

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 1 (57), 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

№ 1 (57), 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**

№ 1 (57), 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**

№ 1 (57), 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

№ 1 (57), 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, первый проректор 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

№ 1 (57), 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, First Vice Rector 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., первый проректор 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, First Vice Rector 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 Caspian 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, первый проректор, 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, First Vice Rector 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 Caspian 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, Курганская 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 Caspian 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 Caspian 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 Caspian Research Institute of Arid Agriculture

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией

06.02.03 Veterinary pharmacology with toxicology

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.04 Ветеринарная хирургия

06.02.04 Veterinary surgery

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.06 Ветеринарное акушерство и биотехника репродукции животных

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

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

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

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

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

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

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.06 Veterinary obstetrics and animal biotechnology

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

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

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

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

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

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

06.02.07 Breeding, selection and genetics of farm animals

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

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

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

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

06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

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

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

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

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

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

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

06.02.09 Звероводство и охотоведение

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

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

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

06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства

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

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

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

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

06.02.08 Feed production, feeding of farm animals and feed technology

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

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

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

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

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

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

06.02.09 Fur farming and hunting

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

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

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

06.02.10 Private animal husbandry, production technology of livestock products

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

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

Бочарников В.С., доктор технических наук, первый проректор, Волгоградский ГАУ

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

Кузнецов Н.Г., 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, First Vice Rector of the Volgograd State Agrarian University

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

Kuznetsov N.G., 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

Кузнецов Н.Г., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Kuznetsov N.G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

Юдаев И.В., доктор технических наук, профессор, зам. директора, ДонГАУ

Yudaev I.V., Doctor of technical sciences, professor, deputy Director, DonGAU

05.20.03 Технологии и средства технической 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

Кузнецов Н.Г., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Kuznetsov N.G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

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

INFLUENCE OF LAND RECOVERY ON MINIMIZING WEATHER FLUCTUATIONS AND GROWTH OF ECONOMIC EFFECT OF AGRICULTURAL PRODUCTION

A. S. Ovchinnikov¹, M. V. Vlasov², S. V. Kupriyanova²

¹*Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia*

²*Russian Research Institute of Land Reclamation, Novocherkassk, Russia*

Received 09.01.2020

Submitted 05.03.2020

Summary

The article presents the results of research on the impact of weather fluctuations on the stability of rice and spring wheat yields and suggests reclamation measures to minimize the impact of weather fluctuations on the stability of crop yields and, as a consequence, increase the growth of the economic effect of agricultural production.

Abstract

Introduction. Inter-annual changes in yields, which are the result of poorly predictable weather fluctuations, have a significant impact on the food security of our country and are a serious problem for agricultural producers. Therefore, it is necessary to develop, justify and use measures that contribute to increasing the stability of crop yields throughout the territory of agricultural lands of the Russian Federation. **An object.** The object of research was agricultural land in Russia. **Goal.** The purpose of the study was to analyze the impact on the sustainability of agricultural production of two main factors: natural and climatic changes, represented by fluctuations in water availability, both zonal and interannual, and human economic activity, considered in the aspect of land reclamation activities, as well as the development of a mathematical apparatus that allows you to assess this stability and formulate proposals to improve it. **Materials and methods.** The differentiation of zones of natural and agricultural zoning on the annual amount of atmospheric precipitation on the basis of which the basic directions of land reclamation is affecting the sustained production of agricultural crops in different climatic zones and to best exploit the agricultural potential of the lands fund. The analysis of both the growth dynamics and interannual fluctuations in the yield of spring wheat grown under natural moisture conditions and rice grown under optimal conditions from the point of view of moisture supply in the period from 2000 to 2018 was performed. The methods of correlation and regression analysis were used in the processing of statistical data, and the methods of comparative and system analysis were used in the formation and formulation of conclusions and inferences. **Results and conclusions.** The paper notes the connection of the spatial nature of yield fluctuations with the heterogeneity of weather and climate conditions that are formed in the vast territories of the country in various natural geographical zones, and the results of human economic activity that depend on the level of scientific and technical development in the agricultural sector, as well as with complex solutions to environmental problems consisting in the rational use of natural resources and the use of various types of land reclamation. For each zone of natural and agricultural zoning according to the annual amount of atmospheric precipitation, a set of reclamation measures is proposed that contributes to increasing the stability of crop yields. An analytical expression is developed for finding the total economic effect obtained from growing agricultural products from the entire area of agricultural land intended for this purpose, taking into account the differentiation of these lands by zones of moisture. It was found that in the period from 2000 to 2018, the average increase in rice yield was 65 %, and spring wheat-32 %, while in general, in the territory of Russia in recent decades, there has been an increase in average annual precipitation, with the most significant increase in seasonal precipitation observed in the spring and over the past 20 years amounted to 11.8 %, which made a significant contribution to increasing the average growth in spring wheat yield. However, in the dry years of 2010 and 2012, there was a sharp drop in the yield of spring wheat, and as shown by the calculations performed using the analytical expressions developed by the authors, in these years, the total economic effect on aver-

