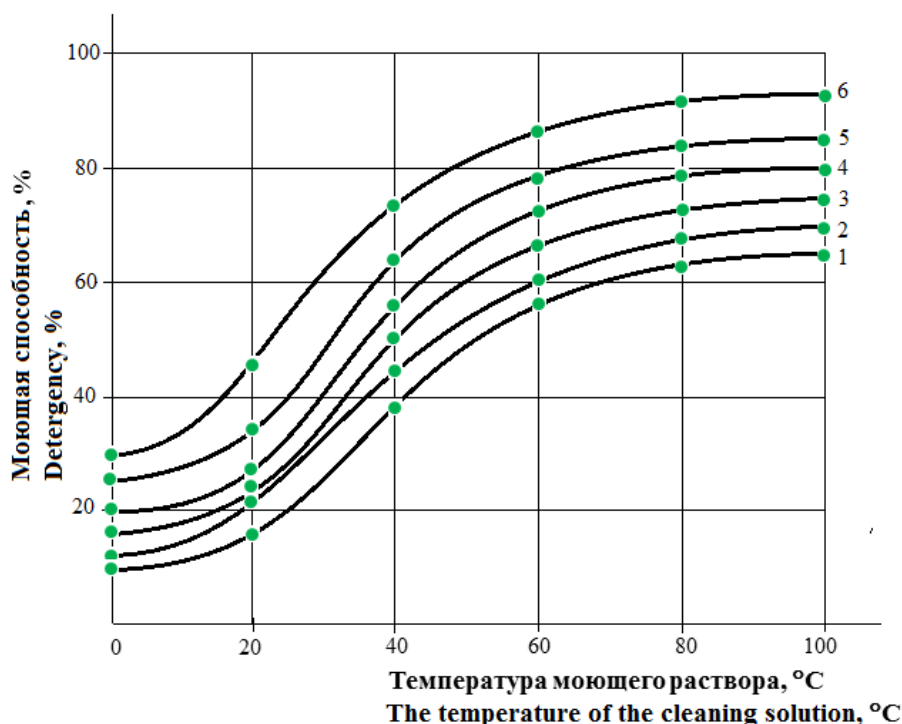


Рисунок 2 – Зависимость моющей способности испытываемых СМС от температуры раствора: 1 – состав №1, 2 – состав № 3, 3 – состав № 5, 4 –состав №2, 5 –состав № 4, 6 – состав № 6

Figure 2 – Dependence of the washing capacity of the test SD on the temperature of the so lution: 1 – composition №1, 2 – composition № 3, 3 – composition № 5, 4 – composition №2, 5 –composition № 4, 6 – composition № 6

Этот процесс имеет тенденцию усиления, что приводит к уменьшению концентрации компонентов состава моющего средства для очистки металлических поверхностей и соответственно к ухудшению его моющего свойства. В связи с этим оптимальным режимом мойки испытываемых составов СМС (таблица 1) является температура 80 °С при продолжительности мойки 5 минут.

Результаты экспериментов по определению моющей способности и смачиваемости испытываемых составов СМС для очистки металлических поверхностей при температуре мойки 80 °С и продолжительности мойки 5 минут представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Моющая способность (%) и смачиваемость (с) составов СМС (таблица 1) при температуре раствора 80 °С и продолжительности мойки 5 минут

Table 3 – Detergency (%) and wettability (s) of SD formulations (table 1) at a solution temperature of 80°C and a wash duration of 5 minutes

Состав моющего средства / Detergent composition	Моющая способность, / Detergency, %	Смачиваемость, с / Wettability, s
№1	64,2	27
№2	69,4	29
№3	72,8	29
№4	79,3	32
№5	85,4	30
№6	92,6	36

Из данных таблицы 3 следует, что моющая способность и смачиваемость СМС Лабомид-203, МС-8 и Темп-100А (составы 1, 3 и 5) увеличивается при добавлении ОБГМТА (составы 2, 4 и 6). Состав № 6 имеет моющую способность 92,6 %, что позволяет практически полностью очистить металлическую поверхность от загрязнения.

Выводы. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что известные СМС Лабомид-203, МС-8 и Темп-100А в сочетании с ОБГМТА повышают эффективность мойки металлической поверхности от загрязнений.

Таким образом, на основе проведенных исследований можно заключить, что ОБГМТА является эффективной присадкой, повышающей противокоррозионные и моющие свойства СМС, и рекомендуется к использованию в составе СМС, применяемых в ремонтном производстве на предприятиях агропромышленного и автотранспортного комплексов. Установлено, что оптимальным режимом мойки разработанных составов моющих средств является температура 80 °С при продолжительности мойки 5 минут и они могут быть рекомендованы в качестве эффективного средства для мойки деталей при ремонте агрегатов и узлов автотракторной техники на предприятиях агропромышленного и автотранспортного комплексов.

Библиографический список

1. Влияние температуры растворов синтетических моющих средств на их моющую способность / В. В. Быков, Б. П. Загородских, А. Н. Ременцов, В. М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 249-255.
2. Илларионов И. Е., Садетдинов Ш. В. Коррозия черных металлов в средах, имитирующих условия эксплуатации автомобилей // Черные металлы. 2019. № 4. С. 67-72.
3. Исследование влияния параметров рабочих тел индуктора на коэффициент мощности / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Г. А. Борисов, Н. В. Лимаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 360-369.
4. Исследование параметров магнитного поля в рабочей камере индуктора / Н. В. Лимаренко, В. П. Жаров, Ю. В. Панов, Б. Г. Шаповал // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. 2016. № 1. С. 136-142.
5. Кобин С. С., Ретюнских В. Н. Загрязнения сельскохозяйственных машин // Новая наука: Проблемы и перспективы. 2016. № 115-2. С. 177-180.
6. Лимаренко Н. В., Жаров В. П. Влияние температуры на параметры работы индуктора, используемого при обеззараживании материалов // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2016. № 1. С. 88-91.
7. Лисунов Е. А., Миронов Е. Б., Гладцын А. Ю. Процесс образования и развития электрохимической коррозии сельскохозяйственной техники // Аграрный вестник Верхневолжья. 2015. № 4 (12). С. 49-52.

8. Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мобильной техники в АПК / Н. В. Бышов, И. В. Фадеев, Г. А. Александрова, Ш. В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 20-24.
9. Повышение эффективности мойки деталей при ремонте автомобилей / В. В. Быков, Б. П. Загородских, Ш. В. Садетдинов, В. М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 358-363.
10. Стрельников И. А., Пестряев Д. А., Садетдинов Ш. В. Влияние температуры раствора боратфосфатных моющих средств на качество очистки металла // Механическое оборудование металлургических заводов. 2019. № 2(13). С. 23-28.
11. Тойгамбаев С. К. Совершенствование процессов очистки деталей от загрязнений при ремонте машин // Актуальные проблемы современной науки. 2016. № 3 (88). С. 217-221.
12. Фадеев И. В., Белов В. В., Садетдинов Ш. В. Применение тетраборатов лития, натрия, калия в качестве экологически чистых добавок к моющим средствам // Известия Международной академии аграрного образования. 2015. № 21. С. 52-55.
13. Фадеев И. В., Ременцов А. Н., Садетдинов Ш. В. Новые боратсодержащие присадки к моющим средствам для узлов и агрегатов транспортных средств // Автотранспортное предприятие. 2015. № 2. С. 46-50.
14. Фадеев И. В., Ременцов А. Н., Садетдинов Ш. В. Моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств для узлов и деталей транспортных средств в присутствии некоторых боратов // Грузовик. 2016. № 6. С. 17-20.
15. Шемякин А. В., Терентьев В. В., Латышенков М. Б. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами // Известия Юго-Западного гос. ун-та. 2016. № 2. С. 89-91.
16. Экспериментальное исследование влияния массы рабочих тел на параметры, характеризующие качество функционирования индуктора / Н. В. Лимаренко, В. П. Жаров, Ю. В. Панов, Б. Г. Шаповал // Вестник Дон.ГТУ. 2016. Т. 16. № 2. С. 90-96.
17. Effect of deicing compounds on aircraft materials / A. Bjorgum [et al.] // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>.

Conclusions. Experimental data indicate that the well-known SD Labomid-203, MS-8 and Temp-100A in combination with OBHMTA increase the efficiency of cleaning the metal surface from contamination. Thus, based on the conducted research, it can be concluded that OBHMTA is an effective additive that increases the anticorrosive and cleaning properties of SD and is recommended for use in the composition of SD used in repair production at enterprises of agro-industrial and motor transport complexes. It is established that the optimal mode of washing the developed detergent compositions is the temperature of 80°C for the duration of washing 5 minutes and they can be recommended as an effective tool for washing parts when repairing units and components of automotive equipment at the enterprises of agro-industrial and motor transport complexes.

Reference

1. Vliyanie temperatury rastvorov sinteticheskikh moyuschih sredstv na ih moyuschuyu sposobnost' / V. V. Bykov, B. P. Zagorodskih, A. N. Remencov, V. M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1(53). P. 249-255.
2. Illarionov I. E., Sadetdinov Sh. V. Korroziya chernyh metallov v sredah, imitiruyuschih usloviya jekspluatacii avtomobilej // Chernye metally. 2019. № 4. P. 67-72.
3. Issledovanie vliyaniya parametrov rabochih tel induktora na koeffitsient moschnosti / I. A. Uspenskij, I. A. Yuhin, G. A. Borisov, N. V. Limarenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 3 (55). P. 360-369.

4. Issledovanie parametrov magnitnogo polya v rabochej kamere induktora / N. V. Limarenko, V. P. Zharov, Yu. V. Panov, B. G. Shapoval // Vestnik Don. gos. tehn. un-ta. 2016. № 1. P. 136-142.
5. Kobin S. S., Retyunskih V. N. Zagryazneniya sel'skohozyajstvennyh mashin // Novaya nauka: Problemy i perspektivy. 2016. № 115-2. P. 177-180.
6. Limarenko N. V., Zharov V. P. Vliyanie temperatury na parametry raboty induktora, ispol'zuemogo pri obezzarazhivanii materialov // Izvestiya VUZov. Pischevaya tehnologiya. 2016. № 1. P. 88-91.
7. Lisunov E. A., Mironov E. B., Gladcyn A. Yu. Process obrazovaniya i razvitiya jlektrohimicheskoy korrozii sel'skohozyajstvennoj tehniki // Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya. 2015. № 4 (12). P. 49-52.
8. Povyshenie protivokorroziionnyh svojstv rastvorov sinteticheskikh moyuschih sredstv dlya mobil'noj tehniki v APK / N. V. Byshov, I. V. Fadeev, G. A. Aleksandrova, Sh. V. Sadetdinov // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2019. № 45. P. 20-24.
9. Povyshenie jeffektivnosti mojki detalej pri remonte avtomobilej / V. V. Bykov, B. P. Zago-rodskih, Sh. V. Sadetdinov, V. M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1(53). P. 358-363.
10. Strel'nikov I. A., Pestryaev D. A., Sadetdinov Sh. V. Vliyanie temperatury rastvora borat-fosfatnyh moyuschih sredstv na kachestvo ochistki metalla // Mehanicheskoe oborudovanie metallur-gicheskikh zavodov. 2019. № 2(13). P. 23-28.
11. Tojgambaev S. K. Sovershenstvovanie processov ochistki detalej ot zagryaznenij pri remonte mashin // Aktual'nye problemy sovremennoj nauki. 2016. № 3 (88). P. 217-221.
12. Fadeev I. V., Belov V. V., Sadetdinov Sh. V. Primenenie tetraboratov litiya, natriya, kaliya v kachestve jekologicheskij chistyh dobavok k moyuschim sredstvam // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2015. № 21. P. 52-55.
13. Fadeev I. V., Remencov A. N., Sadetdinov Sh. V. Novye boratsoderzhaschie prisadki k moyuschim sredstvam dlya uzlov i agregatov transportnyh sredstv // Avtotransportnoe predpriyatie. 2015. № 2. P. 46-50.
14. Fadeev I. V., Remencov A. N., Sadetdinov Sh. V. Moyuschie i protivokorroziionnye svojstva sinteticheskikh moyuschih sredstv dlya uzlov i detalej transportnyh sredstv v prisutstvii nekotoryh boratov // Gruzovik. 2016. № 6. P. 17-20.
15. Shemyakin A. V., Terent'ev V. V., Latyshenok M. B. Povyshenie jffektivnosti protivokor-rozionnoj zaschity stykovykh i svarnyh soedinenij sel'skohozyajstvennyh mashin konservacionnymi materialami // Izvestiya Yugo-Zapadnogo gos. un-ta. 2016. № 2. P. 89-91.
16. Jeksperimental'noe issledovanie vliyaniya massy rabochih tel na parametry, harakteri-zuyuschie kachestvo funkcionirovaniya induktora / N. V. Limarenko, V. P. Zharov, Yu. V. Panov, B. G. Shapoval // Vestnik Don. GTU. 2016. Vol. 16. № 2. P. 90-96.
17. Effect of deicing compounds on aircraft materials / A. Bjorgum [et al.] // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>.

Authors Information

Uspensky Ivan Alekseevich, head of the Department of technical operation of transport of the Ryazan StateAgrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russia, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical sciences, professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>, ivan.uspensckij@yandex.ru.

Fadeev Ivan Vasilyevich, head of the Department of machine science of the Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev (Russia, 428000, Cheboksary, K. Marxstr., 38), candidate of technical sciences, associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, ivan-fadeev-2012@mail.ru.

Pestryaeva Lyudmila Sheizdanovna, associate professor of the Department of physical education and sports of the Chuvash State Agricultural Academy (Russia, 428000, Cheboksary, K. Marxstr., 31), candi-date of pedagogical sciences, associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-5757>, sport.chgsxa@mail.ru.

Sadetdinov Sheizdan Vazykhovich, professor of the Department of materials science and metallurgical processes of the Chuvash State University named after I. N. Ulyanova (Russia, 428000, Cheboksary, Moskovsky Ave., 15), doctor of chemical sciences, professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, avgustaf@list.ru.

Khaylov Nikolay Igorevich, post-graduate student of the Department of technical operation of transport of the Ryazan state agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russia, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4969-3357>, khaylov47@mail.ru.

Информация об авторах

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой технической эксплуатации транспорта Рязанского государственного агротехнологического университета им П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>, ivan.uspenskiy@yandex.ru.

Фадеев Иван Васильевич, заведующий кафедрой машиноведения Чувашского государственного педагогического университет им. И.Я. Яковлева (РФ, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, ivan-fadeev-2012@mail.ru.

Пестряева Людмила Шейиздановна, доцент кафедры физического воспитания и спорта Чувашской государственной сельскохозяйственной академии (РФ, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 31), кандидат педагогических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-5757>, sport.chgsxa@mail.ru.

Садетдинов Шейиздан Вазыхович, профессор кафедры материаловедения и металлургических процессов Чувашского государственного университета им. И. Н. Ульянова (РФ, 428000, г. Чебоксары, пр. Московский, 15), доктор химических наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, avgustaf@list.ru.

Хайлов Николай Игоревич, аспирант кафедры технической эксплуатации транспорта Рязанского государственного агротехнологического университета им П.А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4969-3357>, khaylov47@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-40

JUSTIFICATION OF THE BASIC PARAMETERS OF THE MILL OF THE COMBINED SEED UNIT

M.N. Shaprov, I.S. Martynov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 26.10.2020

Submitted 02.12.2020

Abstract

Introduction. One of the main factors affecting the quality of sowing is the quality of pre-sowing preparation of the soil with the provision of a humidity-temperature parameter. This effect is especially characteristic when sowing small-seeded vegetable crops. Due to the fact that the seeds are small and embedded at a shallow depth, when sowing, it is necessary to minimize the deviation of seed placement in depth and to ensure good contact with the soil. This is ensured primarily by preliminary high-quality soil preparation. Existing seeders do not allow to fully comply with the agrotechnical requirements for sowing such crops, and additional operations for high-quality soil preparation lead to additional economic costs. **Object.** The object of research is a combined sowing unit (milling cutter), which performs both the preparation of the soil for sowing and the sowing of small-seeded vegetables with maximum compliance with agricultural requirements. **Materials and methods.** The planter mill consists of a frame, a milling unit, disk-type fertilizer sowing machines with distributors, a seed metering section consisting of a seed box with sowing machines, combined coulters and rollers. During the working process of the combined sowing unit, the milling cutter, set at the depth of seed placement, rotates in the direction of movement of the unit and loosens the soil, mixing fertilizers with it. The loosened soil layer is leveled and partially compacted by the opener section ski. The degree of compaction of the soil is regulated by the movement of the ski relative to the openers. Anchor coulters form sowing furrows into which seeds are fed. To create a good contact of seeds with soil, the rollers installed at the back of the roller compact the soil in the furrow to the depth of their incorpo-

ration, which is sprinkled with a loose layer by means of shorting. **Results and conclusions.** When analyzing the technological process of the combined sowing unit, it was revealed that one of the key points is the quality of grinding the soil with a mill, which primarily depends on the kinematic parameters of its operation. During the technological process, the knives of soil mills perform rotational and translational movements. Therefore, the path of each point of the cutter knife depends on the peripheral and translational speeds. For milling machines with a horizontal axis of rotation, the knife path is an extended cycloid (trochoid). Therefore, the size and shape of the cut soil chips are determined by the trajectory of two successively working knives and the direction of rotation of the cutter. When cutting chips from top to bottom, its cross section decreases from a maximum to zero. To determine the main parameters of the trajectory, the equation of motion of any point of the knife of the working body is determined. The theoretical calculations and justifications made it possible to determine the main parameters of the combined unit. The use of this sowing device allows fertilizer to be fertilized in one pass, to prepare the soil qualitatively and to sow small-seeded vegetable crops in compliance with the necessary agrotechnical requirements.

Key words: *seeding units, seeding units, combined seeding units, quality of sowing seeds.*

Citation. Shaprov M.N., Martynov I.S. Justification of the basic parameters of the mill of the combined seed unit. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4 (60). 425-433 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-40.

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 631.331.93

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЫ КОМБИНИРОВАННОГО ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА

М. Н. Шапров, доктор технических наук, профессор

И. С. Мартынов, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 26.10.2020

Дата принятия к печати 02.12.2020

Актуальность. Одним из основных факторов, влияющих на качество посева, является качество предпосевной подготовки почвы с обеспечением влажностно-температурного параметра. Особенно это влияние характерно при посеве овощных мелкосемянных культур. В связи с тем, что семена имеют небольшие размеры и заделываются на небольшую глубину, необходимо при посеве до минимума снизить отклонение заделки семян по глубине и обеспечить хороший их контакт с почвой. Это обеспечивается в первую очередь предварительной качественной подготовкой почвы. Существующие сеялки не позволяют полностью выполнять агротехнические требования к посеву таких культур, а проведение дополнительных операций по качественной подготовке почвы ведет к дополнительным экономическим затратам. **Объект.** Объектом исследований является комбинированный посевной агрегат (фреза-сеялка), выполняющий как подготовку почвы к посеву, так и посев овощных мелкосемянных культур с максимальным соблюдением агротехнических требований. **Материалы и методы.** Фреза-сеялка состоит из рамы, фрезерного агрегата, туковысевающих аппаратов тарельчатого типа с распределителями, семявысевающей секции, состоящей из семенного ящика с высевающими аппаратами, комбинированных сошников и катков. В ходе рабочего процесса комбинированного посевного агрегата фреза, установленная на глубину заделки семян, вращается по направлению движения агрегата и рыхлит почву, перемешивая с ней удобрения. Взрыхленный слой почвы выравнивается и частично уплотняется лыжей сошниковой секции. Степень уплотнения почвы регулируется перемещением лыжи относительно сошников. Анкерные сошники формируют посевные борозды, в которые подаются семена. Для создания хорошего контакта семян с почвой, установленные сзади катки уплотняют почву в борозде на глубину их заделки, которая присыпается

рыхлым слоем при помощи загортачей. **Результаты и выводы.** При анализе технологического процесса комбинированного посевного агрегата было выявлено, что одним из ключевых моментов является качество измельчения почвы фрезой, которое в первую очередь зависит от кинематических параметров ее работы. В ходе работы ножи фрез совершают вращательное движение и перемещаются поступательно. Следовательно, любая точка ножа, т.е. её траектория, зависит от скоростей. Для определения основных параметров траектории определено уравнение движения любой точки ножа рабочего органа. Проведенные теоретические расчеты и обоснования позволили определить основные параметры комбинированного агрегата. Применение данного посевного устройства позволяет за один проход внести удобрения, качественно подготовить почву и произвести посев овощных мелкосемянных культур с соблюдением необходимых агротехнических требований.

Ключевые слова: посевные агрегаты, высевальные аппараты, комбинированные посевные агрегаты, качество посева семян.

Цитирование. Шапров М. Н., Мартынов И. С. Обоснование основных параметров фрезы комбинированного посевного агрегата. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 425-433. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-40.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из основных факторов, влияющих на качество посева, является качество предпосевной подготовки почвы с обеспечением влажностно-температурного параметра [11]. Особенно это влияние характерно при посеве овощных мелкосемянных культур, которые заделываются на небольшую глубину и согласно агротехническим требованиям допустимые отклонения по глубине имеют малые значения. Поэтому в этих случаях и предъявляются особые требования к подготовке почвы по гранулометрическому составу. Это касается степени измельчения почвенного слоя и его выровненности. Данная проблема решается разными способами [1-10, 12]. Например, у сеялки СО-4,2 впереди сошника установлен риджер, который смещает в сторону крупные комки почвы, а на дисках сошника установлены реборды с целью соблюдения точности заделки семян по глубине. Повышение качества подготовки семян можно достичь также за счет проведения дополнительной культивации и выравнивания почвенного слоя. Существует также технология возделывания овощных культур на грядах, заключающаяся в том, что на поливных участках семена заделываются в почву на выровненный рельеф с одновременной нарезкой поливных борозд, либо используется грядообразователь для образования необходимых гряд как с мульчирующей пленкой, так и без нее. Такая технология способствует лучшему прогреванию почвы и исключает перенасыщение ее влагой. Особенно это важно для возделывания овощных культур на глинистых почвах.

Материалы и методы. Для решения поставленной задачи нами был разработан комбинированный посевной агрегат (фреза-сеялка), выполняющий как подготовку почвы к посеву, так и посев овощных мелкосемянных культур с максимальным соблюдением агротехнических требований.

За основу сеялки взята овощная сеялка СО-4,2, у которой вместо дисковых сошников установлены комбинированные, каждый из которых состоит из ложки, рамки, на которой жестко закреплено 6 сошников и загортачей. Сошник прикреплен к раме шарнирно с помощью четырехзвенного параллелограммного механизма.

Фреза-сеялка (рисунок 1) состоит из рамы, фрезерного агрегата, туковывсевающих аппаратов тарельчатого типа с распределителями, сеялки, состоящей из семенного ящика с высевающими аппаратами, комбинированных сошников и катков.