age decreased by 23 %, while the rice yield was not subjected to any significant fluctuations, which allows us to conclude that irrigation, along with other types of land reclamation, it provides the highest yield stability to disturbing weather fluctuations and contributes to achieving the highest economic effect in agricultural production.

Key words: *reclamation, irrigation, irrigated lands, production stability, increasing sustainability, agricultural production, climate zones.*

Citation. Ovchinnikov A. S., Vlasov M. V., Kupriyanova S. V. Influence of land reclamation on minimizing weather fluctuations and increasing the economic effect of agricultural production. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 14-23 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-01.

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 631.6:338.43

ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ НА МИНИМИЗАЦИЮ ПОГОДНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ И РОСТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. С. Овчинников¹, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
М. В. Власов², кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник
С. В. Куприянова², научный сотрудник, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 09.01.2020

Дата принятия к печати 05.03.2020

Актуальность. Межгодовое изменение урожайности, являющееся следствием слабо предсказуемых погодных колебаний, оказывает значительное влияние на продовольственную безопасность нашей страны и создает серьезную проблему для сельхозтоваропроизводителей. Поэтому необходимо разрабатывать, обосновывать и использовать меры, способствующие повышению устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур на всей территории земель сельхозназначения Российской Федерации. **Объект.** Объектом исследований являлись земли сельскохозяйственного назначения России. **Цель.** Целью исследования являлся анализ воздействия на устойчивость сельскохозяйственного производства двух основных факторов: стихийных природно-климатических изменений, представленных колебаниями влагообеспеченности как зональными, так и межгодовыми, и хозяйственной деятельности человека, рассмотренной в аспекте проведения мелиоративных мероприятий, а также разработка математического аппарата, позволяющего оценить эту устойчивость и формулирование предложений по ее повышению. **Материалы и методы.** Проведена дифференциация поясов природно-сельскохозяйственного районирования по годовому количеству атмосферных осадков, на основании которой сформулированы основные направления мелиораций, влияющие на повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в различных климатических зонах и позволяющие оптимально использовать сельскохозяйственные возможности земельного фонда. Выполнен анализ как динамики роста, так и межгодовых колебаний урожайности яровой пшеницы, выращенной в условиях естественной влагообеспеченности, и риса, выращенного в оптимальных с точки зрения влагообеспеченности условиях в период с 2000 по 2018 годы. При обработке статистических данных использованы методы корреляционного и регрессионного анализа, а при формировании и формулировании выводов и умозаключений применялись методы сравнительного и системного анализа. **Результаты и выводы.** В работе отмечена связь пространственного характера колебаний урожайности с неоднородностью погодно-климатических условий, формирующихся на обширных территориях страны в различных природно-географических зонах, и

результатами хозяйственной деятельности человека, зависящими от уровня научно-технического развития в сельскохозяйственной отрасли, а также с комплексными решениями проблем природопользования, заключающимися в рациональном использовании природных ресурсов и применении различных видов мелиораций. Для каждого пояса природно-сельскохозяйственного районирования по годовому количеству атмосферных осадков предложен комплекс мелиоративных мероприятий, способствующий повышению устойчивости урожайности сельскохозяйственных культур. Разработано аналитическое выражение для нахождения суммарного экономического эффекта, полученного от выращивания сельскохозяйственной продукции со всей предназначенной для этого площади земель сельскохозяйственного назначения, учитывающее дифференциацию этих земель по зонам увлажнения. Установлено, что в период с 2000 по 2018 год рост урожайности риса в среднем составил 65 %, а яровой пшеницы – 32 %, при этом в целом на территории России в последние десятилетия наблюдался рост среднегодовых сумм осадков, причем наиболее значительный рост сезонных сумм осадков наблюдался весной и за последние 20 лет составил 11,8 %, что внесло значительный вклад в повышение среднего роста урожайности яровой пшеницы. Вместе с тем в засушливые 2010 и 2012 годы наблюдалось резкое падение урожайности яровой пшеницы и, как показали расчеты, выполненные при помощи разработанных авторами аналитических выражений, в эти годы полученный суммарный экономический эффект в среднем снизился на 23 %, тогда как урожайность риса не подверглась сколь-нибудь значительным колебаниям, что позволяет сделать вывод о том, что орошение, наряду с другими видами мелиораций, обеспечивает наибольшую устойчивость урожайности к возмущающим погодным флуктуациям и способствует достижению наиболее высокого экономического эффекта при сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: мелиорация, орошение сельхозугодий, орошаемые земли, устойчивость производства, повышение устойчивости производства, производство сельскохозяйственной продукции, климатические зоны.