Фрезерный агрегат состоит из горизонтально расположенного вала на котором жестко крепятся фрезы, представляющие собой диски с установленными на них L-образными ножами, причем фрезы установлены на валу напротив сошников. Привод фрезерного агрегата осуществляется от вала отбора мощности трактора.

Глубина заделки семян сошником (рисунок 2) варьируется в пределах 3-6 см и регулируется путем передвижения рамки с сошниками относительно лыжи вверх или вниз. Сошники имеют специальные стаканы, к которым присоединяются семяпроводы.

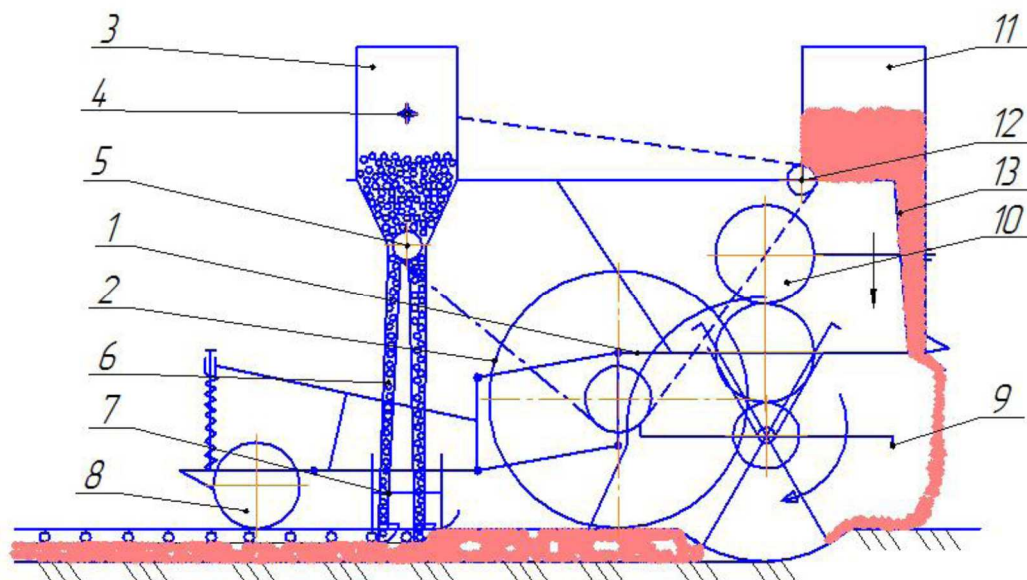


Рисунок 1 – Фреза-сеялка:

- 1 – рама; 2 – опорно-приводное колесо; 3 – семявысевающий ящик; 4 – ворошитель;
5 – семявысевающий аппарат; 6 – семяпровод; 7 – сошник; 8 – каток; 9 – фреза;
10 – редуктор фрезы; 11 – туковывающий аппарат; 12 – привод туковывающего аппарата;
13 – тукопровод

Figure 1 – Combined seeder mill:

- 1 – frame; 2 – wheel drive wheel; 3 – seed box; 4 – agitator; 5 – sowing apparatus;
6 – seed pipe; 7 – opener; 8 – roller; 9 – milling cutter; 10 – gear cutters;
11 – fertilizer sowing device; 12 – drive fertilizer sowing device; 13 – pipelines

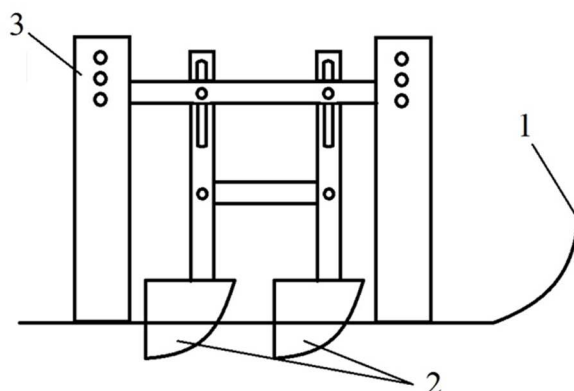


Рисунок 2 – Сошник комбинированный:

- 1-лыжа; 2-сошник; 3-рамка

Figure 2 – Combine opener:

- 1 – ski; 2 – opener; 3 – frame

Для уплотнения почвы в зоне засеянной полосы с целью обеспечения хорошего контакта семян с почвой используют прикатывающие катки. Секция состоит из двух катков, установленных на одной оси, и шарнирно соединена с рамой сеялки. Катки оснащены чистиками для удаления налипшей почвы.

Работа агрегата осуществляется следующим образом. Удобрения из туковысевающего аппарата по тукопроводам подаются на распределяющий щиток, а с него – на поверхность почвы. Фреза, установленная на глубину заделки семян, вращается по направлению движения агрегата и рыхлит почву, перемешивая с ней удобрения. Взрыхленный слой почвы выравнивается и частично уплотняется лыжей сошниковой секции. Степень уплотнения почвы регулируется перемещением лыжи относительно сошников (рисунок 2). Анкерные сошники формируют посевные борозды, в которые подаются семена. Для создания хорошего контакта семян с почвой установленные сзади катки уплотняют почву на глубину заделки семян. Затем загортачами борозды закрываются рыхлой почвой.

Результаты и обсуждение. Для определения основных параметров рабочих органов фрезы-сеялки использовались основные положения теоретической механики.

При анализе технологического процесса комбинированного посевного агрегата было выявлено, что одним из ключевых моментов является качество измельчения почвы фрезой, которое в первую очередь зависит от кинематических параметров ее работы. В ходе работы ножи фрез совершают вращательное движение и перемещаются поступательно. Следовательно, любая точка ножа, т.е. её траектория, зависит от скоростей. При срезании почвенной стружки по направлению сверху вниз её сечение уменьшается с максимального значения до нуля.

Для того чтобы определить параметры траектории движения точки ножа фрез, составим уравнение. Скорость – геометрическая сумма окружной $v_{окр}$ и поступательной v_n скоростей точки ножа (рисунок 3а). Их проекции описываются уравнениями:

$$\begin{aligned} dx/dt &= v_{окр} \cos \alpha + v_n ; \\ dy/dt &= v_{окр} \sin \alpha, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\alpha = \omega t$ - угол поворота точки (ω - угловая скорость ножа; t - время поворота точки).

Если $v_{окр} = \omega R$, то при подстановке α и $v_{окр}$ в уравнения (1) получим:

$$\begin{aligned} dx &= (\omega R \cos \omega t + v_n) dt; \\ dy &= \omega R \sin \omega t dt. \end{aligned} \quad (2)$$

Уравнения траектории движения точки ножа после интегрирования выражения (2) имеет вид:

$$\begin{aligned} x &= \omega R \int \cos \omega t dt + v_n \int dt = \pm R \sin \omega t + v_n t + C; \\ y &= \omega R \int \sin \omega t dt = -R \cos \omega t + C_1. \end{aligned} \quad (3)$$

Постоянные интегрирования C и C_1 можно определить, учитывая значения начальных условий, т.е. при $t=0$ $x=0$ и $y=0$.

При этом получим $C=0$ и $C_1=R$, а уравнения (3) примут вид:

$$\begin{aligned} x &= R \sin \omega t + v_n t; \\ y &= R (1 - \cos \omega t). \end{aligned} \quad (4)$$

Сечение почвенной стружки F при работе одного ножа (рисунок 3б) в определенный момент равно произведению ширины захвата одного ножа b на толщину стружки в исследуемом положении ножа l . Кстати, параметр b может отображать расстояние между соседними ножами вдоль вала фрезы. Т.е. получим $F = bl$.

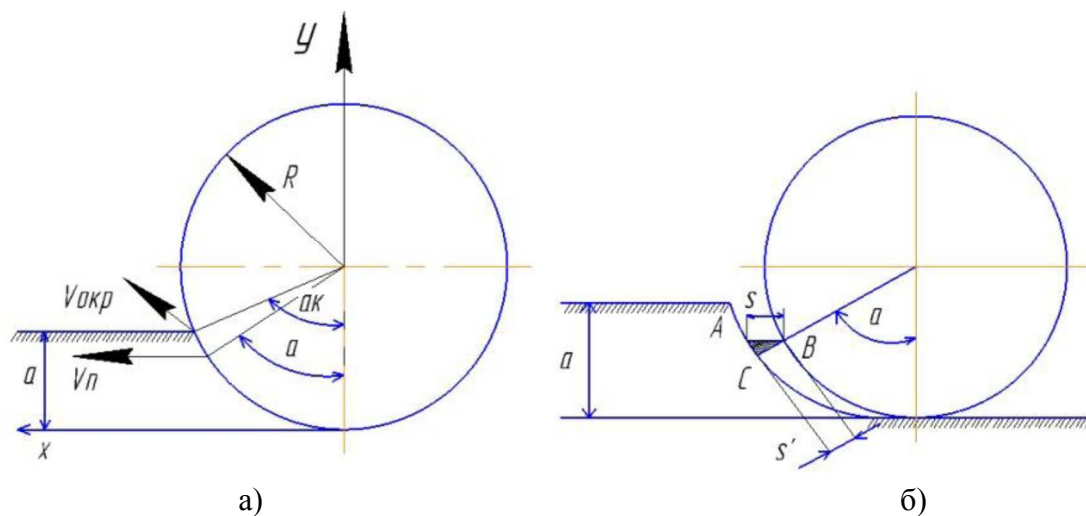


Рисунок 3 (а, б) – Схема фрезы при снятии почвенной стружки
Figure 3 (a, b) – The scheme of the cutter when removing soil chips

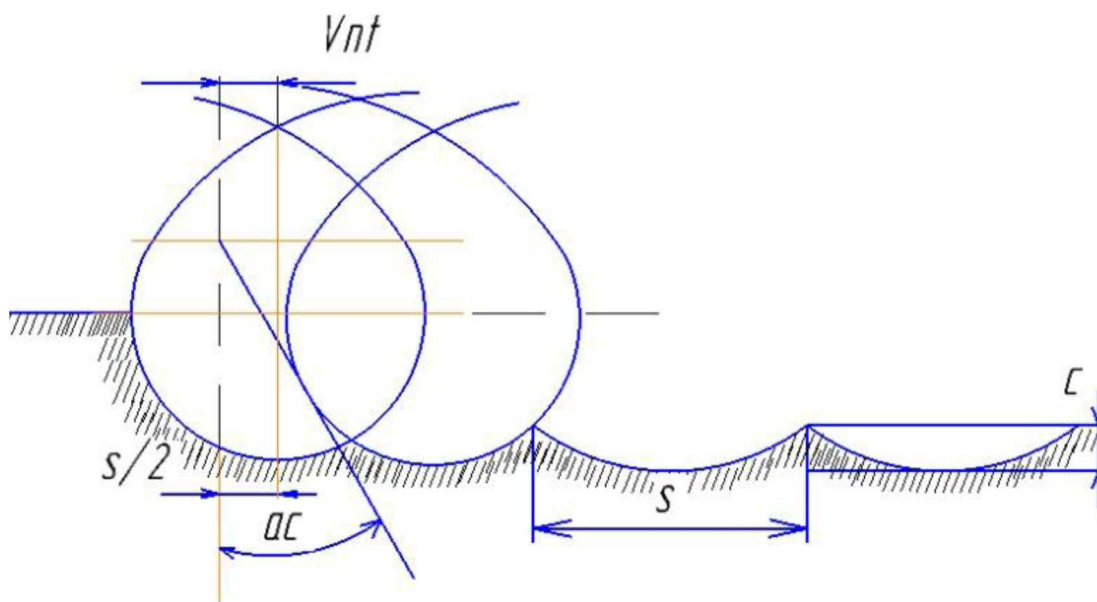


Рисунок 4 – Схема траектории движения ножей

Figure 4 – Scheme knife trajectory

Толщину стружки определим из треугольника ABC :

$$l = s \sin \alpha, \quad (5)$$

где s – подача.

Тогда:

$$F = bs \sin \alpha. \quad (6)$$

Так как на почву в одно время может воздействовать несколько ножей, суммарная площадь:

$$F_{\text{сум}} = ibs \sin \alpha, \quad (7)$$

где i – количество одновременно работающих ножей.

Рассчитаем количество ножей:

$$i = \alpha_k z / 360, \quad (8)$$

где α_k – угол контакта фрезы с почвой (рисунок 4); z – число ножей на диске.

А угол воздействия фрезы на почву:

$$\alpha_k = \arccos(1 - a/R), \quad (9)$$

где α – глубина фрезерования.

Фреза с горизонтальной осью вращения имеет существенный недостаток, а именно, образуется волнообразная поверхность дна борозды. В связи с этим при определении параметров фрезы необходимо снизить высоту гребней до минимума (рисунок 4).

Ее можно вычислить следующим образом:

$$y = c = R(1 - \cos \alpha_c). \quad (10)$$

Другая координата имеет вид $x = s/2$. Подставив это значение в уравнение (4) и заменив $\omega t = \alpha_c$ и $t = \alpha_c / \omega$, получим выражение:

$$s/2 = \pm R \sin \alpha_c + v_n \alpha_c / \omega. \quad (11)$$

Если углы малы, то можно принять $\sin \alpha_c \approx \alpha_c$. Тогда:

$$s/2 = \pm R \alpha_c + v_n \alpha_c / \omega. \quad (12)$$

Откуда:

$$\alpha_c = s/2(\pm R + v_n / \omega). \quad (13)$$

Подставив $\omega = v_{окр}/R$ в формулу (13), получим $\alpha_c = s/2R(v_n/v_{окр} \pm 1)$. Подставив α_c в выражение (10), определим высоту гребней:

$$c = R \{1 - \cos[s/2R(v_n/v_{окр} \pm 1)]\}. \quad (14)$$

Глубина хода фрезы должна быть такой, чтобы вершины гребней были ниже уровня h , на который заделываются семена, т.е. $a \geq h + c$.

Задаваясь значением подачи на один нож фрезы $S = 0,05$ м, и приняв высоту гребней $C = 0,02$ м, а также учитывая, что на фрезе установлено $Z = 8$ ножей, радиус фрезы $R = 0,25$ м, а скорость посевного агрегата $v_n = 2$ м, найдем значение окружной скорости из уравнения 14:

$$v_{окр} = 1 / [(0,05 / \arccos 0,92) - 0,5] = 0,62 \text{ м/с.}$$

Отсюда, при принятых конструктивных параметрах фрезы и профиля дна борозды, определяем угловую скорость фрезы:

$$\omega = v_{окр}/R = 0,62 / 0,25 = 2,5 \text{ с}^{-1}.$$

Выводы. Проведенные теоретические расчеты и обоснования позволили определить основные параметры комбинированного агрегата. Применение данного посевного устройства позволяет за один проход внести удобрения, качественно подготовить почву и произвести посев овощных мелкосемянных культур с соблюдением необходимых агротехнических требований.

Библиографический список

1. Алдошин Н. В., Панов А. И., Мехедов М. А. Совершенствование конструкции фрезерной машины для нарезки гряд // Вестник Московского ГАУ им. Горячкина. 2019. № 1(89). С. 15-19.

2. Блохин В. Н., Никитин В.В., Синяя Н. В. Рабочий орган фрезы // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 4(56). С. 39-42.
3. Иванов А. С., Бай Р. Ф. Разработка и обоснование комбинированной почвообрабатывающей машины // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (73). С. 146-148.
4. Калинин А. Б., Устроев А. А. Теоретические предпосылки и практические приемы рациональной системы обработки почвы в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2016. № 90. С. 70-78.
5. Калинин А. Б., Теплинский И. З. Выбор оптимальных режимов работы активного катка // Сельский механизатор. 2015. № 5. С. 8-9.
6. К вопросу об оптимизации конструкции активных рабочих органов почвофрез с вертикальной осью вращения / В. Н. Блохин [и др.] // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 6(64). С. 39-42.
7. Милюткин В. А., Долгоруков Н. В. Почвозащитные сельскохозяйственные технологии и техника для возделывания сельскохозяйственных культур // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. №3. С. 37-44.
8. Нестяк В. С., Езепчук А. Л., Ивакин О. В. Особенности механизации овощеводства в условиях Забайкалья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 8(118). С. 116-120.
9. Обоснование закономерностей изменения количества ножей активного ротационного рабочего органа для обработки почвы удобрений / М. М. Константинов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67) . С. 109-112.
10. Торилов В. Е., Сычев С. М., Бондаренко А. А. Состояние и пути развития овощеводства открытого грунта в Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 3(61). С. 29-32.
11. Шапуров М. Н., Цепляев А. Н., Мартынов И. С. Почвосберегающая механизированная технология посева пропашных культур // Аграрный научный журнал. Саратовский ГАУ им. Вавилова. 2016. Вып. 3. С. 69-72.
12. Meinel, Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.) // Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig:Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. P. 1-9.

Conclusions. The theoretical calculations and justifications made it possible to determine the main parameters of the combined unit. The use of this sowing device allows fertilizer to be fertilized in one pass, to prepare the soil qualitatively and to sow small-seeded vegetable crops in compliance with the necessary agrotechnical requirements.

Reference

1. Aldoshin N. V., Panov A. I., Mekhedov M. A. Improving the design of a milling machine for cutting ridges // Bulletin of the Moscow GAU im. Goryachkina. 2019. No. 1 (89). P. 15-19.
2. Blokhin V. N., Nikitin V. V., Sinyaya N. V. The working body of the cutter // Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2016. No. 4 (56). P. 39-42.
3. Ivanov A. S., Bai R. F. Development and justification of a combined tillage machine // Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 5 (73). P. 146-148.
4. Kalinin A. B., Ustroeve A. A. Theoretical prerequisites and practical methods of a rational system of soil cultivation in technologies of cultivation of agricultural crops // Technologies and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 2016. No. 90. P. 70-78.
5. Kalinin A. B., Teplinsky I. Z. The choice of optimal operating modes of the active roller // Rural mechanic. 2015. No. 5. P. 8-9.
6. To the question of optimizing the design of active working bodies of a rotary tillers with a vertical axis of rotation / V. N. Blokhin [and others] // Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2017. No. 6 (64). P. 39-42.
7. Milyutkin V. A., Dolgorukov N. V. Soil-protective agricultural technologies and equipment for the cultivation of agricultural crops // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2014. No. 3. Pp. 37-44.

8. Nestyak V. S., Ezepechuk A. L., Ivakin O. V. Features of mechanization of vegetable growing in the conditions of Transbaikalia // *Vesnik of the Altai State Agrarian University*. 2014. No. 8 (118). Pp. 116-120.

9. Substantiation of the patterns of change in the number of knives of an active rotary working body for soil cultivation with fertilizers / M. M. Konstantinov [and others] // *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. 2017. No. 5 (67). P. 109-112.

10. Torikov V. E., Sychev S. M., Bondarenko A. A. State and development paths of open ground vegetable growing in the Bryansk region // *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2017. No. 3 (61). P. 29-32.

11. Shaprov M. N., Tseplyaev A. N., Martynov I. S. Soil-saving mechanized technology of sowing row crops // *Agrarian scientific journal. Saratov GAU im. Vavilov*. 2016. Issue 3. P. 69-72.

12. Meinel, Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.) // *Jahrbuch Agrartechnik 2014*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. P. 1-9.

Authors Information

Shaprov Mikhail Nikolaevich, Professor, Department of Life Safety, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: m.shaprov@yandex.ru.

Martynov Ivan Sergeevich, Associate Professor, Department of Life Safety, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: ISMartynov@mail.ru.

Информация об авторах

Шапров Михаил Николаевич, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), доктор технических наук, профессор. e-mail: m.shaprov@yandex.ru.

Мартьянов Иван Сергеевич, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, e-mail: ISMartynov@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-41

THEORY AND TECHNOLOGIES OF IRRIGATION CONTROL FOR CROPS BASED ON INFORMATION TECHNOLOGIES DECISION SUPPORT AND MATHEMATICAL MODELING

K.E. Tokarev¹, N.I. Lebed², V.A. Kuzmin¹, A.N. Chernyavsky¹

¹ Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

² Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

Received 21.05.2020

Submitted 15.08.2020

Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number 19-116-50009

Abstract

According to «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 highly productive agro-aquatic farming. The main direction of scientific and technical development in agriculture is the management of the process of reclamation and crop formation on irrigated lands based on the development and implementation of information technologies for decision support, mathematical and simulation models that reflect the real processes of crop cultivation. The theoretical and methodological basis of the research is the works of domestic and foreign scientists in the field of technical operation of hydro-reclamation systems, information technologies, including decision support systems, fundamental principles of system analysis, mathematical programming and modeling, optimization theory. The relevance of the review of the theory

and computerized irrigation management technologies with the use of mathematical models and decision-making technologies at the present stage of development of reclamation science is due to the need to create a new generation of reclamation systems that use modern scientific and technological progress, which will allow to practically implement the ideas of highly efficient and environmentally friendly agriculture on irrigated lands. The purpose of the research is to review the scientific foundations and technologies of crop irrigation management based on information technologies for decision support and mathematical modeling. The scientific significance of the research consists in the analysis of the current state of mathematical modeling of irrigation processes of agricultural crops in order to improve resource-saving technologies of cultivation, as well as the possibilities of developing and implementing computerized technologies for managing crop formation and decision-making procedures for cultivation, taking into account the technological capabilities of reclamation systems. It is assumed that the review and analysis of the current state of mathematical modeling of agricultural irrigation processes and computer technologies for their implementation will help to identify the problem and formulate a concept, obtain a generalized scheme for further research, give a qualitative and quantitative assessment of the level of resource conservation, as well as ensure stable high yields in various soil and climatic conditions of the regions of the Russian Federation.

Key words: *crop irrigation, information technology, mathematical modeling, decision making, precision farming, optimization, resource conservation.*

Citation. Tokarev K.E., Lebed N.I., Kuzmin V.A., Chernyavsky A.N. Theory and technologies of irrigation control for crops based on information technologies decision support and mathematical modeling. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 433-448 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-41.

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

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

УДК 631.67:004.9

ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

К. Е. Токарев¹, кандидат экономических наук, доцент

Н. И. Лебедь², доктор технических наук

В. А. Кузьмин¹, кандидат экономических наук

А. Н. Чернявский¹, ассистент

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 21.05.2020

Дата принятия 15.08.2020

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта
№ 19-116-50009**

Аннотация. Согласно «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» и в рамках реализации программы «Цифровое сельское хозяйство» в ближайшие годы одним из приоритетных направлений развития является переход к высокопродуктивному агро-аквахозяйству. Ключевым вектором развития научно-технологического прогресса в агро-промышленном комплексе является совершенствование управления орошаемым земледелием, повышение урожайности на мелиорируемых землях и ресурсосбережения на основе разработки интеллектуальных систем поддержки принятия решений, цифровых информационных технологий и математических моделей сельскохозяйственного воспроизводства. Теоретико-

методологической базой исследования являются труды отечественных и зарубежных ученых в области информационных технологий поддержки принятия решений, математического моделирования и программирования, оптимизации технических параметров эксплуатации мелиоративных систем. Актуальность обзора теории и технологий управления орошением сельскохозяйственных культур с применением математических моделей и интеллектуальных технологий на этапе цифровизации с.-х. производства обусловлена необходимостью создания мелиоративных систем нового поколения, использующих современные достижения научно-технического прогресса, что позволит практически реализовать идеи высокоэффективного и экологически чистого земледелия на орошаемых землях. Целью настоящего исследования является обзор научных основ и технологий управления орошением сельскохозяйственных культур на основе информационных технологий поддержки принятия решений и математического моделирования. Научная значимость исследования состоит в анализе современного состояния математического моделирования процессов орошения с.-х. культур с целью совершенствования ресурсосберегающих технологий возделывания, а также возможностей практической реализации компьютерных технологий и процедур принятия решений по управлению формированием урожая и выращиванию, с учетом технологических возможностей мелиоративных систем. Предполагается, что обзор и анализ современного состояния математического моделирования процессов орошения сельскохозяйственных культур и компьютерных технологий их реализации позволят выявить проблему и сформулировать концепцию, получить обобщенную схему для последующих исследований, дать качественную и количественную оценку уровня ресурсосбережения, а также обеспечить стабильное получение высоких урожаев в различных почвенно-климатических условиях регионов Российской Федерации.

Ключевые слова: орошение сельскохозяйственных культур, информационные технологии, точное земледелие, управление орошением.

Цитирование. Токарев К. Е., Лебедь Н. И., Кузьмин В. А., Чернявский А. Н. Теория и технологии управления орошением сельскохозяйственных культур на основе информационных технологий поддержки принятия решений и математического моделирования. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 433-448. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-41.

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. Агропромышленный комплекс России в значительной степени подвержен как природным, так и хозяйственно-экономическим рискам. Большим бедствием для юго-востока европейской части России являются засухи и дефицит водных ресурсов, а для северо-западных территорий – недостаток тепловых ресурсов и избыточное увлажнение. Для Северо-Кавказского региона, Среднего и Нижнего Поволжья, Южного и Среднего Урала частота проявления засух составляет 30-42 % случаев. На продуктивность сельскохозяйственных угодий также существенное влияние оказывают переувлажнение и заболачивание территории (12,3 %), водная и ветровая эрозия (26,2 %), засоление и осолонцевание почв (20,1 % площади), дегумификация почв (37 %) и прочие негативные факторы. Все это снижает устойчивость сельскохозяйственного производства и приводит к потерям продукции, оценивающимся, по данным Минсельхоза Российской Федерации, от 3,7 до 41,8 млрд руб. в год в зависимости от сложившихся климатических условий. Стабилизирующим фактором сельскохозяйственного производства становится комплексная мелиорация земель сельскохозяйственного назначения, позволяющая не только повысить продуктивность земель до природно-ресурсного потенциала агроландшафта, но и обеспечить снижение ущерба в неблаго-

приятные для сельского хозяйства годы. Ключевым фактором обеспечения продовольственной безопасности и стабильности сельскохозяйственного производства во всем мире являются орошаемые земли. Проблему обеспечения высокопродуктивности производства сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации, где более 75 % всех сельскохозяйственных угодий расположены в зонах недостаточного или неустойчивого естественного увлажнения, возможно благодаря орошению земель сельскохозяйственного назначения. Одним из базовых активов повышения эффективности управления орошением является повышение эффективности оперативного планирования поливов путем оптимизации технико-эксплуатационных параметров дождевальных машин и режимов орошения с.-х. культур с учетом почвенно-климатических факторов [16, 17, 38].

В рамках магистрального направления развития отечественного мелиоративного комплекса разрабатывается программа развития мелиорации с 2021 по 2030 гг., в основу которой положено решение следующих основных задач [31, 38]:

- восстановление существующего мелиоративного комплекса (мелиорируемых земель, мелиоративных систем и гидротехнических сооружений), включая техническое перевооружение функционирующих в настоящее время мелиоративных систем, реконструкцию морально устаревших и физически изношенных мелиоративных систем, консервацию и (или) ликвидацию систем и сооружений, непригодных к эффективному использованию;

- дальнейшее развитие мелиоративного комплекса за счет приоритетного строительства мелиоративных систем нового поколения с использованием наукоемких инновационных технологий, обеспечивающих минимизацию удельных расходов воды и энергии на единицу продукции;

- обеспечение безопасности функционирования гидротехнических сооружений, предотвращение возможности возникновения чрезвычайных ситуаций в зоне влияния крупных гидротехнических сооружений;

- ввод в сельскохозяйственный оборот выбывших мелиорированных земель путем проведения агротехнических, культуртехнических, химических, агролесомелиоративных и фитомелиоративных мероприятий для повышения плодородия почв и устойчивости агроландшафтов;

- повышение водообеспеченности территорий путем использования на орошение местного стока, подземных вод, животноводческих стоков и сточных вод с учетом их очистки, и последующей утилизации отходов, а также местное перераспределения речного стока;

- обеспечение экологической безопасности и сохранности природной среды на основе создания и реализации инновационных природоохранных технологий повышения плодородия земель сельскохозяйственного назначения;

- повышение в управлении мелиоративной деятельностью роли цифровых технологий, базирующихся на современных технологиях интеллектуального анализа данных и методах компьютерного моделирования, способствующих качеству и скорости принятия управленческих решений.

Результаты и обсуждение. Анализ теоретических подходов, технологий и научно-технических разработок в области применения информационных технологий и интеллектуальных систем управления водопользованием показывает, что отечественными учеными разработано немалое количество информационных технологий и реализующих их программных систем, а также моделей оперативного планирования орошения, качество управления в которых зависит от уровня технического оснащения, ком-

муникационных систем и вычислительных мощностей с учетом конкретных почвенно-климатических условий. В частности, исследователями научной школы ГНУ ВНИИ-ГиМ Россельхозакадемии Е. П. Галяминым, В. Г. Головатым, Ю. П. Добрачевым разработана система моделей оперативного планирования и управления распределением водных ресурсов с учетом их дефицита [8, 12]. Специалистами главного информационно-вычислительного центра Россельхозакадемии разработана система программированного выращивания урожаев, включающая модули расчета влажности почв и режимов орошения [45]. Проблемами управления орошением в региональной системе оперативного планирования поливов активно занимается ФГБНУ «РосНИИПМ», в частности, впервые проблема управления орошением осуществляется с помощью созданной автоматизированной системы управления оросительными системами, реализованной на основе динамической модели водного режима и урожайности сельскохозяйственных культур. Кроме того, А.С. Яновским, А.В. Колгановым и др. впервые реализованы программные системы, позволяющие осуществлять информационную и технологическую поддержку служб, осуществляющих эксплуатацию оросительных систем, а также управлять процессами водораспределения и водопользования [50].

В результате исследований В. Н. Щедрина, С. М. Васильева, А. А. Чураева разработан математический инструментальный, позволяющий на современном уровне оптимизировать состав различного технологического оборудования с учетом технико-экономических показателей для внедрения информационных технологий и создания унифицированных программных средств оптимизации управления прецизионным орошением, на базе которого реализован комплекс унифицированных программных средств оптимизации выбора технологического оборудования относительно заданных параметров оросительных систем, что позволит повысить экономическую эффективность и уровень ресурсосбережения [51, 52]. Во ВНИИ комплексной автоматизации мелиоративных систем активно проводились работы по оперативному управлению поливами, в том числе разработана программная система для обеспечения комплекса задач по оперативному планированию водопользования на оросительных системах и управлению технологическими процессами [22].

Система стохастических и детерминированных математических моделей, предложенная В. В. Шабановым [11, 49], позволила оценить влияние водного и радиационного режимов посевов, почвенных влагозапасов на развитие растений, а также выявить проектный режим орошения путем решения уравнения водного баланса. Разработанные подходы к решению проблем оперативного планирования мелиоративных режимов на крупных орошаемых участках с использованием вычислительных машин разработаны В. П. Остапчиком и В. А. Костроминым [15], успешно прошли производственную проверку в различных регионах. Математическая модель расчета эксплуатационных режимов орошения в условиях Центрально-Черноземной зоны, предложенная А. Ю. Черемисиновым, позволила учитывать влияние изменчивости климатических факторов на суммарное испарение. Кроме того, им разработана информационно-советующая система «климат – орошение», являющаяся инструментом снижения неопределенности при принятии решений, связанных с оценкой влияния изменения климата на потребность в орошении земель в различных агроклиматических условиях РФ [14, 48].

В работах Е. П. Галямина, П. М. Барановского, М. С. Филимонова [8, 9, 47] описана разработанная математическая модель процессов формирования урожайности в условиях орошаемого земледелия, базирующаяся на методах теории оптимального управления. Х. Г. Тоомингом [46] рассмотрены перспективы использования математического моделирования и численных методов для реализации экспериментов по про-

гнозированию эффективности изменения параметров растений, разработана карта распределения прогнозируемых урожаев за весь вегетационный период на территории Российской Федерации в условиях оптимального минерального питания и водного режима, а также обосновано применение информационных технологий и систем интеллектуальной поддержки принятия решений, реализующих эффективное оперативное управления режимами орошения при программированном выращивании урожаев.

Существенный вклад в разработку теоретических основ оптимизации мелиоративного режима орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель внесли результаты исследований А. И. Голованова и И. П. Айдарова [1, 2, 11], широко используемые при создании оросительных систем с учетом природно-климатических условий регионов Российской Федерации Л. Г. Балаевым, Ю. П. Добрачевым, А. И. Живновым обосновано применение информационных технологий и интеллектуальных систем оперативного управления режимами орошения, что позволило повысить эффективность использования мелиоративных мероприятий в рамках программированного выращивания урожаев [13, 30].

В рамках системных исследований И. Б. Новика и Л. М. Рекса разработана методология моделирования вещественно-энергетических и экономических процессов для природно-территориальных комплексов, а также разработана структура системы автоматизированной системы в проектировании мелиоративных и гидромелиоративных систем [39-41].

Согласно современным представлениям ведущих отечественных ученых и научных школ Л. В. Кирейчевой [20, 21, 31], В. М. Яшина [21, 28, 31, 63], Г. В. Ольгаренко [38], Угрюмовой А. А. [38], Бандурина М. А. [75], И. Ф. Юрченко [54, 75], А. Л. Бубер [6] и др., сфера мелиорации предполагает разработку мероприятий для сохранения и повышения возобновляемого природно-ресурсного потенциала агроландшафта и охрану окружающей среды, а также формирование адекватного комплекса агро-мелиоративных мероприятий, обеспечивающих повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий и сохранение природной среды. Комплексные мелиорации призваны формировать и поддерживать высокий уровень биопродуктивности, воспроизводства плодородия почв и экологической устойчивости в системах мелиорации.

В ходе междисциплинарных исследований научных школ В. В. Бородычева и А. С. Овчинникова ведущими учеными М. Н. Лытовым и В. С. Бочарниковым разработаны математические и компьютерные модели оптимизации водным режимом почвы, в частности, предложена оптимизационная модель управления водным режимом почвы в условиях орошения, что позволило оценить необходимость проведения очередного вегетационного полива, вероятную дату следующего полива, составить графики поливов и разработать план водопользования на кратко-, средне и долгосрочный периоды. В отличие от известных решений, предложенная авторами модель предусматривает возможность определения текущего состояния влажности почвы путем расчетов, а также с использованием информационно-управляющей системы, особенностью которой является использование разных методов определения эвапотранспирации при проведении прогнозных и ретроспективных расчетов [33, 34].

В последние годы наблюдается прогрессирующая деградация почвенного покрова и истощение ресурсно-ассимиляционного потенциала природы. Эта проблема связана с резким ухудшением материально-технического и ресурсного обеспечения сельскохозяйственного производства, необоснованного применения региональных систем адаптивно-ландшафтного земледелия и режимов эксплуатации мелиоративных систем.

Использование современных информационных технологий и высокотехнологичных компьютерных средств интеллектуального анализа данных природно-экологического состояния орошаемых земель открывает широкие перспективы в сфере регулирования технологий возделывания сельскохозяйственных культур, повышения эффективности земледелия на мелиорируемых землях и рационального использования водных ресурсов.

Научное обоснование применения интеллектуальных информационных систем на базе известных и разрабатываемых математических моделей управления орошением сельскохозяйственных культур повысит качество эксплуатации мелиоративных систем, предотвратит деградацию орошаемых земель, а также позволит эффективно и рационально использовать природные ресурсы. Решение проблем деградации мелиоративных агроландшафтов и обеспечения их стабильного эколого-мелиоративного состояния требует учета особенностей каждого орошаемого участка, что диктует необходимость применения автоматизированных информационных технологий контроля управления плодородием на орошаемых участках [35, 36, 68].

Информационное обеспечение математических моделей включает в себя геоинформационные системы, системы управления базами данных (СУБД) и интеллектуальные системы поддержки принятия решения (информационно-справочные, информационно-советующие и информационно-управляющие), среды имитационного моделирования и разнообразные служебные модели [18, 19, 29, 32, 77], позволяющие определить выбор вида и параметров технологических операций с учетом изменения логических и технико-экономических ограничений, а также определить необходимость разработки автоматизированных технологий управления возделыванием сельскохозяйственных культур в условиях орошения на основе искусственного интеллекта.

Отдельного внимания заслуживает применение автоматизированных ГИС-технологий, использующих данные спутникового мониторинга и дистанционного зондирования. Применение геоинформационных систем для мелиоративной области обусловлено территориальной рассредоточенностью объектов, возможностью построения цифровых моделей, учитывающих пространственно-распределенные факторы, расчета и измерения геометрических характеристик объектов сельскохозяйственного водоснабжения, а также анализа фактических и модельных расчетных данных с последующей визуализацией на карте, что позволит выполнить ситуационный анализ и мониторинг состояния орошаемых и осушенных земель. С. М. Васильевым проводились исследования проблем мониторинга сельхозугодий агропромышленного комплекса России с помощью спутникового сервиса «БЕГА-Science», позволяющего устанавливать границы и решать задачи исследования для каждого конкретного поля, выделять участки изменения свойств почвы для тех или иных сельскохозяйственных культур, а также следить за состоянием орошаемых земель, выявлять и контролировать развитие деградиционных процессов и вырабатывать меры борьбы с ними [7]. М. Н. Лытовым разработана система мониторинга и управления орошением, предполагающая частичную или полную автоматизацию процесса выработки, принятия и реализации управляющих решений, с возможностью сбора, трансляции и обработки мониторинговых данных в автоматическом режиме [26, 27].

Исследования А. Ф. Рогачева и Е. В. Мелиховой посвящены проблемам применения беспилотных летательных аппаратов и искусственных нейронных сетей в сельскохозяйственном производстве. В рамках исследований ими разработаны и внедрены программные комплексы бинарной классификации состояния посевов сельскохозяйственных культур по цветным аэрофотографическим изображениям высокого разреше-

ния, управления программируемым аграрным производством на основе многолетних ретроспективных данных урожайности сельскохозяйственных культур в засушливых условиях, получения, обработки результатов, а также последующего анализа совокупности изображений и расчета вегетационных индексов [43, 44, 76]. Применение специализированных ГИС для реализации технологий точного земледелия позволяет рассмотреть каждое сельскохозяйственное поле как неоднородный массив, разделяя его на условное количество однородных участков (единиц управления), на каждом из которых формируется свой мелиоративный режим, вносится дифференцированная и строго нормированная доза удобрений с учетом заданных показателей качества и объема с.-х. продукции.

В научных работах В. В. Бородычева и М. Н. Лытова исследованы возможности управления мелиорацией с.-х. культур с использованием современных ГИС-технологий мониторинга работы оросительной техники в режиме реального времени, подразумевающие формирование специализированного перечня сегментов интерактивного взаимодействия, а также применения многофункциональных программных комплексов анализа данных и интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений. Кроме того, авторами осуществлены проектирование и реализация информационной системы мониторинга и оперативного управления орошением на основе технологий глобального спутникового позиционирования и препроцессингового определения области оптимальных управленческих решений, позволяющей имитировать присутствие оператора непосредственно у объекта управления и принимать решения, анализируя поведение объекта [3-5, 25].

Проблемам информационной поддержки принятия решений по управлению сельскохозяйственной мелиорацией и водохозяйственным комплексом посвящены труды И. Ф. Юрченко, в рамках которых:

- исследованы возможности использования интеллектуальных систем, методов технической кибернетики, автоматизации управления и математического моделирования для оптимизации управления технологическими процессами в орошаемом земледелии [56, 60];
- проанализированы классические и современные подходы к разработке, внедрению и адаптации информационно-управляющих систем в агропромышленном производстве [58];
- предложены приоритетные направления эволюции автоматизированных систем управления технологическими процессами в мелиорации [62];
- выделены важнейшие направления развития автоматизированных интеллектуальных систем управления процессами сельскохозяйственного производства на основе облачных технологий, обработки больших массивов данных, применение компьютерных систем нейросетевого моделирования и глубокого машинного обучения [57];
- разработаны инновационные направления развития дальнейших научных исследований в области автоматизации прецизионного управления агросистемами в рамках программы «Цифровое сельское хозяйство» [55, 61].

В настоящее время для реализации технологии точного земледелия используется множество специализированных геоинформационных систем, инструментальный аппарат которых позволяет хранить данные об агрофизических свойствах почв, рельефе, климатических условиях, содержании калия, азота, гумуса, фосфора. Системы поддержки принятия решений, реализующие математический и инструментальный аппарат, заложенный в них, используя данные геоинформационных систем способны генерировать операционную карту на выполнение каждого агротехнологического мероприятия.

ятия. Задача бортового компьютера, установленного на сельскохозяйственной машине, заключается в анализе полученных от космических аппаратов GPS координат положения машины с данными карты состояния поля, что позволит команду на выполнение операции в определенной точке с учетом запланированной схемы работ [10, 37, 41]. Детальный анализ полученной информации позволяет установить корреляционную связь между содержанием азота в почве и дренируемым, выделить границы однородных участков и др.

Анализ достигнутого уровня автоматизации операций по регулированию мелиоративного режима с использованием информационных технологий и цифрового управления орошаемыми агросистемами выявил потребность в активном развитии теории и технологий применения интеллектуальных систем поддержки принятия решений для управления агропроизводством на мелиорируемых землях в соответствии с лучшими мировыми достижениями. В свете возрастающей конкуренции на водопотребление с другими секторами развивающейся экономики и необратимости требований к экологизации и устойчивости агропроизводства приоритетными направлениями эволюции систем цифрового управления мелиоративным режимом агроэкосистем настоящего периода признаются технологии точного орошения, контроля процедур полива и автоматизации процессов орошения [53, 59, 80].

Зарубежные разработки в области контроля процедур полива, обеспечивающих реализацию рационального ирригационного процесса, контроль параметров почвы и метеорологических условий в онлайн-режиме, широко представлены компаниями JohnDeere, Acromag SM, LindsayCorp.'s и др. [64, 70, 71]. Передачу данных о влагообеспеченности агроценозов на смартфон успешно осуществляют датчики влажности компании CropX [66]. Оснащение дождевальных систем контроллерами от компании Sprinkl позволяет экономить воду за счет дифференцированного подхода к орошению, обеспечивая мониторинг потребности в поливе для конкретных участков поля по данным почвенной влажности [69]. Обзор зарубежных разработок показывает, что сельхозтоваропроизводителям предлагаются многочисленные технологии информационной поддержки регулирования процедур полива, обеспечивающие передачу на мобильные устройства в режиме онлайн соответствующих рекомендаций, формирование которых реализовано на основе интеллектуального анализа и обработки данных геоинформационного мониторинга и дистанционного зондирования.

В целях развития круглогодичного производства овощных культур японская компания Spread занимается производством и внедрением вертикальных ферм с полностью роботизированным процессом выращивания растений. Стремительно приобретает популярность оснащение производств роботизированными механизмами, оснащенными системой датчиков контроля за полным циклом производства и состоянием растений, а также выполняющими весь цикл работ от посева до сбора урожая [23].

Проекты по переоснащению промышленных производств в тепличные плантации с тщательно контролируемой средой, с использованием облачного программного обеспечения, позволяющего в режиме реального времени осуществлять обработку показателей с датчиков, отслеживающих рост растений, адаптировать подкормку и освещение к потребностям каждого отдельного сорта, реализует известный производитель электроники Fujitsu [24].

Активным продвижением инновационных технологий ирригации, экономии водных ресурсов, особенно в регионах с недостаточным водообеспечением, занимаются ученые из различных стран. Водным департаментом США разработан проект водосохраняющих ферм Water Tech Farms, направленный на пропаганду ресурсосберегающих техноло-

гий и восстановление водных ресурсов. В частности, фермерам предоставлялась возможность использовать дождевальную технику с системой PMDI (Precision Mobile Drip Irrigation – точное мобильное капельное орошение). Использование трубок капельного орошения на поливных машинах кругового или фронтального типов позволило повысить эффективность использования водных ресурсов в системах PMDI до 95 % [73, 79].

Испытанием и анализом систем спринклерного типа с интеграцией технологий точного мобильного капельного орошения занимается компания T&O Farms. В ходе испытаний осуществляется контроль влажности почв, влагообмена и развития корневой системы в режиме реального времени. В ходе исследований отмечается, что использование оросительной техники с интеграцией PMDI-систем позволяет снизить расходы на орошение с почти на 30 % и повысить урожайность не менее чем на 20 %. Кроме того, применение технологии мобильного капельного орошения позволило уменьшить испарение воды на 27-35 %, что равносильно 75 мм осадков [67].

Широкое распространение в Индии получил инновационный подход к энерго- и водосбережению, заключающийся в использовании фотогальванических панелей для покрытия ирригационного канала, позволяющий ежегодно предотвращать испарение воды, а генерируемую энергию поставлять в близкорасположенные сельские поселения [65].

Интеллектуальные технологии точного орошения предполагают автоматизацию учета конфигурации полей, анализа потребностей в поливе различных участков, оптимизацию способов водоподачи, что способствует рационализации потребления воды и общему ресурсосбережению. Разработанная система точного мобильного орошения PMDI и технология полива с переменной скоростью [72] позволяют ликвидировать пробуксовку дождевальной машины, сокращение времени хода и непроизводительных затрат воды, а также решить проблему достижения равномерности полива с учетом различий структуры и влажности почвы. Компанией Trimble для совершенствования полива углов и выступов поля разработана система автоматического включения/отключения дождевателей, что исключает непроизводительный расход воды и переполив проблемных участков поля [78].

Разработки в области интеллектуального мониторинга состояния почвы, погодных условий, управление круговыми и фронтальными дождевальными машинами, водяными пушками, а также формирования статистических данных по расходу ресурсов систем полива представлены компаниями Tevatronik и FieldNET [74]. В состав автоматизированных информационных систем входит модуль управления орошением с реализованными технологическими операциями, позволяющими снизить эксплуатационные затраты за счет эффективного использования времени, оптимизации трудовых ресурсов, электроэнергии и повысить уровень ресурсосбережения.