Цитирование. Овчинников А. С., Власов М. В., Куприянова С. В. Влияние мелиорации земель на минимизацию погодных флуктуаций и рост экономического эффекта сельскохозяйственного производства. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 14-23. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-01.

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. Недополучение сельскохозяйственной продукции, связанное с колебаниями урожайности, является актуальной проблемой агропромышленного комплекса Российской Федерации, оказывающей непосредственное влияние на продовольственную безопасность страны. Влияние климата и его изменений на устойчивость урожайности сельскохозяйственных культур оказывает решающее воздействие на продуктивность земледелия, ведь именно ресурсы климата определяют видовой состав культурных растений в тех или иных природно-географических зонах. Исследования в области агроклиматического направления нашли отражение в работах отечественных ученых: П. И. Броунова, Г. Т. Селянинова, Р. Э. Давида, Н. К. Софотерова, В. А. Батманова, П. И. Колоскова. На основании этих работ в 1937 году была составлена карта агроклиматического районирования СССР и опубликован мировой агроклиматический справочник, в котором границы видов земледелия определены комплексным показателем, представляющим отношение сумм выпадающих осадков к суммам температур. Показатели, отражающие влияние термических условий, количества осадков и дефицита влажности воздуха, в совокупности использованы при расчете биоклиматического потенциала агроценозов. Дальнейшее развитие принципов агроклиматического районирования и оценки климатических ресурсов сельскохозяйственных зон изложено в работах И. А. Гольцберга, Ф. Ф. Давитой, С. А. Сапожниковой, В. А. Смирнова, Ю. И. Чиркова, Д. И. Шашко, А. М. Шульгина, и как результат в 1972 г. издан

«Агроклиматический атлас мира». Вопросами агроклиматического районирования, наряду с отечественными, занимались и зарубежные ученые: Б. Э. Ливингстон, А. Саундерс, Т. А. Блайр, Г. Питерсон и др.

Материалы и методы. Наиболее ранние исследования, посвященные изучению влияния факторов погоды и климата на показатель продуктивности земледелия, а именно урожайность сельскохозяйственных культур были проведены в 20-х годах В. Г. Михайловским, М. И. Семеновым, В. М. Обуховым, Б. С. Ястремским, в этих исследованиях показана корреляция динамики урожайности и наступления аномальных погодных явлений – засух. Позднее изучение влияния засухи на земледелие в агроклиматическом аспекте было продолжено в работах отечественных ученых: А. М. Алпатьева, Ф. Ф. Давитой, А. И. Руденко. Ими исследованы закономерности географического распространения и повторяемости засушливых периодов в сельскохозяйственных зонах и проведена оценка эффекта их влияния на урожайность. В настоящее время ученые разных стран к основным причинам и факторам, оказывающим наибольшее влияние на устойчивость урожайности различных видов сельскохозяйственных культур, относят действие погодно-климатических факторов. При этом отмечается, что для повышения урожайности сельхозкультур требуется комплексный подход к оценке биологической, экологической и антропогенной составляющих ее потенциала, а также осуществление следующих мероприятий:

- оценка агроклиматических потенциальных возможностей формирования урожая в отдельных природно-географических зонах;
- создание путем мелиорации и агротехники условий, оптимально соответствующих потребностям сельскохозяйственных культур в конкретных посевах;
- проведение оптимального районирования имеющихся сортов растений (в соответствии с климатом и микроклиматом природной среды);
- выведение сортов, соответствующих условиям окружающей среды в конкретном районе.