Выводы. Проведенный обзор отечественных и зарубежных исследований в сфере поддержки принятия решений для управления орошением сельскохозяйственных культур с использованием информационных технологий и математического моделирования показал, что приоритетными тенденциями развития техник и интеллектуальных технологий сельскохозяйственной мелиорации для Российской Федерации в рамках «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» и программы «Цифровое сельское хозяйство», в том числе в сфере цифрового орошения, являются:

- обеспечение разработки инновационных информационно-управляющих систем управления мелиоративной ситуацией в режиме реального времени;
- программная реализация интеллектуальных систем поддержки принятия решений, реализующих информационную поддержку производства с.-х. продукции на орошаемых землях, биотической мелиорации, технологии точного земледелия;

- модернизация цифровых оболочек для использования облачных технологий, систем обработки больших массивов данных и машинного обучения;
- разработка программных комплексов, базирующихся на технологиях нейросетевого моделирования и глубокого машинного обучения;
- использование универсальных мобильных телекоммуникационных средств для решения вспомогательных задач сельскохозяйственного производства на основе интеллектуальных информационных систем и технологий имитационного моделирования;
- разработка программных комплексов имитации развития сельскохозяйственных растений с учетом почвенно-климатических и агробиологических условий, оснащенных эргономичным Web-интерфейсом;
- применение результатов дистанционного зондирования и спутникового мониторинга с использованием мультиспектральных камер для оперативного контроля состояния агроценозов на основе вегетационных индексов NDVI;
- 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 воспроизводства с.- х. культур в условиях оптимизации режимов орошения.

Библиографический список / References

1. Ol'garenko G.V., Ugrjumova A.A., Bulgakov V.I. i dr. // Razvitie oroshaemogo zemledelija po regionam Rossii: tendencii i perspektivy. inform. Izdanie. M.: FGBNU «Rosinformagroteh». 2019. 250 s.
2. Kirejcheva L.V. Kompleksnaja melioracija agrolandschaftov // Melioracija i vodnoe hozjajstvo. 1999. № 5. S. 24–27.
3. Itogi realizacii (2014-2017 gody) federal'noj celevoj programmy «Razvitie melioracii zemel' sel'skhozjajstvennogo naznachenija Rossii na 2014-2020 gody»: inform. Izdanie. M.: FGBNU «Rosinformagroteh». 2018. 108 s.
4. Kirejcheva L.V., Jurchenko I.F., Jashin V.M. i dr. Nauchnye osnovy sozdaniya i upravlenija meliorativnymi sistemami v Rossii // M.: Vseros. nauch.-issled. in-t gidrotehniki i melioracii im. A. N. Kostjakova. 2017. 296 s.
5. Ol'garenko G.V., Ugrjumova A.A., Bulgakov V.I. i dr. Razvitie oroshaemogo zemledelija po regionam Rossii: tendencii i perspektivy // Inform. IZDANIE. M.: FGBNU «Rosinformagroteh». 2019. 250 s.
6. Galjamine E.P. Optimizacija operativnogo raspredelenija vodnyh resursov v oroshenii. L.: Gidrometeoizdat. 1981. S. 272.
7. Golovatyj V.G., Dobrachsv Ju.P., Jurchenko I.F. Modeli upravlenija produktivnost'ju melioriruemyh agrocenozov. M.: RASHN, VNIIGiM. 2001. 166 s.
8. Sistema programmirovannogo vyrashhivaniya urozhaev: rekl. prosp. - Kalinin: GIVC VRO VASHNIL, 1987. S. 4.
9. Shhedrin, V.N., Balakaj G.T. Sostojanie i perspektivy razvitija melioracii zemel'na juge Rossii // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2014. № 3 (15). S. 1-15.
10. Shhedrin V. N., Vasil'ev S.M., Churaev A.A. Kompleksnyj podhod k ocenke pokolenij orositel'nyh sistem na osnove sredstv imitacionnogo modelirovaniya slozhnyh sistem // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2013. № 4(32). S. 189–193.
11. Shhedrin V.N., Vasil'ev S.M., Churaev A.A. Optimizacija sostava pribornogo obespechenija kontrolja agrometeoroparametrov kak jetap razrabotki tehnologii precizionnogo oroshenija // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2016. № 3 (23). S. 1-18.

12. Kompleksnaja avtomatizacija meliorativnyh sistem: (Sb. nauch. st.) / VNII kompleks. avtomatizacii melior. sistem. Frunze :VNIKA melioracija, 1985. 123 s.
13. Shabanov V.V., Sharsheev Je.S. Ispol'zovanie matric perehodnyh verojatnostej pri podgotovke ishodnyh dannyh dlja modelirovanija rezhima oroshenija (na primere predgornoj zony ozera Issyk-kul') // Prirodoobustrojstvo. 2009. № 5. S. 24-31.
14. Golovanov A.I., Shabanov V.V. Sistema matematicheskikh modelej raschetnogo monitoringa melioriruemyh zemel' // Melioracija i vodnoe hozjajstvo. 2004. № 4. S. 46-48.
15. Ostapchik V.P., Kostromin V.A., Koval' A.M. i dr. Informacionno-sovetujushhaja sistema upravlenija orosheniem. // Kiev: Izd-vo «Urozhaj», 1989.
16. Cheremisinov A.A., Radceвич G.A., Cheremisinov A.Ju., Tolstyh A.A. Informacionnaja sistema ocenki vlijanija klimata na estestvennuju teplo- i vlagoobespechennost' s cel'ju opredelenija potrebnosti v oroshenii sel'skohozjajstvennyh zemel' evropejskoj chasti Rossijskoj Federacii // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta . 2018. № 4 (59). S. 59-70.
17. Cheremisinov A.A., Cheremisinov A.Ju., Radceвич G.A., Cheremisinov A.A. Informacionno - sovetujushhaja sistema "Klimat - oroshenija" kak instrument snizhenie neopredelennosti pri prinjatii reshenij // Kadastrvoe i jekologo-landshaftnoe obespechenie zemleustrojstva v sovremennyh uslovijah. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii fakul'teta zemleustrojstva i kadastrv VGau. 2018. S. 264-267.
18. Filimonov M.S., Syhinina M.K. Opredelenie srokov poliva raschetnym metodom sispol'zovaniem zonal'nyh bioklimaticheskikh koeficientov // Rezhimy oroshenija sel'skohozjajstvennyh kul'tur v Nizhnem Povolzh'e. Volgograd. 1981. S. 12-20.
19. Galjamin, E.P. Optimizacija operativnogo raspredelenija vodnyh resursov oroshenii // L.: Gidrometeoizdat. 1981. 272 s.
20. Galjamin, E.P., Sokolov, A.L. Ispol'zovanie raschetnyh metodov dlja ocenki rezhimov oroshenija sel'skohozjajstvennyh kul'tur v uslovijah deficita vodnyh resursov // Voprosy sovershenstvovanija meliorativnyh sistem. 1985. S. 33-42.
21. Tooming H. G. Jekologicheskie principy maksimal'noj produktivnosti posevov // L.: Gidrometeoizdat. 1984. 264 s.
22. Ajdarov I.P. Perspektivy razvitija kompleksnyh melioracij v Rossii // (monografija). - M.: Izd. MGUP. 2014.
23. Ajdarov I.P., Golovanov A.I., Nikol'skij Ju.N. Optimizacija meliorativnyh rezhimov oroshaemyh i osushaemyh sel'skohozjajstvennyh zemel' // M.: Agropromizdat, 1990. 69 s.
24. Dobrachev Ju.P., Sokolov A.L. Modeli rosta i razvitija rastenij i zadacha povyshenija urozhajnosti // Prirodoobustrojstvo. 2016. № 3. S. 90-96.
25. Dobrachev Ju.P., Buber A.L., Kirejcheva L.V. i dr. Metodologija obosnovanija obespechenija vodnymi resursami ob'ektov gidromelioracii pri razrabotke SKIOVO // V sborn.: Kompleksnye melioracii - sredstvo povyshenija produktivnosti sel'skohozjajstvennyh zemel'. FGBNU VNIIGiM im. A.N.Kostjakova. 2014. S. 54-66.
26. Reks L.M., Jakirevich A.M. Raschet processov perenosa vlagi, tepla i solej v nenasyshhennoj i nasyshhennoj zonah pochvogrunt [Elektronnyj resurs]:Rezhim dostupa <http://rex.vniigim.ru/HTML/Rex5.htm> (Data 05.04.2020)
27. Reks, L.M. Metodologicheskie aspekty avtomatizirovannogo rabocheho mesta o dejatel'no-tehno-prirodnih sistemah / L.M. Reks, A.E. Bessonov, E.A. Kalmykova // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2007. - № 26. - S. 115-126.
28. Rezhimy kompleksnyh melioracij zemel' (rekomendacii) / pod red. Kizjaeva B.M. Moskva, 2000. 63 s.
29. Kirejcheva L.V., Jashin V.M. Formirovanie informacionnogo obespechenija pri sozdanii orositel'nyh sistem novogo pokolenija // Osnovnye rezul'taty nauchnyh issledovanij instituta za 2017 god. Sbornik nauchnyh trudov. Moskva, 2018. S. 201-207.
30. Kirejcheva L.V., Lentjaeva E.A., Jalalova G.H., Jashin V.M. Meliorativnye rezhimy na oroshaemyh zemljah i meroprijatija po ih regulirovaniju // Jekologija rechnyh bassejnov. Trudy IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2018. S. 593-600.

31. Jurchenko I.F. Algoritmy upravljajushhih vozdeystvij i struktura sistem precizionnogo regulirovaniya meliorativnogo sostojaniya agrojekosistem // Problemy razvitija sel'skohozjajstvennyh melioracij i vodohozjajstvennogo kompleksa na baze cifrovych tehnologij. Materialy mezhdunarodnoj jubilejnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2019. S. 327-336.
32. Yurchenko I. F., Bandurin M. A., Vanzha V. V., Volosukhin V. A., Bandurina I. P. Risk assessment to land reclamation in investment projects // Advances in social science, education and humanities research // Proceedings of the International Conference Communicative Strategies of Information Society (CSIS 2018). 2019. C. 216-221.
33. Kirejcheva L.V., Jurchenko I.F., Jashin V.M. i dr. Nauchnye osnovy sozdanija i upravlenija meliorativnymi sistemami v Rossii // M.: FGNB "Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut gidrotehniki i melioracii im. A. N. Kostjakova". 2017. 296 s.
34. Ol'garenko G. V., Ugrjumova A. A., Bulgakov V. I. i dr. Razvitie oroshaemogo zemledelija po regionam Rossii: tendencii i perspektivy // Inform. izdanie. M.: FGBNU «Rosinformagroteh». 2019. 250 s.
35. Jurchenko I. F. 2017 Automatization of shhater distribution control for irrigation International // Journal of Advanced and Applied Sciences 4 (2) 72-77.
36. Kirejcheva L.V., Jashin V.M. Povyshenie ustojchivosti sel'skohozjajstvennogo proizvodstva v volgogradskoj oblasti za schet bolee polnogo ispol'zovaniya prirodno-resursnogo potentsiala sel'skohozjajstvennyh // Nacional'naja bezopasnost' Rossii: aktual'nye aspekty. Sbornik statej Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2019. S. 236-243.
37. Jashin V. M. Vodnyj rezhim oroshaemyh soloncovyh kompleksnyh pochv i osobennosti ego regulirovaniya // Nacional'naja bezopasnost' Rossii: aktual'nye aspekty. Sbornik izbrannyh statej Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. SPb. 2020. S. 63-69.
38. Buber A.L., Dobrachev Ju.P. Zadacha planirovaniya i upravlenija vodnymi resursami v interesah vodopol'zovatelej APK // Melioracija i vodnoe hozjajstvo. 2019. № 5. S. 36-40.
39. Borodychev V.V., Lytov M.N., Ovchinnikov A.S., Bocharnikov B.C. Optimal'noe upravlenie polivami na osnove sovremennyh vychislitel'nyh algoritmov // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. №4(40) S. 21-28.
40. Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S., Tronev S.V., Meshherjakov M.P., Bocharnikova O.V., Nesmijanov I.A., Vorob'eva N.S. Optimizacija osnovnyh parametrov trubchatyh orositel'nyh sistem // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2 (50). S. 303-309.
41. Pron'ko N.A., Korsak V.V. Upravlenie oroshaemym zemledeljem na osnove ispol'zovaniya informacionnyh tehnologij // Nauchnaja zhizn'. 2012. № 2. S. 80.
42. Abel Henrijaue, Santos Gomes, Lucia Helena Garofalo Chaves, Hugo Orlando Carvalho, Guerra Abel Henrijaue Drip Irrigated Sunflosheer Intercropping // American Journal of Plant Sciences. 2015. 1816-1821.
43. Pron'ko N.A., V.V. Korsak Informacionnye tehnologii v upravlenii plodorodiem oroshaemyh zemel' na lokal'nom urovne // Melioracija i vodnoe hozjajstvo: problemy i puti reshenija Materialy mezhdunar. nauch.-pr. konf. 2016. S. 308-312.
44. Tokarev K.E., Orlova Yu.A., Rogachev A.F., Chernyavsky A.N., Tokareva Yu.M. The intelligent analysis system and remote sensing images segmentation engineering by using methods of advanced machine learning and neural network modeling // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. C. 12124.
45. Ol'garenko V.I., Jurchenko I.F., Ol'garenko I.V., Ol'garenko V.I. Primenenie metoda Monte-Karlo dlja modelirovaniya riskov planiruемого oroshenija // Nauchnaja zhizn'. 2017. № 2. S. 11-19.
46. Melihova E.V. Sozdanie sistemy podderzhki prinjatija reshenij pri vybore rezhima oroshenija sel'skohozjajstvennyh kul'tur // Nauchnyj zhurnal «Melioracija» Respublika Belarus'. 2019. №1(87). S 28-22.

47. Kirejcheva L.V., Jurchenko I.F., Lentjaeva E.A. Komp'juternaja model' ocenki jeffektivnosti investicij v realizaciju meroprijatij federal'noj celevoj programmy «Razvitie melioracii zemel' sel'skohozjajstvennogo naznacheniya na period 2014-2020 gg.» // Melioracija i vodnoe hozjajstvo. 2015. № 4. S. 16-23.

48. Kirejcheva L.V., Jurchenko I.F., Jashin V.M. Modeli i informacionnye tehnologii upravlenija vodopol'zovaniem na meliorativnyh sistemah, obespechivajushhie blagoprijatnyj meliorativnyj rezhim // Melioracija i vodnoe hozjajstvo. 2014. № 5-6. S. 50-55

49. Vasil'ev S.M., L.A. Mitjaeva Ocenka processov degradacii oroshaemyh zemel' v ramkah kalibrovki servisov monitoringa sel'skohozjajstvennyh zemel' // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2016. №4(24). S. 70-85.

50. Lytov M.N. Konceptual'nye podhody k upravleniju tehnologicheskim processom orosheniya po monitoringovym dannym // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledelija. 2019. № 1 (73). S. 6-10.

51. Lytov M.N. K resheniju zadach upravlenija vodnym rezhimom pochvy na osnove geoinformacionnyh sistem real'nogo vremeni // V sbornike: Osnovnye rezul'taty nauchnyh issledovanij instituta za 2017 god. Sbornik nauchnyh trudov. Moskva, 2018. S. 222-227.

52. Rogachev A., Melikhova E. Creating a neural network system for forecasting and managing agricultural production using autocorrelation functions of time series // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. C. 06005. DOI: 10.1051/e3sconf/202016406005.

53. Rogachev A.F., Melihova E.V. Obosnovanie algoritmov i instrumentarija dlja nejrosetevogo prognozirovaniya urozhajnosti agrokul'tur s ispol'zovaniem retrospektivnyh dannyh // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 1 (57). S. 290-302.

54. Rogachev A.F., Shubnov M.G. Ocenka prognoznogo urovnya urozhajnosti sel'skohozjajstvennyh kul'tur na osnove nejrosetevykh modelej dinamiki // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2012. № 4. S. 226-231.

55. Borodychev V.V., Lytov M.N., Golovinov E.Je. Monitoring i upravlenie orosheniem v rezhime real'nogo vremeni // M.: Redakcija zhurnala «Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva». 2017. 154 s.

56. Borodychev V.V., Lytov M.N. Obobshhennaja model' avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy monitoringa i upravlenija orosheniem v rezhime real'nogo vremeni // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. №1 (45). S. 161-170.

57. Borodychev V.V., Lytov M.N. Sistema «Analiz – vizualizacija dannyh – prinjatie reshenij» v sostave GIS upravlenija orosheniem // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. №2 (50). S. 161-170.

58. Kurbanov S.A., Borodychev V.V., Lytov M.N. Podhody k organizacii informacionno-tehnicheskikh kompleksov monitoringa i upravlenija orosheniem v rezhime real'nogo vremeni // Problemy razvitiya APK regiona. 2017. №3 (31). S. 131-136.

59. Jurchenko I.F. Perspektivy razvitiya avtomatizirovannyh sistem upravlenija agroprodukcijom na melioriruemyh zemljah // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2019. № 4 (36). S. 164-177.]

60. Jurchenko I.F. Stanovlenie cifrovych platform meliorativnogo vodohozjajstvennogo kompleksa // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 1 (57). S. 380-395.

61. Jurchenko I.F. Razvitie innovacionnyh sistem upravlenija agroprodukcijom na meliorirovannyh zemljah // Biznes. Obrazovanie. Pravo. 2020. № 1 (50). S. 42-49.

62. Jurchenko I.F. Cifrovye sistemy regulirovaniya meliorativnogo rezhima agrojekosistem // International Agricultural Journal. 2020. T. 63. № 2. S. 21.

63. Jurchenko I.F. Prioritetnye napravlenija cifrovizacii tehnologicheskikh processov agroprodukcii na melioriruemyh zemljah // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh nauk i tehnologij Integral. 2020. № 2. S. 14.

64. Jurchenko I.F. Cifrovizacija meliorativnogo vodohozjajstvennogo kompleksa // Modern Science. 2020. № 5-4. S. 16-18.
65. Jurchenko I.F. Innovacionnaja infrastruktura cifrovizacii meliorativnogo vodohozjajstvennogo kompleksa // Original'nye issledovaniya. 2020. T. 10. № 3. S. 30-35.
66. N.V. Byshov, Byshov D.N., Bachurin A.N., Olejnik D.O., Jakunin Ju.V. Geoinformacionnye sistemy v sel'skom hozjajstve // Rjazan': FGBOU VPO RGATU, 2013. 169 s.
67. Rogachev A.F. Matematicheskoe obespechenie sistemy podderzhki prinjatija reshenij na osnove GIS-tehnologij // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2009. № 2. S. 144-151.
68. Pron'ko N.A., Fal'kovich A.S., Korsak V.V. Primenenie geoinformacionnyh tehnologij dlja prostranstvennogo modelirovanija vodno-solevogo rezhima oroshaemyh zemel' suhostepnogo Povolz'ja // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2010. № 9. S. 13-16.
69. Bandurin M.A., Jurchenko I.F., Volosuhin V.A., Vanzha V.V., Volosuhin Ja.V. Jekologo-jekonomicheskaja jeffektivnost' diagnostiki tehničeskogo sostojanija vodoprovodjashhih sooruzhenij orositel'nyh sistem // Jekologija i promyshlennost' Rossii. 2018. T. 22. № 7. S. 66-71.
70. Jurchenko I.F. Razrabotka i sovershenstvovanie tehnologij avtomatizirovannogo upravlenija formirovanijem meliorativnogo rezhima agrojekosistem // Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 2 (54). S. 354-363.
71. John Deere Field Connect.–[Electronic resource].–Access mode: [https://www. deere. com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-anagement](https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-anagement).
72. Lindsay Corporation. Plug & Play Add-Ons.– [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.growsmart.com>.
73. Acromag. SM-Autonomous Irrigation Control.– [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.acromag.com/content/sm-autonomous-irrigation-control>.
74. CropX -.[Electronic resource]. – Access mode: [https://www. cropx. com](https://www.cropx.com)
75. Heather Clancy Why smart irrigation startups are bubbling up.– [Electronic re-source]. – Access mode: <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling>.
76. Krasil'nikova, YU. Na vertikal'noj ferme v Yaponii budut rabotat' tol'ko roboty [Elektronnyj resurs] / YU. Krasil'nikova. – Rezhim dostupa: https://high-tech.fm/2016/01/29/vertical_farms, 2018.
77. Krupnejšie kompanii Yaponii osvajaют вертикальные теплицы [Elektronnyj resurs]. – 2017, 26 maya. – Rezhim dostupa: <https://fruitnews.ru/technology/255-teplit-sy/48221-krupnejšie-kompanii-yaponii-osvajaют-vertikalnye-teplitsy.html>, 2018.
78. Precision mobile drip irrigation [Electronic resource]. – Mode of access: https://tlirr.com/products/precision_mobile_drip_irrigation, 2018.
79. Water Technology Farms [Electronic resource]. – Mode of access: [http://kwo.ks.gov/ projects/water-technology-farms](http://kwo.ks.gov/projects/water-technology-farms), 2018
80. Dragon-Line's patented technology [Electronic resource]. – Mode of access: <https://dragonline.net/high-line-applications>, 2018.
81. Canal Solar Power Project [Electronic resource]. – Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Canal_Solar_Power_Project, 2018.
82. Mobile Drip Irrigation. – [Electronic resource].- Access mode: [https://www.youtube. com/watch?v=3yT9yijB-4](https://www.youtube.com/watch?v=3yT9yijB-4)
83. Trimble Geomatics Office. User manual / Trimble Navigation limited. – U.S.A., 2019. – 144 p.
84. 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.

Conclusions. The review of domestic and foreign research in the field of decision support for crop irrigation management using information technologies and mathematical modeling showed that the priority trends in the development of agricultural reclamation tech-

niques and intelligent technologies for the Russian Federation within the framework of the "Strategy of Scientific and Technological Development of the Russian Federation" and the "Digital Agriculture" program, including in the field of digital irrigation, are:

- ensuring the development of innovative information and control systems for managing the reclamation situation in real time;
- software implementation of intelligent decision support systems that provide information support for agricultural production on irrigated land, biotic reclamation, and precision farming technologies;
- modernization of digital shells for the use of cloud technologies, large data processing systems and machine learning;
- development of software systems based on neural network modeling and deep machine learning technologies;
- using universal mobile telecommunications tools for solving auxiliary tasks of agricultural production based on intelligent information systems and simulation technologies;
- development of software systems for simulating the development of agricultural plants, taking into account soil-climatic and agrobiological conditions, equipped with an ergonomic Web interface,
- application the results of remote sensing and satellite monitoring using multispectral cameras for operational monitoring of the state of agrocenoses based on vegetation indices NDVI;
- improvement of methods for increasing the productivity of agricultural land, 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;
- using the remote sensing data obtained with unmanned aerial vehicles for monitoring reclamation condition of agricultural lands online;
- development of intelligent models and methods of information processing that take into account the specifics of land conservation, resource conservation and increasing the re-production of agricultural crops in the conditions of optimizing irrigation regimes.

Author information:

Tokarev Kirill Evgenievich, associate Professor of the Department of Mathematical modeling and computer science, Volgograd state UNIVERSITY (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), candidate of economic Sciences, tel. 8 (8442) 41-17-10, e-mail: tke.vgsha@mail.ru.

Lebed Nikita Igorevich, head of the laboratory of the Federal tax service of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), doctor of technical Sciences, tel. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: vnialmi@bk.ru.

Kuzmin Vsevolod Alexandrovich, teacher of the Department of Mathematical modeling and computer science, Volgograd state UNIVERSITY (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), candidate of economic Sciences, tel. 8 (8442) 41-17-10, e-mail: pniiemt.kuzmin@yandex.ru.

Chernyavsky Alexey Nikolaevich, assistant of the Department of electrical Equipment and electrical management of agricultural enterprises, 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.

Лебедь Никита Игоревич, заведующий лабораторией ФНИЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор технических наук, тел. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: vnialmi@bk.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: pniiemt.kuzmin@yandex.ru.

Чернявский Алексей Николаевич, ассистент кафедры Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК, ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. 8 (8442) 41-11-27, e-mail: alexei.tcherniawskij@yandex.ru.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR AUTOMATIC CONTROL OF MANIPULATOR DRIVES OF MOBILE ROBOT-WEEDER WITH PARALLEL-SERIAL STRUCTURE

A. G. Ivanov¹, N. S. Vorob'yeva¹, V. V. Zhoga^{2,3},
V.E. Pavlovsky⁴, E. V. Pavlovsky⁴

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

²Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

³Center for Technologies in Robotics and Mechatronics Components, Innopolis University,
Innopolis, Russia

⁴Keldysh Institute of Applied Mathematics (Russian Academy of Sciences), Moscow, Russia.

Received 13.08.2020

Submitted 25.10.2020

The article was prepared with the financial support of RFBR grant no. 19-48-340013 r_a.19-31-50031 mol_nr.

Summary

The article presents the results of calculating the program movement of the working part of the robot - weeder from the starting point to the specified end point for a certain time. The results of mathematical modeling confirmed the efficiency of the proposed algorithm for controlling the actuators of the manipulation mechanism. The algorithm works perfectly even in the presence of initial perturbations.

Abstract

Introduction. The article considers the development of a control algorithm for the actuating links of a manipulator with a parallel-serial structure. **Object.** The calculation scheme of the mechanism of movement of the working part of the mobile robot-weeder is presented. **Materials and methods.** The authors suggest a two-stage procedure for resolving the problem of controlling the robot operating part motion into a set neighborhood of the final state for a set time. The first stage covers the process of solving the problem of defining the manipulator generalized coordinates at the set coordinates of the operating part. The problem solution is of an optimization nature. The second stage proceeds with the resolving of the problem of defining the laws of the setting action formation for the actuating drives responsible for the operating part motion in the set point neighborhood. The programmed path correction is done in such a way that at any specific time it moves through a set position of the operating part while the deviations from the final state of actuating links change according to the solution of the formed differential equation. **Results and conclusions.** A kinematic algorithm for manipulator position stabilization in a given final state is synthesized. The control efforts change laws are obtained. The results of numerical modeling confirming the efficiency of the proposed algorithm on the example of a specific manipulator are presented. Mathematical modeling showed that the proposed algorithm allows the manipulator grip motion along the program path with an error not exceeding 1%. The algorithm also functions properly in the presence of initial disturbances.

Key words: robot-weeder, manipulator with a parallel-spatial structure, positioning, control system, mathematical model of dynamics.

Citation. Ivanov A. G., Vorob'yeva N. S., Zhoga V. V., Pavlovsky V.E., Pavlovsky E. V. Development of methods for automatic control of manipulator drives of mobile robot-weeder with parallel-serial structure. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 449-459. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-42.

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 621.865.8:631.316.43

**СИНТЕЗ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДАМИ МАНИПУЛЯТОРА
ПАРАЛЛЕЛЬНО-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ
МОБИЛЬНОГО РОБОТА-ПРОПОЛЬЩИКА****А. Г. Иванов¹**, ассистент**Н. С. Воробьева¹**, кандидат технических наук, доцент**В. В. Жога^{2,3}**, доктор физико-математических наук, профессор**В. Е. Павловский⁴**, доктор физико-математических наук, профессор**Е. В. Павловский⁴**, старший программист¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград²Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград³Центр технологий компонентов робототехники и мехатроники, Университет Иннополис,
г. Иннополис, республика Татарстан⁴Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, г. Москва

Дата поступления в редакцию 13.08.2020

Дата принятия к печати 25.10.2020

**Статья подготовлена при финансовой поддержке гранта
РФФИ № 19-48-340013 р_а, 19-31-50031 мол_нр.**

Актуальность. Статья посвящена разработке алгоритма управления исполнительными звеньями манипуляционного механизма параллельно-последовательной структуры мобильного робота-пропольщика. **Объект.** Представлена расчетная схема механизма перемещения рабочего органа мобильного робота-пропольщика. **Материалы и методы.** Предлагается двухэтапная процедура решения задачи управления перемещением рабочего органа робота в заданную окрестность конечного состояния за заданное время. Сначала решается задача определения обобщенных координат манипулятора при заданных координатах рабочего органа. Решение этой задачи носит оптимизационный характер. Затем решается задача определения законов формирования задающих воздействий для исполнительных приводов, обеспечивающих перемещение рабочего органа в окрестность заданной точки. Коррекция программной траектории производится таким образом, чтобы в каждый момент времени она проходила через заданное положение рабочего органа и отклонения от конечного состояния исполнительных звеньев изменялись в соответствии с решением сформированного дифференциального уравнения. **Результаты и выводы.** Синтезирован кинематический алгоритм перемещения рабочего органа манипулятора в заданное положение. Получены законы изменения управляющих усилий. Приводятся результаты численного моделирования, подтверждающие работоспособность предложенного алгоритма на примере конкретного манипулятора. В результате расчета выявлено, что ошибка позиционирования рабочего органа по разработанному алгоритму не превышает 1 %. Наличие начальных возмущений не оказывает влияние на работу разработанного алгоритма.

Ключевые слова: роботы-пропольщики, манипуляторы параллельно-пространственной структуры, система управления манипуляторами.

Цитирование. Иванов А. Г., Воробьева Н. С., Жога В. В., Павловский В. Е., Павловский Е. В. Синтез алгоритма управления приводами манипулятора параллельно-последовательной структуры мобильного робота-пропольщика. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 449-459. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-42.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В сельскохозяйственном производстве одной из сложных операций является борьба с сорняками [7, 8]. Как правило, борьба с сорняками на открытом грунте осуществляется механизированным способом с помощью культивации. При выращивании

овощных культур в теплицах для удаления сорняков в основном используют ручной труд, также ручной труд до сих пор применяется и при выращивании овощных и бахчевых культур на открытом грунте. Значительным недостатком культивации является то, что культиватор обрабатывает только междурядья. Уничтожение сорняков химическим способом в последнее время используется реже по экологическим соображениям. Для решения проблемы уничтожения сорняков как в междурядьях, так и в рядке разработан мобильный робот-пропольщик (рисунок 1) для точечного механического удаления сорняков.

Мобильный робот-пропольщик состоит из рамы 1, приводных колес 2, системы контроля и управления 3, аккумуляторной батареи 4 и датчика компьютерного зрения 7.

Конструкция передвижения рабочего органа (рисунок 2) выполнена в виде плоского механизма параллельно-последовательной структуры с тремя степенями свободы. Перемещение рабочего органа 8 в горизонтальной плоскости осуществляется с помощью трех линейных приводов (актуаторов) 5, а в вертикальной – с помощью актуатора 6. Для вращения рабочего органа (фрезы) используется электродвигатель 9.

Робот функционирует следующим образом. С помощью системы контроля и управления робот движется по рядкам с растениями. При движении датчик компьютерного зрения обнаруживает сорную растительность и определяет их координаты. Бортовой компьютер составляет карту сорняков и строит маршрут перемещения рабочего органа. После чего рабочий орган перемещается между сорняками, срезая их и взрыхляя почву рядом с ними.

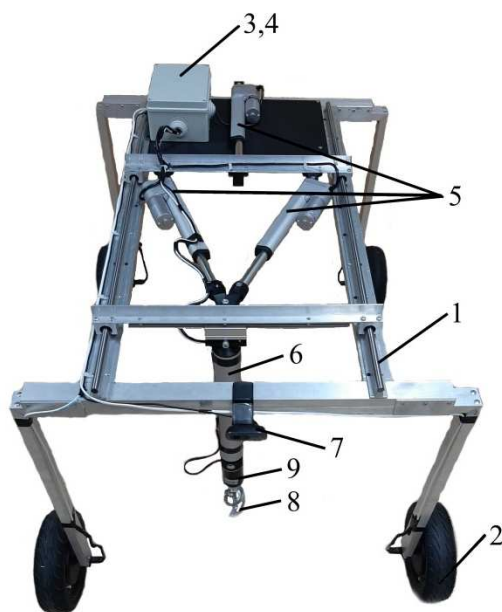


Рисунок 1 – Мобильный робот – пропольщик

Figure 1 – Mobile weeding robot

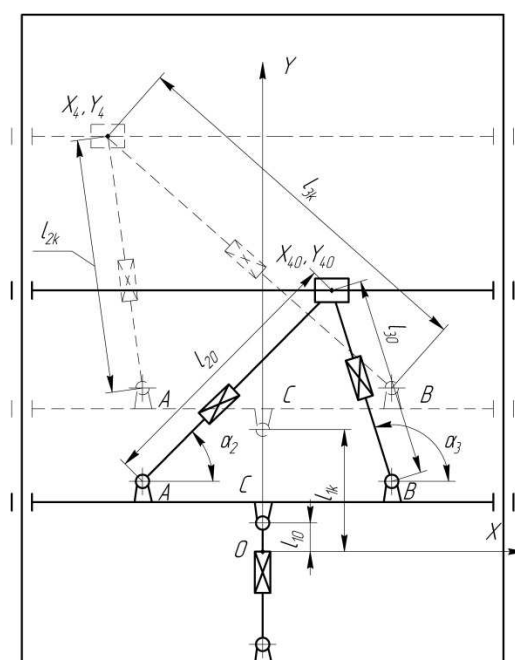


Рисунок 2 – Расчетная схема механизма перемещения рабочего органа робота – пропольщика. Вид сверху

Figure 2 – The design scheme of the mechanism for moving the working body of the weeding robot. Top view

Материалы и методы. Для реализации описанной технологии необходимо разработать алгоритмы формирования системы управления передвижения рабочего органа мобильного робота-пропольщика. Система управления должна обеспечивать перемещение рабочего органа в заданную точку рабочей зоны с необходимой точностью. Рассматрива-

ются перемещения манипулятора в горизонтальной плоскости. Требования к перемещениям определяются технологией выполняемой операции: параметрами мобильности, приемистости, погрешностью позиционирования рабочего органа и временем выполнения операции. Обобщенными координатами манипуляционного механизма являются длины линейных приводов $q_1 = l_1(t)$, $q_2 = l_2(t)$, $q_3 = l_3(t)$. Перемещение рабочего органа из известного начального положения [1] с координатами (x_{40}, y_{40}) в заданное конечное положение (x_4, y_4) обеспечивается изменением длин $l_i(t)$, $(i = 1 \div 3)$ исполнительных звеньев манипулятора [10]. Задача решается в два этапа. Сначала решается задача позиционирования: для заданных конечных координат (x_4, y_4) точки крепления вертикального актуатора (рисунок 2) требуется найти обобщенные координаты манипулятора l_i^{op} , $(i = 1 \div 3)$. Поскольку количество декартовых координат точки крепления исполнительного механизма равно двум, а количество обобщенных координат манипуляционного механизма равно трем, маневренность манипуляционного механизма равна единице. То есть конечному положению актуатора с рабочим органом соответствует бесконечное множество конфигураций манипулятора. Таким образом, решение этой задачи носит оптимизационный характер.

На втором этапе необходимо определить законы изменения обобщенных координат манипулятора $l_i(t)$, $(i = 1 \div 3)$ при перемещении точки крепления рабочего органа из начальной в окрестность назначенной точки. В качестве управляющих параметров принимаем ускорения изменения обобщенных координат $\ddot{l}_i(t)$, $(i = 1 \div 3)$.

Конструкция манипулятора обеспечивает голономные связи между координатами точки $O_4(x_4, y_4)$, длинами исполнительных звеньев и геометрическими параметрами манипулятора:

$$l_2 = \sqrt{(y_4 - l_1)^2 + (AC + x_4)^2}, \quad l_3 = \sqrt{(y_4 - l_1)^2 + (BC - x_4)^2}. \quad (1)$$

Конфигурация манипулятора определяется из условия минимума квадратичной функции - критерия обобщенной энергии:

$$\Phi = c_1 \cdot \Delta l_1^2 + c_2 \cdot \Delta l_2^2 + c_3 \cdot \Delta l_3^2,$$

с ограничениями в виде неравенств:

$$l_{i\min} \leq l_i^{op} \leq l_{i\max}, \quad (2)$$

где $\Delta l_1 = (l_{1k} - l_{10})$, $\Delta l_2 = \sqrt{(y_4 - l_{1k})^2 + (AC + x_4)^2} - \sqrt{(y_{40} - l_{10})^2 + (AC + x_{40})^2}$, $\Delta l_3 = \sqrt{(y_4 - l_{1k})^2 + (BC - x_4)^2} - \sqrt{(y_{40} - l_{10})^2 + (BC - x_{40})^2}$ – изменения длин исполнительных звеньев; начальная конфигурация манипулятора l_{i0} , $(i = 1 \div 3)$; c_1, c_2, c_3 – весовые коэффициенты, значения которых пропорциональны нагрузкам на исполнительные звенья; $l_{i\min}, l_{i\max}$ – минимальное и максимальное допустимые значения длин исполнительных звеньев манипулятора (рисунок 2); l_i^{op} – оптимальное значение длины.

В процессе работы манипуляционного механизма, выбирая значения весовых коэффициентов, можно получить наиболее благоприятное значение критерия. В приведенном ниже примере расчета весовые коэффициенты приняты равными единице.

Целевая функция Лагранжа имеет вид:

$$\Phi^* = \sum_{i=1}^3 c_i (l_{ik} - l_{i0})^2 + \lambda_{2i-1} (u_{2i-1}^2 + l_i - l_{2i-1, \max}) + \lambda_{2i} (u_{2i}^2 + l_{i \min} - l_i), \quad (3)$$

где u_i^2 – вспомогательные функции; λ_i – множители Лагранжа.

Необходимые условия экстремума функции (3) записываются в форме:

$$\frac{\partial \Phi^*}{\partial l_i} = c_1 \frac{\partial (l_{1i} - l_{10})^2}{\partial l_i} + c_2 \frac{\partial (l_{2i} - l_{20})^2}{\partial l_i} + c_3 \frac{\partial (l_{3i} - l_{30})^2}{\partial l_i} + \lambda_1 - \lambda_2 = 0, \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \lambda_{2i-1} &= 0, \text{ при } l_i^{op} < l_{i \max}; \lambda_{2i} = 0, \text{ при } l_i^{op} > l_{i \min}, \\ \lambda_{2i-1} &> 0, \text{ при } l_i^{op} = l_{i \max}; \lambda_{2i} > 0, \text{ при } l_i^{op} = l_{i \min} \end{aligned} \quad (5)$$

Так как функция Лагранжа (3) выпуклая, а множители $\lambda_{2i-1} \geq 0$, $\lambda_{2i} \geq 0$, то необходимые условия (4), (5) являются достаточными.

Так как манипулятор обладает большой жесткостью, то декартовы координаты точки крепления актуатора с рабочим органом определяются через длины исполнительных звеньев с большой точностью:

$$x_4 = \frac{l_3^2 - l_2^2}{4AC}, \quad y_4 = l_1 + \sqrt{l_2^2 - \left(\frac{l_3^2 - l_2^2}{4AC} \right)^2 + \frac{l_3^2 - l_2^2}{2} - AC^2}. \quad (6)$$

Ниже излагается метод синтеза алгоритма системы управления для законов изменения длин исполнительных звеньев [2, 11, 12].

Требования по точности управления предъявляются только к конечной точке, не накладывая ограничений на траекторию перемещения характерной точки, которая может изменяться в процессе перемещения рабочего органа из-за внешних возмущений. Считаем, что для каждого исполнительного звена известны контуры управления, замкнутые по обобщенным координатам $l_i(t)$, $i = 1 - 3$. В этом случае решение задачи сводится к определению законов формирования задающих воздействий $l_i(t)$ для исполнительных приводов, обеспечивающих перемещение рабочего органа в окрестность заданной точки на плоскости, которой соответствуют длины исполнительных звеньев $l_i(\tau) = l_i^{op}$, $i = 1 - 3$. Принимаем, что на траектории движения [3] отклонения от конечного состояния исполнительных звеньев $\Delta l_i(t) = l_i^{op} - l_i(t)$ изменяются в соответствии с решением дифференциального уравнения:

$$\Delta \ddot{l}_i(t) + a_{1i} \Delta \dot{l}_i(t) + a_{2i} \Delta l_i(t) = 0, \quad (7)$$

где a_{1i} , a_{2i} – постоянные положительные числа.

Законам формирования задающих воздействий $l_k(t)$ исполнительных приводов, определяемых уравнениями (7), соответствуют дифференциальные уравнения:

$$\ddot{l}_i(t) + a_{i1} \dot{l}_i(t) + a_{i2} l_i(t) = a_{i2} l_i^{op}, \quad (8)$$

при начальных условиях, описывающих состояние манипулятора при $t_0 = 0$:

$$l_i(0) = l_{i0}, \quad \dot{l}_i(0) = \dot{l}_{i0}. \quad (9)$$

Общее решение уравнения (8) имеет вид:

$$l_i(t) = l_i^0 + C_{1i}e^{p_{1i}t} + C_{2i}e^{p_{2i}t}, \quad (10)$$

где корни p_{1i}, p_{2i} – корни соответствующего характеристического однородного уравнения.

Постоянные интегрирования находим из (8) с учетом (9):

$$C_{1i} = \frac{\Delta l_i(0)p_{2i} + \dot{l}_{i0}}{(p_{1i} - p_{2i})}, \quad C_{2i} = -\frac{\Delta l_i(0)p_{1i} + \dot{l}_{i0}}{(p_{1i} - p_{2i})}, \quad \Delta l_i(0) = l_i^{op} - l_i(0) \quad . \quad (11)$$

Коэффициенты уравнений (8) определяются через корни характеристического уравнения:

$$a_{1i} = -(p_{1i} + p_{2i}), \quad a_{2i} = p_{1i}p_{2i}.$$

Для обеспечения требования $l_i(t) \rightarrow l_i^{op}$ при $t \rightarrow \infty$ корни характеристического уравнения отрицательные разные. Значения корней характеристического уравнения следует выбирать из допустимых параметров мобильности манипулятора (предельно допустимые скорости перемещения захвата в рабочей зоне) и требуемого времени τ попадания в назначенную точку с необходимой погрешностью.

Закон изменения длин исполнительных звеньев (10) является программным. Чтобы построить закон управления с обратными связями, необходимо вычислять требуемое ускорение по текущим значениям обобщенных координат:

$$\ddot{l}_i(t) = a_{i2}l_i^{op} - a_{i1}\dot{l}_i(t) - a_{i2}l_i(t). \quad (12)$$

Таким образом, в выражениях (11) необходимо считать текущие значения обобщенных координат – начальными. Обратная связь в контурах управления приводными двигателями осуществляется по переменным $l_i(t), \dot{l}_i(t)$. Значения этих переменных используются при вычислении выражений, входящих в выражение (12). На рисунке 3 приведена структурная схема системы управления.

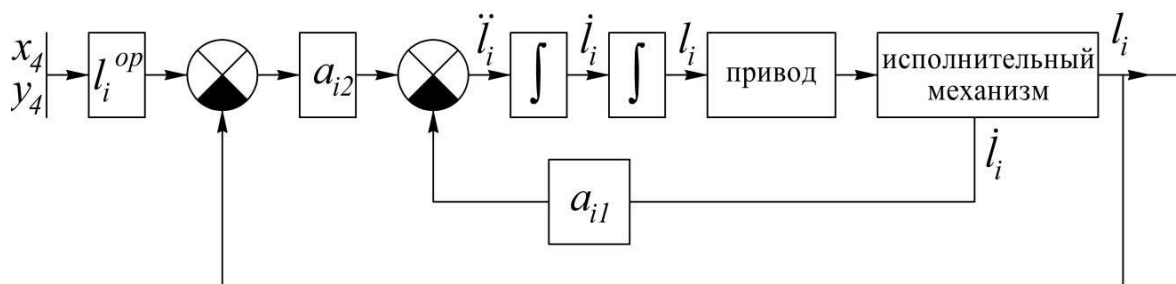


Рисунок 3 – Структурная схема системы управления

Figure 3 – Control system structural diagram

Основные архитектурные особенности системы управления обусловлены механической конструкцией робота, характером программных движений и кругом решаемых задач.

Функционально система управления может быть разделена на два уровня. Верхний уровень обеспечивает общее планирование движения, обработку показаний приемника GPS и навигацию, связь с пультом удаленного управления и телеметрии по протоколу Wi-Fi, реализует систему технического зрения.

В основу верхнего уровня положен микрокомпьютер Raspberry Pi 3 Model B. Этот микрокомпьютер основан на процессоре Broadcom BCM2837 с четыре 64-битными ядрами ARM Cortex A-53, работающими на частоте 1.2 ГГц, имеет 1 Гб оперативной памяти, порты USB, RS-232, I2C и GPIO, встроенный блок Wi-Fi. Использование в системе управления полноценного микрокомпьютера вместо микроконтроллера позволяет реализацию достаточно сложных алгоритмов управления, поддержку WiFi и построение системы технического зрения. В то же время Raspberry Pi отличается низким энергопотреблением, что существенно в автономном мобильном роботе, и невысокой ценой при достаточной производительности.

Нижний уровень системы управления обеспечивает непосредственное управление исполнительными механизмами робота-пропольщика.

Исполнительные механизмы робота-пропольщика разделены на две группы (рисунок 4). Первую составляют линейные актуаторы, используемые в конструкции манипулятора, а вторую – серводвигатели, обеспечивающие горизонтальное перемещение робота.

Исходя из различных предназначений исполнительных механизмов выбраны разные виды обратной связи. Для двух ходовых степеней свободы используется обратная связь на оптических энкодерах, позволяющая реализовать одометрическую навигацию в дополнение к GPS для повышения точности движения. Для четырех приводов манипулятора выбрана обратная связь на потенциометрах. Это решение обусловлено тем, что инкрементные оптические энкодеры измеряют относительные приращения, но не позволяют сразу узнать абсолютное положение; это оптимально для ходовых приводов, но неприемлемо для манипулятора, который необходимо контролировать именно по абсолютному положению.

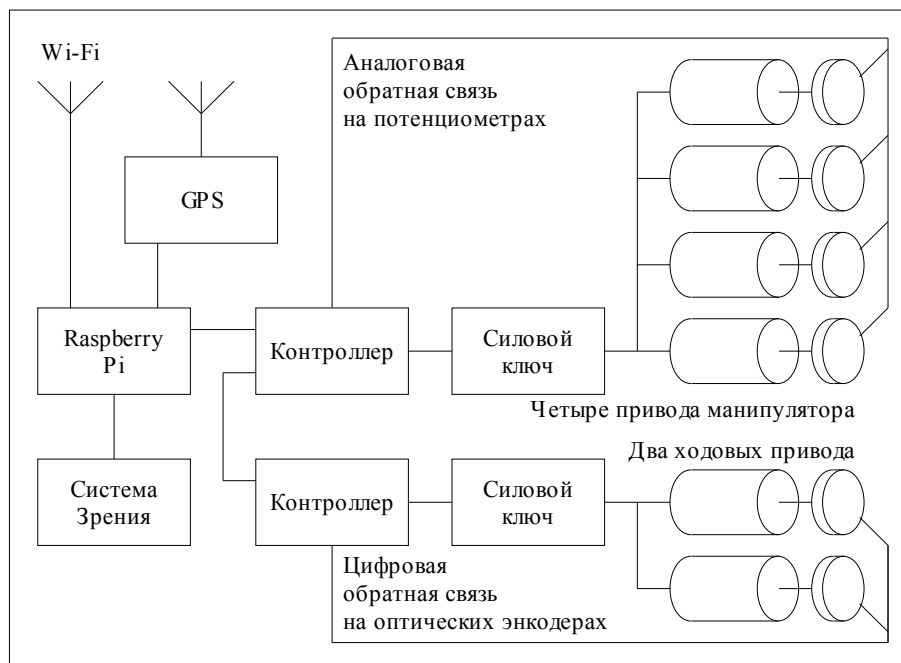


Рисунок 4 – Функциональная схема системы управления

Figure 4 – Functional diagram of the control system

Управление исполнительными механизмами построено на двух одноканальных четырехканальных контроллерах приводов. Каждый из контроллеров построен на двух микроконтроллерах Microchip PIC16F73, имеющих по два генератора ШИМ для управ-

ления двигателями. Обратная связь реализована на четырех микросхемах Avago HCTL-2017 счетчиков для оптических квадратурных энкодеров. Таким образом, каждый контроллер обеспечивает четыре полных канала управления приводами с обратной связью. Кроме этого, каждый контроллер имеет восемь линий GPIO (цифрового ввода-вывода общего назначения) и пять линий аналогового ввода; с их помощью реализуется обратная связь приводов на потенциометрах, а не на оптических энкодерах.

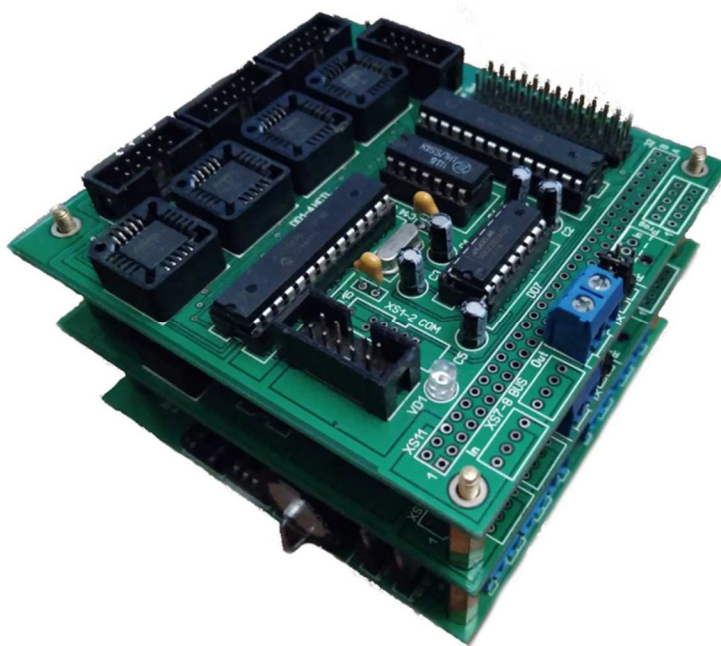


Рисунок 5 – Блок управления приводами

Figure 5 – Drive control unit

Для подключения контроллеров к управляющему компьютеру используется шина собственной разработки, основанная на RS-232, но отличающаяся электрически и использующая дополнительный протокол [4, 6].

Блок управления приводами показан на рисунке 5, контроллеры управления – это две верхние платы. Нижняя плата – четырехканальный силовой ключ, регулирующий напряжения и токи двигателей в соответствии с поступающими от контроллера сигналами направления и ШИМ цифрового уровня.

Сенсорная система состоит из двух основных компонент: одна жестко привязана к исполнительным устройствам, а вторая, выполняющая большую часть функций глобальной навигации и пространственной ориентации, а также технического зрения и связана с блоком управления верхнего уровня.

Программы верхнего уровня включают следующие основные модули: систему навигации, опрашивающую приемник GPS и объединяющую данные GPS и одометрических датчиков; систему технического зрения; систему управления манипулятором, реализующую описанные в работе алгоритмы для точного позиционирования рабочего органа; систему управления движением; систему планирования верхнего уровня.

Результаты и обсуждение. Численный пример реализации алгоритма управления. В начальный момент времени рабочий орган манипулятора находился в точке с координатами $x_{40} = -90.мм$, $y_{40} = 350.мм$. Расстояние между осями точек крепления актуаторов $AC = BC = 140.мм$. Этим координатам соответствуют длины исполнительных зве-

ньев $l_{10} = 0 \text{ мм}$, $l_{20} = 355$, $l_{30} = 419 \text{ мм}$. Задав координаты конечной точки $x_4 = 110 \text{ мм}$, $y_4 = 510 \text{ мм}$ в результате применения алгоритма позиционирования получили $l_1^{op} = l_1^0 = 106,5 \text{ мм}$, $l_2^{op} = l_2^0 = 466 \text{ мм}$, $l_3^{op} = l_3^0 = 395 \text{ мм}$.

На рисунках. 5, 6 приведены результаты расчетов при перемещении рабочего органа из положения, определяемого координатами, $x_{40} = -90 \text{ мм}$, $y_{40} = 350 \text{ мм}$ в точку с координатами $x_4 = 110 \text{ мм}$, $y_4 = 510 \text{ мм}$ по законам (10): начальная скорость $\dot{l}_{i0} = 0$;

$$l_i(t) = l_i^0 + \frac{\Delta l_{i0}}{p_{1i} - p_{2i}} (p_{2i} e^{p_{1i} t} - p_{1i} e^{p_{2i} t}), \quad \Delta l_i(t) = l_i^0 - l_{i0}, \quad p_{1i} = -12, \quad p_{2i} = -20$$

$$\Delta l_{10} = 106,5 \text{ мм}, \quad \Delta l_{20} = -11 \text{ мм}, \quad \Delta l_{30} = -24 \text{ мм}.$$

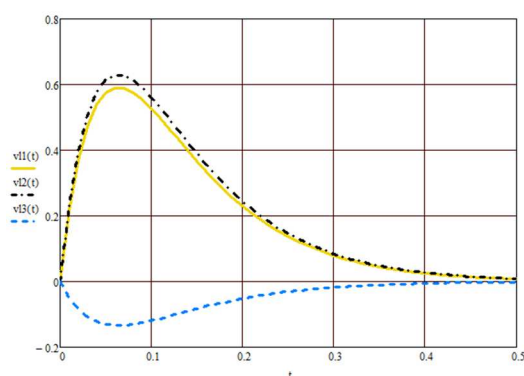


Рисунок 5 – Законы изменения скоростей исполнительных

Figure 5 – The laws of change in executive speeds

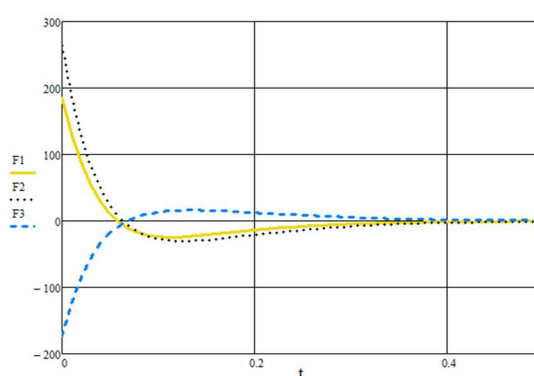


Рисунок 6 – Законы изменения программных усилий приводов исполнительных приводов

Figure 6 – Laws of change of software efforts of drives of actuators

Из графиков (рисунки 5, 6) видно, что в течение $\tau = 0.5 \text{ с}$ захватное устройство стабилизируется в заданном положении. Отклонения от заданного положения не превышающие 0,1 %, а скорости и ускорения практически равны нулю. Траектория точки незначительно отличается от прямой. Программную траекторию при отклонении обобщённых координат манипулятора не имеет смысла стабилизировать, так как в любой текущий момент времени происходит построение новой программной траектории, которая соответствует конечной точке [5]. На рисунке 6 представлены законы изменения движущих сил, полученные в результате решения уравнений (6-10) [9].

Выводы. Решена задача позиционирования манипулятора и задача слабого терминального управления. Коррекция программной траектории производится таким образом, чтобы в каждый момент времени она проходила через текущее положение рабочего органа. С течением времени рабочий орган попадает в конечную область целевой точки. С помощью кинематических параметров манипулятора, строится алгоритм управляющих напряжений. В результате расчета выявлено, что ошибка позиционирования рабочего органа по разработанному алгоритму не превышает 1 %. Наличие начальных возмущений не оказывает влияния на работу разработанного алгоритма.

Библиографический список

1. Воробьева Н. С., Жога В. В., Несмиянов И. А. Отслеживание приводами манипулятора параллельно-последовательной структуры программных перемещений рабочего органа // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2019. № 2. С. 154-165.

2. Добриборщ Д., Колубин С. А. Адаптивное управление роботом манипулятором с параллельной кинематической схемой // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2017. № 9(60). С. 850-857.
3. Колубин С. А., Заводовский О. Д. Энергоэффективное траекторное управление манипуляторами с избыточным числом степеней свободы // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2018. № 2(61). С. 141-147.
4. Павловский В. Е., Павловский В. В. Модульная микроконтроллерная система управления роботами РОБОКОН-1 // Препринты ИПМ им. М. В. Келдыша. 2012. № 86. 32 с. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2012-86>.
5. Распределенная система управления погрузочным манипулятором параллельно-последовательной структуры / И. А. Несмианов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1(45). С. 260-266.
6. Система управления манипулятора сельскохозяйственного назначения / И. А. Несмианов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 3(35). С. 226-231.
7. Agbots: Weeding a field with a team of autonomous robots / W. McAllister, D. Osipychyev, A. Davis, G. Chowdhary // Computers and Electronics in Agriculture. 2019. V. 163. № 104827.
8. Crop and Weeds Classification for Precision Agriculture Using Context-Independent PixelWise Segmentation / M. Fawakherji, A. Youssef, D. Bloisi, A. Pretto, D. Nardi // Proceedings - 3rd IEEE International Conference on Robotic Computing, IRC. 2019. № 8675654. P. 146-152.
9. Dynamic model of end-effector actuator used for mobile robotic weeder / A. G. Ivanov, V. V. Zhoga, V. E. Pavlovsky, N. S. Vorob'yeva // International Conference of Young Scientists and Students "Topical Problems of Mechanical Engineering" (ToPME-2019). Moscow, 2019.
10. On the unstable operating modes of manipulator electric drives / I. A. Nesmiyanov, V. V. Zhoga, V. N. Skakunov, N. S. Vorob'yeva, V. V. Dyashkin-Titov, V. S. Bocharnikov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2017. V. 46 (3). P. 232-239.
11. Robotic weed control using automated weed and crop classification / X. Wu, S. Aravecchia, Ph. Lottes, C. Stachniss, C. Pradalier. 2020. fffhal-02484462f.
12. Steward B., Jingyao G., Lie T. The use of agricultural robots in weed management and control // Robotics and automation for improving agriculture, edited by John Billingsley. Volume 44 of Burleigh Dodds Series in Agricultural Science Series. Cambridge, UK: Burleigh Dodds Science Publishing, 2019.

Conclusion. Solutions to the positioning task of the manipulator and the problem of weak terminal control. Thus, at each moment of time, it passes through the current position of the working body. The working body falls into the final area. Using the kinematic parameters of the manipulator, an algorithm of control stresses is constructed. As a result of the calculation, it was revealed that the positioning error of the working body according to the developed algorithm does not exceed 1%. The presence of initial disturbances does not affect the operation of the developed algorithm.

Reference

1. Vorobyova N. S., Zhoga V. V., Nesmiyanov I. A. Tracking by manipulator drives of the parallel-sequential structure of program movements of the working body // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Theory and control systems. 2019. № 2. P. 154-165.
2. Dobriboorsch D., Kolyubin S. A. Adaptive control of a robot by a manipulator with a parallel kinematic scheme // Izvestiya of higher educational institutions. Instrumentation. 2017. No. 9 (60). P. 850-857.
3. Kolyubin S. A., Zavadovsky O. D. Energy-efficient trajectory control of manipulators with an excessive number of degrees of freedom // Izvestiya of higher educational institutions. Instrumentation. 2018. № 2(61). P. 141-147.

4. Pavlovsky V. E., Pavlovsky V. V. Modular microcontroller robot control system RO-BOCON-1 // Preprints of the Institute of Applied Mathematics M. V. Keldysh. 2012. No. 86. 32 p. URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2012-86>.
5. Parallel-serial distributed loader control system / I. A. Nesmiyanov [et al.] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2017. № 1(45). P. 260-266.
6. Control system of an agricultural manipulator / I. A. Nesmiyanov [et al.] // Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2014. No. 3 (35). P. 226-231.
7. Agbots: Weeding a field with a team of autonomous robots / W. McAllister, D. Osipychev, A. Davis, G. Chowdhary // Computers and Electronics in Agriculture. 2019. V. 163. № 104827.
8. Crop and Weeds Classification for Precision Agriculture Using Context-Independent PixelWise Segmentation / M. Fawakherji, A. Youssef, D. Bloisi, A. Pretto, D. Nardi // Proceedings - 3rd IEEE International Conference on Robotic Computing, IRC. 2019. № 8675654. P. 146-152.
9. Dynamic model of end-effector actuator used for mobile robotic weeder / A. G. Ivanov, V. V. Zhoga, V. E. Pavlovsky, N. S. Vorob'yeva // International Conference of Young Scientists and Students "Topical Problems of Mechanical Engineering" (ToPME-2019). Moscow, 2019.
10. On the unstable operating modes of manipulator electric drives / I. A. Nesmiyanov, V. V. Zhoga, V. N. Skakunov, N. S. Vorob'yeva, V. V. Dyashkin-Titov, V. S. Bocharnikov // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2017. V. 46 (3). P. 232-239.
11. Robotic weed control using automated weed and crop classification / X. Wu, S. Aravecchia, Ph. Lottes, C. Stachniss, C. Pradalier. 2020. fhal-02484462f.
12. Steward B., Jingyao G., Lie T. The use of agricultural robots in weed management and control // Robotics and automation for improving agriculture, edited by John Billingsley. Volume 44 of Burleigh Dodds Series in Agricultural Science Series. Cambridge, UK: Burleigh Dodds Science Publishing, 2019.

Authors 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.

Zhoga Viktor Viktorovich, Professor, Department of Theoretical Mechanics, Volgograd State Technical University (400005, Volgograd, pr. Lenin 28, building 401), doctor of physical and mathematical sciences, tel. (8442) 24-81-13, 24-80-99.

Pavlovsky Vladimir Evgenievich, professor of IPM named after M.V. Keldysh RAS (125047, Moscow, Miusskaya pl., 4.), Doctor of Physical and Mathematical Sciences.

Pavlovsky Evgeny Vladimirovich, Senior Programmer, IPM named after M.V. Keldysh RAS (125047, Moscow, Miusskaya pl., 4.).

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.

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.

Жога Виктор Викторович, профессор кафедры «Теоретическая механика» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Волгоград, пр. им. Ленина 28, к.401), доктор физико-математических наук, тел. (8442) 24-81-13, 24-80-99.

Павловский Владимир Евгеньевич, профессор ИПМ им. М.В.Келдыша РАН (125047, Москва, Миусская пл., д.4.), доктор физико-математических наук.

Павловский Евгений Владимирович, старший программист ИПМ им. М.В.Келдыша РАН (125047, Москва, Миусская пл., д.4.).

FACTORS AFFECTING THE EFFICIENCY OF USING MACHINES FOR FORMING AND TRANSPORTING HAY ROLLS

A. I. Ryadnov, S. Yu. Fandeev

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Volgograd State Agrarian University, Russia*

Received 06.09.2020

Submitted 25.11.2020

Funding: *The reported study was funded by RFBR, project number 20-38-90255.*

Summary

It is proposed to divide all the factors that affect the efficiency of using machines for harvesting hay from Sudanese grass in rolls into three groups. The first group of factors relate to the design and technological features of machines that form rolls, as well as machines that load rolls on a vehicle, and vehicles. The second group of factors relates to the cleaning conditions. This group includes factors of harvested crops, natural and climatic, operational and organizational. The third group includes technological factors: the quality of work and the level of mechanization and automation of roll forming processes, their loading from the field to the vehicle and unloading at the storage site.

Abstract

Introduction. The solution to the problem of feed for cattle in areas with insufficient moisture is possible by expanding the area for high-yielding drought-resistant crops, which include, in particular, Sudan grass. The importance of expanding the cultivation of Sudanese grass is also due to the fact that this crop is close to the zootechnical norm in terms of the content of digested protein. One of the most time-consuming and energy-consuming operations in growing Sudanese grass is its harvesting. In the conditions of the Volgograd region, a large proportion of Sudanese grass crops are harvested for hay, compressed into rolls. Compressed hay is used primarily for feeding cattle in the stable period. Modern agricultural production requires a significant increase in the efficiency of the used equipment, including harvesting. In this regard, it is important to evaluate the effectiveness of using technical means for harvesting Sudanese grass for hay according to a comprehensive criterion. However, to do this, it is necessary to study, first of all, the factors that affect the performance of harvesting machines. **The purpose** of this work is to analyze the factors that affect the use of machines used for harvesting Sudanese grass for cattle feed during the stable period. **Materials and methods.** The research is based on the application of detailed monitoring of the use of machines for harvesting Sudanese grass in the farms of the Volgograd region, the modern theory of logic of science, the methodology of scientific research and the provisions of the theory of operation efficiency. **Results.** There are three groups of factors that affect the efficiency of using machines for forming hay rolls from Sudanese grass and transporting them from the field to the storage site: structural and technological factors of machines used for cleaning, factors of cleaning conditions and technological factors. The first group of factors relates to the design and technological features of machines that form rolls of hay from the Sudanese grass, as well as machines that load rolls of hay on a vehicle, and vehicles used to transport rolls from the field to the storage site. The second group of factors relates to the cleaning conditions. This group includes factors of harvested crops, natural and climatic, operational and organizational. The third group includes technological factors: the quality of work and the level of mechanization and automation of roll forming processes, their loading from the field to the vehicle and unloading at the storage site. **Conclusion.** The classification of factors affecting the efficiency of using machines for forming and transporting hay rolls is proposed in three groups: structural and technological factors of machines used for cleaning, factors of cleaning conditions and technological factors.

Key words: *factors that affect the efficiency of using machines, hay rolls from sudanese grass, machines for forming hay rolls, vehicles.*

Citation. Ryadnov A. I., Fandeev S. Yu. Factors affecting the efficiency of using machines for forming and transporting hay rolls. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 4(60). 460-468 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-43.

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 631.353.3

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИН ПО ФОРМИРОВАНИЮ И ТРАНСПОРТИРОВКЕ РУЛОНОВ СЕНА

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;
С. Ю. Фандеев, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 06.09.2020

Дата принятия к печати 25.11.2020

***Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта
№ 20-38-90255.***

Аннотация. Решение проблемы кормовой базы для крупного рогатого скота в зонах с недостаточным увлажнением возможно за счет расширения площадей суданской травы. Одной из самых трудоемких и энергозатратных операций при выращивании суданской травы является ее уборка. В условиях Волгоградской области большая доля посевов суданской травы убирается на сено, спрессованное в рулоны. Современное сельскохозяйственное производство требует существенного повышения эффективности использования техники на уборке суданской травы. В связи с этим важно дать оценку эффективности использования технических средств на уборке суданской травы на сено по комплексному критерию. Однако для этого следует изучить, в первую очередь, факторы, влияющие на показатели использования уборочных машин. **Цель настоящей работы** – анализ факторов, влияющих на показатели использования машин, применяемых на уборке суданской травы на корм крупному рогатому скоту в стойловый период. **Материалы и методы.** Исследования основаны на применении детального мониторинга использования машин на уборке суданской травы в хозяйствах Волгоградской области, современной теории логики науки, методологии научных исследований и положений теории эффективности операций. **Результаты.** Выделено три группы факторов, влияющих на показатели эффективности использования машин по формированию рулонов сена из суданской травы и их транспортировке с поля к месту хранения: конструктивно-технологические факторы машин, используемых на уборке, факторы условий уборки и технологические факторы. Первая группа факторов относится к конструктивно-технологическим особенностям машин, формирующих рулоны из сена суданской травы, а также машин, осуществляющих погрузку рулонов сена на транспортное средство, и транспортных средств. Вторая группа факторов относится к условиям уборки. Эта группа включает факторы убираемой сельскохозяйственной культуры, природно-климатические, эксплуатационные и организационные. К третьей группе отнесены технологические факторы: качество выполнения работы и уровень механизации и автоматизации процессов формирования рулонов, их погрузки с поля в транспортное средство и выгрузки на месте хранения. **Заключение.** Предложена классификация факторов, влияющих на эффективность использования машин по формированию и транспортировке рулонов сена, на три группы: конструктивно-технологические факторы машин, используемых на уборке, факторы условий уборки и технологические факторы.

Ключевые слова: рулоны сена, формирование рулонов сена, транспортировка рулонов сена, уборка суданской травы, механизированная уборка сена.

Цитирование. Ряднов А. И., Фандеев С. Ю. Факторы, влияющие на эффективность использования машин по формированию и транспортировке рулонов сена. *Известия НВ АУК*. 2020. 4(60). 460-468. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-43.

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. Решение проблемы кормовой базы для крупного рогатого скота в зонах Российской Федерации с недостаточным увлажнением возможно за счет расширения площадей под посевы высокоурожайных засухоустойчивых культур, к которым относится, в частности, суданская трава [1, 2]. Важность расширения посевов суданской травы связанной также и с тем, что эта культура по содержанию перевариваемого протеина близка к зоотехнической норме [8, 15].

Одной из самых трудоемких и энергозатратных операций при выращивании суданской травы является ее уборка.

Суданскую траву убирают на зеленый корм, сено, силос и семена. Рекомендуются выполнять уборку на сено в фазах полного выхода в трубку [7], на силос скашивание проводят в фазе молочной спелости зерна, а уборку на семена – при созревании метелок главных стеблей. При этом качество растительной массы должно удовлетворять требованиям к корму [14].

При уборке на зеленый корм используют косилки-измельчители КУФ-1,8; КИР-1,5 или другие машины.

При заготовке суданской травы в Российской Федерации широко используются самоходные кормоуборочные комбайны: «Дон-680», «Марал-125-М», «Амур 680», «Енисей-324», а также комплекс техники «Палессе».

Для прессования скошенных растений применяют различные пресс-подборщики, образующие рулоны или тюки.

При уборке на семена в настоящее время используют, в основном следующие технологии: раздельная уборка (скашивание растений жатками ЖВН-3,6; ЖРБ-4,2 и другими на высоком срезе (35–45 см) и обмолот их через 3-4 дня зерноуборочными комбайнами), прямое комбайнирование зерноуборочными комбайнами, высокий срез метелок (при высоком стеблестое) со сбором их в прицеп, например машиной СМ-2,6, с дальнейшим обмолотом на стационаре молотилками различной конструкции, очес метелок на корню очесными жатками или соргоуборочным комбайном конструкции Волгоградского ГАУ, в котором использован инерционно-очесный способ обмолота (патент РФ № 2635403).

В условиях Волгоградской области большую долю посевов суданской травы убирают на сено, спрессованное в рулоны. Следует отметить, что в сене, спрессованном в тюки или рулоны, в 1,5-2 раза уменьшаются потери питательных веществ по сравнению с рассыпным сеном [11]. Спрессованное сено используется, в первую очередь, на корм крупному рогатому скоту в стойловый период, который порой достигает 5-6 месяцев.

Современное сельскохозяйственное производство требует существенного повышения эффективности использования применяемой техники, в том числе и уборочной. В связи с этим, важно дать оценку эффективности использования технических средств на уборке суданской травы на сено по комплексному критерию. Однако для этого следует изучить, в первую очередь, факторы, влияющие на показатели использования уборочных машин.

Цель настоящей работы – анализ факторов, влияющих на показатели использования машин, применяемых на уборке суданской травы на корм крупному рогатому скоту в стойловый период.

Материалы и методы. При подготовке настоящей статьи осуществлялся детальный мониторинг использования машин на уборке суданской травы в хозяйствах Волгоградской области, использован материал научных работ по исследованию производительности машин, их технологичности и надежности, особенностям эксплуатации, качеству выполнения работ, технологиям уборки сельскохозяйственных культур [1, 6, 9, 10, 12, 13]. Методика проводимых исследований основана на применении современной теории логики науки, методологии научных исследований и положении теории эффективности операций.

Результаты и обсуждение. Анализ научных работ по оценке эффективности уборки сельскохозяйственных культур на сено для корма крупного рогатого скота позволил выделить три группы факторов, влияющих на показатели эффективности использования машин по формированию рулонов сена из суданской травы и их транспортировки с поля к месту хранения: конструктивно-технологические факторы машин, используемых на уборке, факторы условий уборки и технологические факторы.

Первая группа факторов относится к конструктивно-технологическим особенностям машин, формирующих рулоны из сена суданской травы, а также машин, осуществляющих погрузку рулонов сена на транспортное средство, и транспортных средств, используемых на перевозке рулонов с поля к месту хранения.

В настоящее время для формирования сена в рулоны используются рулонные пресс-подборщики: ПРП-1,6, ПР-Ф – 110, ПР-145 С, ПР-Ф-180, ППР-120 «Pelikan», ПР-Ф-750 и другие как отечественного, так и зарубежного производства.

Основными отличительными признаками конструкций рулонных пресс-подборщиков являются следующие: масса и размеры формируемых рулонов сена, плотность прессования и рабочая ширина захвата.

На погрузке рулонов в транспортное средство широко используются фронтальный погрузчик-стогометатель ПФ - 0,5М с приспособлением ПТ-Ф-500, навесной универсальный стогометатель-погрузчик СНУ-550 и другие. Эти машины отличаются друг от друга грузоподъемностью, высотой подъема груза, маневренностью и устойчивостью к опрокидыванию.

В зависимости от расстояния перевозки рулонов сена используют транспортные агрегаты, например, МТЗ-82.1 + 2ПТС-4, К-701+3ПТС-12, транспортировщики рулонов ТП-10, а также автомобили различной грузоподъемности.

К конструктивно-технологическим факторам транспортных средств относятся грузоподъемность и возможность ее использования, объем кузова и возможность его изменения, скорость движения, маневренность и проходимость по различным видам дорог, устойчивость к опрокидыванию, особенности выгрузки (самосвальное или с использованием дополнительных средств), техническая и технологическая надежности, возможность транспортировки рулонов сена, сохранность формы рулонов и их обвязки или упаковки.

Вторая группа факторов относится к условиям уборки. Эта группа включает факторы убираемой сельскохозяйственной культуры, природно-климатические, эксплуатационные и организационные.

К факторам убираемой культуры можно отнести: урожайность, влажность растений и засоренность. От этих факторов зависит загрузка машин, формирующих рулоны сена, а, следовательно, и их производительность.

К факторам природно-климатических условий, при которых осуществляется уборка суданской травы, можно отнести количество выпавших осадков за период уборки, температуру окружающего воздуха, скорость и направление ветра. От указанных факторов во многом зависит производительность машин, формирующих рулоны, качество сена, потери урожая и ряд других показателей.

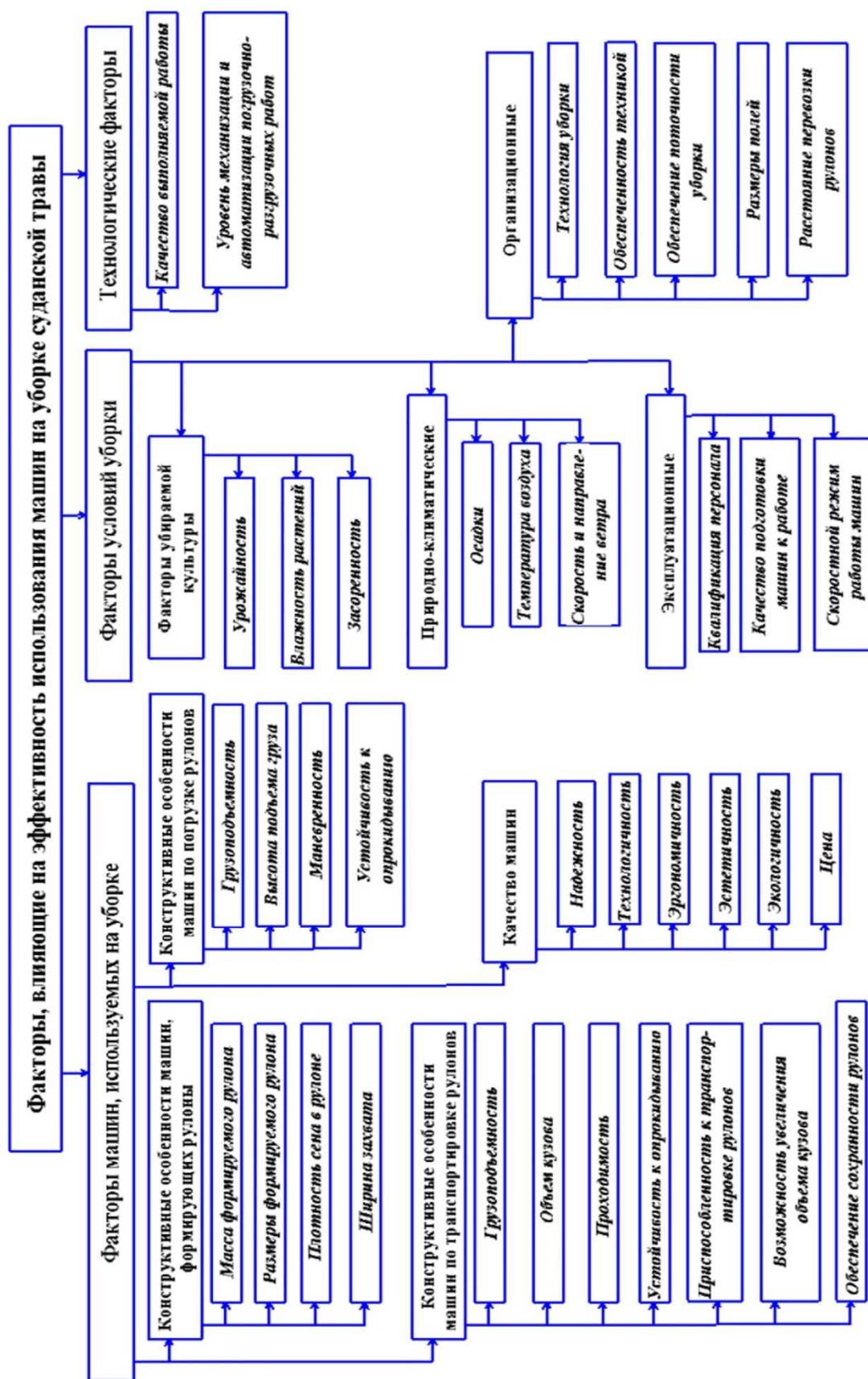


Рисунок – Классификация факторов, влияющих на эффективность использования машин при уборке сена в рулонах

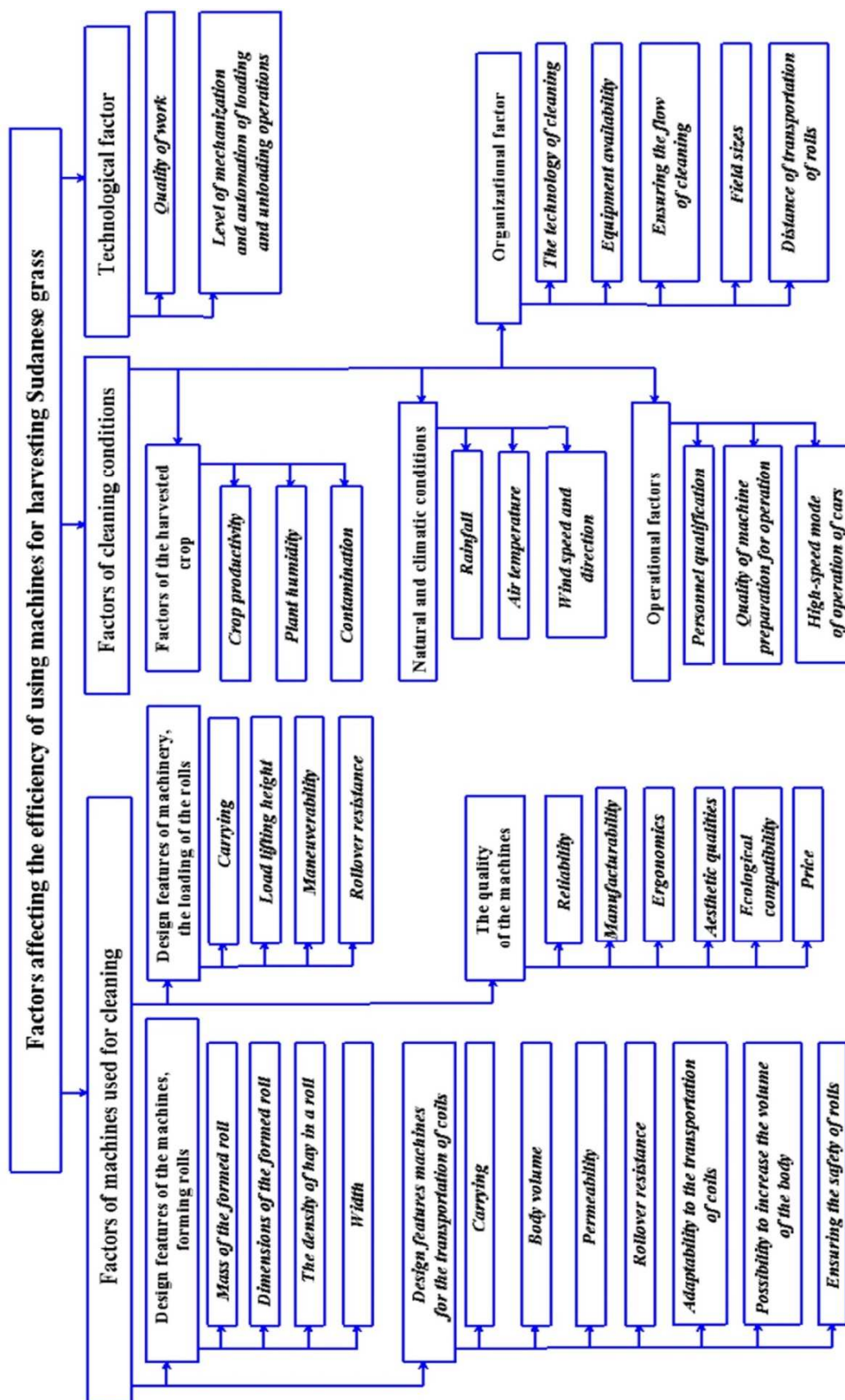


Figure – Classification of factors that affect the efficiency of using machines when harvesting hay in rolls

Эксплуатационные и организационные факторы оказывают существенное влияние на важнейшие показатели использования машин: производительность, качество работы и себестоимость сена.

К третьей группе отнесены технологические факторы: качество выполнения работы и уровень механизации и автоматизации процессов формирования рулонов, их погрузки с поля в транспортное средство и выгрузки на месте хранения [5].

Эксплуатационные и организационные факторы определяются показателями использования машин на уборке суданской травы в рулонах в заданных условиях [4]. Эти показатели зависят от квалификации обслуживающего персонала, скоростного режима машин на подборе валков сена и его прессования, а также на транспортировке рулонов к месту хранения. Кроме того, к этой группе факторов можно отнести среднее расстояние перевозки рулонов, которое определяется, в частности, размерами хозяйства и расстоянием до места реализации, состоянием дорог как грунтовых, так и с твердым покрытием, доля пути, относящаяся к транспортировке рулонов по дорогам с твердым покрытием и к переездам по полю, форма организации работы (индивидуальная, звеньевая, бригадная и т.п.), нагрузка на одно транспортное средство, зависящая от объема перевозок и количества транспортных средств различной грузоподъемности и объема кузова, поточность уборочно-транспортно-разгрузочных работ, зависящая от качества работы управляющего персонала по обеспечению согласованной работы всех звеньев, выполняющих технологический процесс и другие.

Классификация факторов, влияющих на эффективность использования машин по формированию и транспортировке рулонов сена, представлена на рисунке.

Выводы. В результате проведенных исследований предложена классификация факторов, влияющих на эффективность использования машин по формированию и транспортировке рулонов сена. Все факторы разделены на три группы: конструктивно-технологические факторы машин, используемых на уборке, факторы условий уборки и технологические факторы.

Библиографический список

1. Бердышев В. Е. Методология оценки качества функционирования зерноуборочных комбайнов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. Т. 76. № 2. С. 85-89.
2. Биктимиров Р. А., Лукманова Ф. Х. Результаты и перспективы селекции сорговых культур в Башкирском НИИСХ // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 1. С. 44-45.
3. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. Возделывание суданской травы на корм в условиях орошения // Кормопроизводство. 2019. № 3. С. 30-33.
4. Коновалов А. П., Тихонов Е. А., Литвинов В. Н. Сравнение технологических операций при заготовке кормов // Resources and Technology. 2010. № 8. С. 71-73.
5. Лабоцкий И. М. Технологические особенности и техническое обеспечение заготовки сена // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Межведомственный тематический сборник. Минск: Издательство: «Беларуская навука», 2018. С. 174-180.
6. Ловчиков А. П., Ловчиков В. П., Иксанов Ш. С. Теоретический аспект технологического процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей // Известия ОГАУ. 2015. № 3(53). С. 92-95.
7. Муслимов М. Г., Салаватов А. С., Таймазова Н. С. Влияние сроков уборки суданской травы на урожайность и качество зелёной массы // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 3(23). С. 197-200.
8. Перспектива использования однолетних яровых кормовых культур в кормопроизводстве / М. П. Жукова [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 3(19). С. 149-153.

9. Ряднов А. И., Алмазов И. В. Обоснование длины ездки грузовых автомобилей при транспортировке сена в рулонах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 3 (39). С. 167-170.

10. Ряднов А. И. Метод выбора транспортных средств при уборке сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1(57). С. 349-356.

11. Трухачев В. И., Орлянский А. В., Орлянская И. А. Обоснование рациональных параметров процесса заготовки сенажа в рулонах с использованием имитационного моделирования: монография. Ставрополь: АГРУС, 2018. 176 с.

12. Федорова О. А. Факторы, влияющие на показатели использования зерноуборочных комбайнов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 239-245.

13. Шепелев С. Д., Черкасов Ю. Б. Обоснование границ эффективности использования накопителя-перегрузателя // Вестник КрасГАУ. 2013. № 12. С. 199-203.

14. McIntosh D. W. Forage harvest timing impact on biomass quality from native warm-season grass mixtures // Agronomy Journal. 2016. Vol. 108. Iss. 4. P.1524-1530.

15. Tagarakis A. C. Proximal sensing to estimate yield of brown midrib forage sorghum // Agronomy Journal. 2017. Vol. 109. Iss. 1. P. 107-114.

Conclusions. As a result of the conducted research, the efficiency coefficient of using sorghum harvesters of various designs is proposed, taking into account their performance for one hour of shift time under the same cleaning conditions. The use of a sorghum harvester equipped with a device for replacing a hopper filled with grain with removable empty bins allows increasing the efficiency of its use by 1.2 – 3.7 times, depending on the productivity of grain threshing per shift, the volume of the removable hopper and the object of comparison.

Reference

1. Berdyshev V. E. Methodology for assessing the quality of functioning of grain harvesters // Bulletin of the Altai state agrarian University. 2011. Vol. 76. No. 2. Pp. 85-89.

2. Biktimirov R. A., Lukmanova F. H. Results and prospects of selection of sorghum crops in the Bashkir research Institute // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2010. No. 1. Pp. 44-45.

3. Dronova T. N., Burtseva N. I. Cultivation of Sudanese grass for food under irrigation conditions // Forage Production. 2019. No. 3. Pp. 30-33.

4. Konovalov A. P., Tikhonov E. A., Litvinov V. N. Comparison of technological operations in the preparation of feed // Resources and Technology. 2010. No. 8. Pp. 71-73.

5. Labotsky I. M. Technological features and technical support of hay harvesting // Mechanization and electrification of agriculture. Interdepartmental thematic collection. Minsk: Publishing House: "Belarusskaya Navuka", 2018. Pp. 174-180.

6. Lovchikov A. P. Lovchikov V. P., Iksanov Sh. S. Theoretical aspect of the technological process of direct combining of grain crops with a double cut of stems // News of OGAU. 2015. No. 3 (53). Pp. 92-95.

7. Muslimov M. G., Salavatov A. S., Taimazova N. S. Influence of harvesting time of the Sudan grass on the yield and quality of the green mass // Bulletin of the Stavropol agro-industrial complex. 2016. No. 3(23). Pp. 197-200.

8. Prospects of using annual spring forage crops in forage production / M. P. Zhukova [et al.] // Bulletin of the Stavropol agro-industrial complex. 2015. No. 3(19). Pp. 149-153.

9. Ryadnov A. I., Almazov I. V. Justification of the length of driving trucks when transporting hay in rolls // Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: Science and higher professional education. 2015. No. 3 (39). Pp. 167-170.

10. Ryadnov A. I. Method of selecting vehicles for harvesting agricultural crops // Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: Science and higher professional education. 2020. No. 1(57). Pp. 349-356.

11. Trukhachev V. I., Orlyansky A. V., Orlyanskaya I. A. Substantiation of rational parameters of the process of harvesting hay in rolls using simulation modeling: monograph. Stavropol: AGRUS, 2018. 176 p.

12. Fedorova, O. A. Factors affecting the use of combine harvesters // Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education. 2017. No. 4 (48). Pp. 239-245.

13. Shepelev S. D., Cherkasov Yu. B. Justification of the limits of the efficiency of using the drive-loader // Bulletin Of Krasgau. 2013. No. 12. Pp. 199-203.

14. McIntosh D. W. Forage harvest timing impact on biomass quality from native warm-season grass mixtures // Agronomy Journal. 2016. Vol. 108. Iss. 4. P.1524-1530.

15. Tagarakis A. C. Proximal sensing to estimate yield of brown midrib forage sorghum // Agronomy Journal. 2017. Vol. 109. Iss. 1. P. 107-114.

Authors Information

Ryadnov Alexey Ivanovich, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), honored worker of the higher school of the Russian Federation, doctor of agricultural Sciences, Professor,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Fandeyev Sergey Yurievich, postgraduate student Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9894-672>. E-mail: fandey-kashperovsky@mail.ru

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Фандеев Сергей Юрьевич – аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9894-672>. E-mail: fandey-kashperovsky@mail.ru.

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY

Овчинников А. С., Акулинина М. А., Назарова Д. А. Минеральное питание и продуктивность огурца при возделывании в открытом грунте в условиях капельного орошения	
Ovchinnikov A.S., Akulinina M.A., Nazarova D.A. Mineral nutrition and productivity of cucumber hybrids in cultivation in the open ground under drip irrigation	14
Дубенок Н. Н., Шумакова Р. И., Мартынова А. А. Совершенствование технологии выращивания столовой моркови при капельном орошении на грядах	
Dubenok N.N., Shumakova R.I., Martynova A.A. Improvement of the technology of cultivation of table carrots with drip irrigation	27
Кулик К. Н., Булахтина Г. К., Тютюма Н. А. Сравнительная характеристика мелиоративных защитных насаждений на полупустынных пастбищах	
Kulik K.N., Bulakhtina G.K., Tyutyuma N.A. Comparative characteristic of reclamation protective plants on semi-desert pastures	39
Барабанов А. Т., Кулик А. В. Теоретическое обоснование агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства сельскохозяйственных земель (на примере ООО «Большой Морец» Еланского района Волгоградской области)	
Barabanov A.T., Kulik A.V. Theoretical justification of agricultural forestry of adaptive landscape development of agricultural lands (on the example of Limited Liability Company «Bolshoi Moretz» Elansky district of the Volgograd region)	47
Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Земцова И. П. Особенности технологии возделывания нетрадиционной культуры овсяницы тростниковой при орошении	
Dronova T. N., Burtseva N. I., Zemtsova I. P. Features of the technology of cultivation of non-traditional crop of oatmeal during irrigation	60
Толоконников В. В., Медведева Л. Н., Кошкарлова Т. С., Оноприенко Ю. Г. Селекция отзывчивых на орошение сортов сои с обоснованием экономической значимости для национальной экономики	
Tolokonnikov V.V., Medvedeva L.N., Koshkarova T.S., Onoprienko J.G. Selection of soybean varieties responsible for irrigation with the justification of economic significance for the national economy	68
Тютюма Н. В., Кудряшова Н. И., Булахтина Г. К., Кудряшов А. В. Агроэкологическое сортоизучение многолетних кормовых трав в подзоне светло-каштановых почв Астраханской области	
Tyutyuma N.V., Kudryashova N.I., Bulakhtina G.K., Kudryashov A.V. Agroecological variety study of perennial forage grasses in the subzone of light chestnut soils of the Astrakhan region	79
Арсланова Р. А., Бабакова А. С., Вилкова Ж. А., Проблемы обеспечения фитосанитарной безопасности продукции растениеводства в странах Прикаспийского региона	
Arslanova R.A., Babakova A.S., Vilkova Zh.A. Problems of ensuring the phytosanitary safety of crop production in the countries of the Caspian Region	85
Барабанов А. Т., Панов В. И. Влияние снегозапасов на формирование поверхностного стока талых вод в степной зоне на обыкновенных черноземах Самарского Заволжья	
Barabanov A. T., Panov V. I. The influence of snow reserves on the formation of surface runoff of melt-water in the steppe zone on ordinary chernozems of the Samara Zavolzhye	96

Зверева Г. Н., Попова С. А., Беркалиева В. В. Земли сельскохозяйственного назначения региона: состояние, тенденции, перспективы Zvereva G.N., Popova S.A., Berkalieva V.V. Agricultural land in the region: state, trends, prospects	105
Лобур А. Ю., Тодоров Н. Г., Синицына Е. В., Кузнецов К. А. Красная померанцевая щитовка и новый усовершенствованный метод синтеза её феромона Lobur A.Yu., Todorov N.G., Sinitsyna E.V., Kuznetsov K.A. California red scale and new improved method of its pheromon synthesis	120
Марданшин И. С., Шакирзянов А. Х., Кираев Р. С. Совершенствование технологии размножения оздоровленного посадочного материала в условиях гидропонной культуры и питомника первого полевого поколения Mardanshin I. S. Shakirzyanov A. H., Kireev R. S. Improvement of technology propagation of improved planting material in a hydroponic culture and field nursery of the first generation	130
Матвеева Н. И., Зволинский В. П., Петров Н. Ю. Почвенно-мелиоративные условия при возделывании овощных культур в Нижнем Поволжье Matveeva N.I., Zvolinsky V.P., Petrov N.Yu. Soil reclamation conditions for cultivation of vegetable crops in the Lower Volga region	143
Новиков А. А. Ресурсосберегающее устройство для локальной обработки почвы и ленточного внесения удобрений под картофель Novikov A.A. Resource-saving device for local tillage and belt application of fertilizers for potatoes	153
Овчарова А.Ю., Балашова Н.Н. Оценка эколого-сельскохозяйственного благополучия южной части побережий Волгоградского водохранилища и северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы Ovcharova A. Yu., Balashova N.N. Evaluation of ecological and agricultural well-being of the southern part of the coastes of the Volgograd reservoir and the northwestern part of the Volgo-Akhtubinskaya pool	165
Романов Б. В., Пимонов К. И., Липский Д. Д. Продукционные особенности пшеницы Triticum Petropavlovsky Romanov B. V., Pimonov K. I., Lipsky D.D. Production features of wheat Triticumpetro-pavlovskiyi	172
Сурхаев И. Г., Сурхаев Г. А., Рыбашлыкова Л. П. Рост и долголетие хвойных культур в экотопах песков Терско-Кумского междуречья Surkhaev I.G., Surkhaev G.A., Rybashlykova L.P. Growth and longevity of coniferous crops in the sand ecotopes Terek-Kuma interfluve	182
Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Долгосрочный прогноз погодных условий как инструмент планирования стабильного роста и развития растений на пастбище Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Long-term forecast of weather conditions as a tool of planning for stable growth and development of plants on a pasture	192
Сивцева С. Н., Маховикова Т. Ф., Рыбашлыкова Л. П. Типы лесной мелиорации и их влияние на состояние пастбищных фитоценозов в Восточном Предкавказье Sivceva S.N., Mahovikova T. F., Rybashlykova L.P. Types of forest reclamation and their influence on the state of pasture phytocenoses in the Eastern Caucasus	201
Фазлиахметов Х. Н., Зарипова В. М. Селекция и новые сорта груши для Республики Башкортостан Fazliahmetov H. N., Zaripova V. M. Breeding and new varieties of pear in the Republic of Bashkortostan	210

- Ячменева Е. В., Зайцева Н. А.** Комплексные водорастворимые удобрения и регуляторы роста как фактор повышения продуктивности сахарной кукурузы в условиях Нижнего Поволжья
Yachmeneva E.V., Zaytseva N.A. Complex water-soluble fertilizers and growth regulators as a factor of increasing productivity of sweet corn in the Lower Volga region 217

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS**

- Григорьев В. С., Молянова Г. В., Коханов А. П.** Влияние коралловой воды на клеточный состав крови и массу тела телят молочного периода
Grigoriev V. S., Molyanova G. V., Kokhanov A. P. Influence of coral water on the cellular composition of the blood and body weight of milk-producing calves 226
- Храмова В. Н., Тимофеева А. Д., Храмова Я. И., Тимофеев И. А., Воронцова Е. С.** Конъюнктурное исследование потребительских предпочтений на рынке мясопродуктов
Hramova V. N., Timofeeva A. D., Hramova Y. I., Timofeev I. A., Vorontsova E. S. Consumer preferences study on the meat market 237
- Митрофанова О. В., Дементьева Н. В., Крутикова А. А., Мефтах И. А., Племяшов К. В.** Использование секвенирования участка гена CDKL2 для поиска полиморфных вариантов в геноме кур генфондных пород.
Mirtofanova O. V., Dementieva N. V., Krutikova A. A., Meftach I. A., Plemiyashov K. V. Use of CDKL2 gene section sequencing to search polymorphic variants in the genome of chickens 246
- Федорова З. Л., Перинек О. Ю.** Биохимические показатели крови мясо-яичных пород кур в постнатальном онтогенезе
Fedorova Z.L., Perinek O.Yu. Biochemical indicators of blood of meat and egg chickens breeds in postnatal ontogenesis 253
- Пегливанян Г. К., Ларкина Т. А., Макарова А. В., Митрофанова О. В.** Ассоциация SNP в гене миостатина с показателями живой массы у кур экспериментальной популяции «Опытная ЦС»
Peglivanyan G.K., Larkina T.A., Makarova A.V., Mitrofanova O.V. Association of SNPB in the gene for myostatin with an indicator of live weight in chickens experimental population «experi-mental CS» 262
- Степурина М. А., Варакин А. Т., Филатов А. С., Хакимов И. Н., Воронцова Е. С., Коханов А.П.** Продуктивные качества дойных коров при оптимизации минеральной обеспеченности рационов
Stepurina M. A., Varakin A. T., Filatov A. S., Khakimov I. N., Vorontsova E. S., Kokhanov A.P. Productive qualities of dairy cows at optimization of mineral supply of rations 269
- Силукова Ю. Л., Станишевская О. И.** Эффективность использования комбинации сахаридов в разбавителе для криоконсервации семени петухов
Siluykova Y.L., Stanishevskaya O.I. Efficiency of using the combination of sugars in thinners for cryopreservation of roosters sperm 280

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ/
TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING**

- Бородычев В. В., Лытов М. Н.** К решению задачи автоматизации вычислений при проектировании систем комбинированного орошения
Borodychev V.V., Lytov M.N. To the solution of the problem of automation of calculations when designing the combined irrigation systems 291

Дубенок Н. Н., Майер А. В. Технологические аспекты агротехнических приемов при орошении яблоневых насаждений Dubenok N.N., Mayer A.V. Technological aspects of agrotechnical methods for irrigation of apple plants	304
Шевченко В. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Варианты реконструкции гидромелиоративных систем на бывших мелиорированных длительно не используемых сельскохозяйственных землях Shevchenko V.A., Borodychev V.V., Lytov M.N. Options for reconstruction of hydromelio-rative systems on former reclaimed long-used agricultural lands	313
Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Оценка перспективы использования бетонного полотна в качестве облицовочного материала для покрытия оросительных каналов Abdrazakov F. K., Rukavishnikov A. A. Assessment of the prospects for using concrete canvas as a facing material for covering irrigation canals	327
Борисенко И. Б., Мезникова М. В., Улыбина Е. И. Научные аспекты технической модернизации опрыскивателей для химической защиты подсолнечника Borisenko, I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. Scientific aspects of the technical modern-ization of the sprayers for chemical protection of sunflower	340
Бышов Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Лимаренко Н. В. Расчёт и моделирование параметров индуктора электрического аппарата с несогласованной подвижной частью Byshov N.V., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Limarenko N.V. Calculation and modeling of the parameters of the inductor of the electric apparatus with the uncoordinated movable part	350
Гапич Д.С., Моторин В.А., Новиков А.Е., Олейников Р.Н. Металлографические исследования легированной режущей кромки лемеха плуга Gapich D.S., Motorin V.A., Novikov A.E., Oleinikov R.N. Metallographical studies of the alloyed cutting edge of the plow	369
Петров Н. Ю., Юдаев И. В., Аксенов М. П., Плотников В. П. Повышение эффективности возделывания подсолнечника путем комплексной предпосевной обработки семян Petrov N. Yu., Yudaev I. V., Aksenov M. P., Plotnikov V. P. Improving the efficiency of sunflower cultivation by complex pre-seeding treatment of seeds	378
Ряднов А. И., Чаплыгин М. Е., Тронеv С. В., Давыдова С. А. Современные специализированные жатки и адаптеры для уборки сои Ryadnov A.I., Chaplygin M.E., Tronev S.V., Davydova S.A. Modern specialized blades and adapters for soybean harvesting	389
Соловьев Д. А., Камышова Г. Н., Колганов Д. А., Терехова Н. Н. Повышение эффективности орошения на основе внедрения цифровых моделей прогнозирования водопотребления Solovyev D.A., Kamyshova G.N., Kolganov D.A., Terekhova N.N. Improving irrigation efficiency based on introducing of digital models for forecasting water consumption	402
Успенский И. А., Фадеев И. В., Пестряева Л. Ш., Садетдинов Ш. В., Хайлов Н. И. Присадка к средствам для мойки деталей автотракторной техники Uspensky I. A., Fadeev I. V., Pestryaeva L. Sh., Sadaddinov Sh. V., Khaylov N. I. Additive to the means for washing parts of automotive vehicles	414

Шапров М. Н., Мартынов И. С. Обоснование основных параметров фрезы комбинированного посевного агрегата Shaprov M.N., Martynov I.S. Justification of the basic parameters of the mill of the combined seed unit	425
Токарев К. Е., Лебедь Н. И., Кузьмин В. А., Чернявский А. Н. Теория и технологии управления орошением сельскохозяйственных культур на основе информационных технологий поддержки принятия решений и математического моделирования Tokarev K.E., Lebed N.I., Kuzmin V.A., Chernyavsky A.N. Theory and technologies of irrigation control for crops based on information technologies decision support and mathematical modeling	433
Иванов А. Г., Воробьева Н. С., Жога В. В., Павловский В. Е., Павловский Е. В. Синтез алгоритма управления приводами манипулятора параллельно-последовательной структуры мобильного робота-пропольщика Ivanov A. G., Vorob'yeva N. S., Zhoga V. V., Pavlovsky V.E., Pavlovsky E. V. Development of methods for automatic control of manipulator drives of mobile robot-weeder with parallel-serial structure	449
Ряднов А. И., Фандеев С. Ю. Факторы, влияющие на эффективность использования машин по формированию и транспортировке рулонов сена Ryadnov A. I., Fandeev S. Yu. Factors affecting the efficiency of using machines for forming and transporting hay rolls	460
Содержание	469

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2020

**Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности,
объективности и беспристрастности**

Содержание статьи должно соответствовать одному из следующих отраслей науки и групп специальностей:

Технические науки Сельскохозяйственные науки

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

1. Технический анализ рукописи осуществляется ответственным секретарем журнала, согласно требованиям для авторов, в трехдневный срок после представления рукописи в электронной форме (izvestiya-volgau@mail.ru) и передается на проверку отсутствия неправомерных заимствований, определения объема оригинальности авторского текста в Центр наукометрического анализа международных систем индексирования (НАМСИ) (izvestplag@mail.ru).

2. Проверка ссылок на использованные источники, определение степени заимствования, объема **оригинальности** авторского текста осуществляется в трехдневный срок **по всем коллекциям** в системе Antiplagiat.ru. Допустимый объем цитирований (корректного правомерного заимствования) – не более 30 % от общего объема статьи (неправомерные заимствования не допускаются!) в соответствии с COPE.

3. Передача на рецензирование осуществляется зам. главного редактора после технического анализа и проверки оригинальности авторского текста, в течение трех дней. Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Рецензирование статьи производится **независимыми экспертами** журнала (не менее 2) в течение не более 30 дней с момента получения рукописи. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет. При наличии существенных замечаний рукопись возвращается авторам с письменным перечислением замечаний, требующих устранения. В журнале используется двухстороннее слепое рецензирование (double-blind reviewing): рецензент и автор не знают имён друг друга.

4. Повторное рецензирование осуществляется после представления варианта статьи, с устраненными замечаниями, в течение не более 30 дней. При трехкратном повторном возврате рукописи с замечаниями рецензента вопрос о ее принятии или отклонении решается на заседании редакционной коллегии.

5. Решение о публикации принимается в соответствии с Уставом редакции главным редактором на основе научных рецензий и мнения членов редколлегии. При принятии решения о публикации главный редактор руководствуется достоверностью представления данных и научной значимостью рассматриваемой работы.

6. В случае принятия решения о публикации в течение трех дней рукопись статьи передается профессиональному переводчику для корректуры и редактирования англоязычной части статьи, который осуществляется два дня.

7. Рецензии предоставляются авторам рукописей и по запросам экспертных советов в ВАК. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ. Рукописи возврату не подлежат.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Оформление статьи должно соответствовать Межгосударственным и национальным стандартам Российской Федерации по издательскому делу.

Статья представляется в редакционно-издательский центр в печатном виде (на листах формата А4) в 2-х экземплярах с приложением электронной версии (в формате Word Windows), полностью совпадающим с бумажным вариантом. Статья должна иметь УДК (можно определить на сайте <http://teacode.com/online/udc/>). Количество авторов – не более четырех.

Статья набирается в текстовом процессоре Microsoft Word со следующими установками: поля страницы сверху, снизу – 2,4 см; слева, справа – 2,8 см. Стиль обычный. Шрифт – Times New Roman, размер шрифта 12. Межстрочный интервал для текста – одинарный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Абзацный отступ должен быть одинаковым по тексту – 1,27 см.

Рисунки, схемы, фотографии представляются в формате PDF, JPEG, TIFF с разрешением не ниже 300 dpi (сканировать таблицы, схемы, рисунки не допускается).

В статье помещаются: УДК, название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание автора (ов), аннотация, ключевые слова.

В статье следует четко выделять следующие составные части: **1 Введение (Introduction), 2 Материалы и методы (Materials and Methods), 3 Результаты (Results), 4 Обсуждение (Discussion), 5 Заключение (Conclusions), 6 Библиографический список (References)**

Особое внимание следует уделить *полноте пристатейного библиографического списка* (не менее **12-15** источников, в том числе отражающих зарубежные исследования). При этом необходимо избегать **недобросовестного цитирования** (необоснованного «накручивания» цитат, а также самоцитирования), **некорректного цитирования** (неоправданного содержанием цитируемых статей). *Цитирование должно быть максимальным, но обоснованным. Недостаточное или избыточное цитирование снижает рейтинг журнала.*

В конце работы ставятся дата и подпись автора (авторов); приводятся сведения об авторе (авторах): место работы, факультет, кафедра, (отдел, научное подразделение), ученое звание, ORCID, контактные телефоны, почтовый и электронный адрес.

Авторы должны раскрывать в своей рукописи любой финансовый или какой-либо другой существенный конфликт интересов, который мог бы быть истолкованным как влияющий на результаты оценки их рукописи. Все источники финансовой поддержки должны быть раскрыты.

Рекомендованный объем статьи (вместе с переводом аннотации и библиографического списка) **10-12** стр.

ОФОРМЛЕНИЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

Библиографические ссылки на список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера. В случае ссылки на точную цитату – необходимо дополнительно указать через запятую номера соответствующих страниц, например [7, с. 36].

Список литературы нумеруется в порядке упоминания в тексте, он должен быть оформлен согласно Национальному стандарту на библиографическое описание – **ГОСТ Р 7.0.100–2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»**, ГОСТ Р 7.0.5. – 2008 "Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления" с указанием обязательных сведений библиографического описания.

RULES OF DIRECTION, REVIEW AND PUBLICATION OF SCIENTIFIC ARTICLES 2020

The editorial staff of the journal in its activities is guided by the principles of science, objectivity and impartiality

The content of the article should correspond to one of the following branches of science and groups of specialties:

Technical sciences Agricultural sciences

☐ 05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

☐ 06.01.00 Agronomy

☐ 06.02.00 Veterinary and Zootechnics

1. Technical analysis of the manuscript is carried out by the executive secretary of the journal, according to the requirements for the authors, within three days after the submission of the manuscript in electronic form (izvestiya-volgau@mail.ru) and is sent for verification of the absence of illegal borrowing, to determine the originality of the author's text to the Center for Scientometric Analysis International Indexing Systems (NAMSIS) (izvestplag@mail.ru).

2. Checking links to sources used, determining the degree of borrowing, the volume of originality of the author's text is carried out within three days for all collections in the Antiplagiat.ru system. The permissible volume of citations (correct legitimate borrowing) is no more than 30% of the total volume of the article (illegal borrowing is not allowed!) In accordance with COPE.

3. Submission for review is carried out by the deputy. after three days of technical analysis and verification of the originality of the author's text. The publication reviews all incoming materials that correspond to its subject with the purpose of their expert evaluation. Reviewing the article is carried out by independent experts of the journal (at least 2) within no more than 30 days from the date of receipt of the manuscript. All reviewers are recognized experts on the subject of peer-reviewed materials and have published over the past 3 years on the subject of a peer-reviewed article. Reviews are kept in the publishing house and in the editorial office of the publication for 5 years. If there are significant comments, the manuscript is returned to the authors with a written list of comments requiring elimination. The journal uses double-blind reviewing: the reviewer and the author do not know each other's names.

5. Repeated reviewing is carried out after the submission of a variant of the article, with the comments removed, for no more than 30 days. If the manuscript is returned three times with the comments of the reviewer, the question of its acceptance or rejection is decided at a meeting of the editorial board.

6. The decision to publish is made in accordance with the Editorial Charter by the editor-in-chief on the basis of scientific reviews and opinions of members of the editorial board. When deciding on publication, the editor-in-chief is guided by the reliability of the data presentation and the scientific significance of the work under consideration.

7. If a decision is made to publish within three days, the manuscript of the article is submitted to a professional translator for proofreading and editing the English part of the article, which takes two days.

8. Reviews are provided to the authors of manuscripts and at the request of expert advice at the Higher Attestation Commission. In the event of a refusal to publish an article, the editorial office sends a motivated refusal to the author. Manuscripts are non-refundable.

ARTICLE REQUIREMENTS

The paper should comply with the Interstate and National Publishing Standards of the Russian Federation.

The article is submitted to the publishing and publishing center in printed form (on A4 sheets) in 2 copies with an electronic version attached (in Word Windows format) that completely matches the paper version. The article should have UDC (can be determined on the website <http://teacode.com/online/udc/>). The number of authors is not more than four.

The article is typed in a Microsoft Word word processor with the following settings: page margins above, below - 2.4 cm; left, right - 2.8 cm. The style is normal. Font - Times New Roman, font size 12. Line spacing for text - single, for tables - single, alignment mode - width, hyphenation - automatic. The indent should be the same in the text - 1.27 cm.

Drawings, diagrams, photographs are presented in PDF, JPEG, TIFF format with a resolution of at least 300 dpi (scanning tables, diagrams, drawings is not allowed).

The article contains: UDC, title of the article, initials and surname of the author (s), academic degree, title of the author (s), abstract, keywords.

The following components should be clearly distinguished in the article: 1 Introduction, 2 Materials and Methods, 3 Results, 4 Discussion, 5 Conclusions, 6 References

Particular attention should be paid to the completeness of the bibliographic list (at least 12-15 sources, including those reflecting foreign studies). At the same time, it is necessary to avoid unscrupulous quoting (unreasonable "winding up" of quotes, as well as self-quoting), incorrect quoting (unjustified by the content of cited articles).

Quoting should be maximum, but reasonable. Inadequate or excessive citation reduces the rating of the journal.

At the end of the work, the date and signature of the author (s) are put; information about the author (s) is given: place of work, faculty, department, (department, scientific unit), academic rank, ORCID, contact numbers, postal and electronic address.

Authors should disclose in their manuscript any financial or any other significant conflict of interest that could be construed as affecting the results of the evaluation of their manuscript. All sources of financial support should be disclosed.

The recommended volume of the article (together with the translation of the abstract and bibliography) 10-12 pp.

REGISTRATION OF BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

Bibliographic references to the list of references should be made out with an indication in a line of text in square brackets of a digital serial number. In the case of a link to an exact quote - it is necessary to additionally indicate the numbers of the corresponding pages, for example [7, p. 36].

The list of references is numbered in the order of mention in the text, it should be made out in accordance with the National Standard for Bibliographic Description - GOST R 7.0.100–2018 "Bibliographic Record. Bibliographic description. General requirements and compilation rules", GOST R 7.0.5. - 2008 "Bibliographic reference. General requirements and rules for compilation" indicating mandatory information bibliographic description.

******* ИЗВЕСТИЯ *******

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

№ 4(60), 2020

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 4 (60), 2020**

Ответственный редактор *Т. В. Черкашина*

Технический редактор *Т. А. Ситникова*

Компьютерная верстка *А. В. Харлашина*

Перевод *Е. А. Сидоровой*

Свидетельство о регистрации: серия ПИ № ФС77-48601 выдано 14.02.2012

Федеральной службой по надзору в сфере в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Издается с 2006 г. Выходит 4 раза в год.

Подписной индекс 31945

Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26

Электронная почта *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Дата выхода 30.12.2020.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 267.

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 (60), 2020**

Executive editor *T. V. Tcherkashina*

Technical editor *T. A. Sitnikova*

Desktop publishing *A. V. Kharlashin*

Translation *E. A. Sidorova*

Registration certificate: PI series No. FS77-48601 issued on 14.02.2012

Federal Service for Supervision of Communications,
information technology and mass communications

Published since 2006 Published 4 times a year.

Subscription Index 31945

Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26

Email *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Release Date 30.12.2020.

Edition 1000 (first factory 100). Order 267.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University "Niva"
400002, Volgograd, University Avenue, 26

Free price