Устойчивость сельскохозяйственного производства зависит от воздействия двух основных факторов: стихийных природно-климатических изменений и хозяйственной деятельности человека. Пространственный характер колебаний урожайности связан, прежде всего, с неоднородностью погодно-климатических условий, формирующихся на обширных территориях страны, в различных природно-географических зонах, а результаты хозяйственной деятельности человека зависят от уровня научно-технического развития в сельскохозяйственной отрасли, комплексного решения проблем природопользования, рационального использования природных ресурсов, использования различных видов мелиораций.

Биоклиматические условия территории нашей страны характеризуются природно-сельскохозяйственным районированием, включающим в себя природные зоны, состоящие из провинций и подпровинций, разделенных на округа по различиям микрорельефа, в пределах которых формируются различные типы почв. Существует связь классификации природно-сельскохозяйственного районирования и различий свойств и качеств земель различных зон применительно к использованию их в сельскохозяйственном производстве. Исследования показали, что продуктивность растений зависит от влагообеспеченности территорий, которая включает отношение показателей годового атмосферного увлажнения и испаряемости [3, 4]. Для установления непосредственной связи между устойчивостью сельскохозяйственного производства (в различных климатических зонах) и проведением мелиоративных мероприятий как необходимого условия достижения устойчивости требуется условно классифицировать природно-сельскохозяйственные территории по погодно-климатическим факторам, наиболее существенно влияющим на характер и целесообразное использование сельскохозяйственных угодий [5].

Результаты и обсуждение. По нашему мнению, анализируя погодноклиматическую изменчивость урожайности сельскохозяйственных культур, особое внимание следует уделить дифференциации поясов природно-сельскохозяйственного районирования по годовому количеству атмосферных осадков и связать с этим основные направления мелиораций, влияющих на повышение устойчивости производства сельскохозяйственных культур в различных климатических зонах и позволяющих оптимально использовать сельскохозяйственные возможности земельного фонда:

– холодный тундрово-таежный природно-сельскохозяйственный пояс. Пояс разделен на три зоны: полярно-тундровая (годовая сумма осадков колеблется от 300–400 мм на западе, 150 мм на востоке), лесотундрово-северотаежная (количество атмосферных осадков уменьшается с запада – 600 мм, на восток – 150 мм) и среднетаежная (количество атмосферных осадков уменьшается с запада на восток от 500–700 мм до 200 мм). В этом поясе наблюдается избыток влаги при недостаточной аэрации почвы, недостатке тепла и пищи для растений. Эти агроклиматические условия не могут обеспечить успешное возделывание сельскохозяйственных культур, и основными направлениями мелиораций здесь должны являться осушение, снижение кислотности почв, культуртехническая и тепловая мелиорации, гидролесомелиорация;

– умеренный природно-сельскохозяйственный пояс, который разделен на семь природно-сельскохозяйственных зон. Южнотаежно-лесная (годовое количество осадков составляет 400–800 мм) зона преимущественно избыточно-влажная, ниже среднего обеспеченная теплом. Лесостепная (колебания годовых осадков от 500–600 мм до 300 мм) зона преимущественно полувлажная с резкими засухами, средне и ниже среднего обеспеченная теплом. В этих двух зонах основными направлениями мелиораций должны являться осушение, противозерозионные мелиорации, периодическое доувлажнение овощных и кормовых культур. Степная (годовое количество осадков 200–500 мм), сухостепная (годовое количество осадков в среднем 250–300 мм) и предгорно-пустынно-степная (годовое количество осадков 200–400 мм) зоны, в которых почвы недостаточно обеспечены влагой и выше среднего обеспечены теплом. В этих зонах основными направлениями мелиораций должны являться противозерозионные, агрохимические и химические агролесомелиорации, а также орошение сельхозкультур и биологизация технических оросительных систем. Полупустынная (годовые суммы осадков 100–300 мм) и пустынная (годовая сумма осадков 75–175 мм) зоны, которые не обеспечены влагой и хорошо обеспечены теплом. Основными направлениями мелиорации в них должны являться: регулярное лиманное орошение, борьба с дефляцией, агролесомелиорации пастбищ, борьба с опустыниванием, химические мелиорации, биологизация оросительных систем;

– теплый субтропический природно-сельскохозяйственный пояс. Он разделен на четыре зоны: субтропическая пустынная (годовая сумма осадков 75–175 мм), субтропическая предгорная полупустынно-пустынная (годовая сумма осадков 100–400 мм), субтропическая кустарниково-степная и сухостепная (за год выпадает 300–600 мм осадков), субтропическая влажно-лесная (годовое количество осадков 800–3200 мм). Эти зоны хорошо обеспечены теплом и основными направлениями мелиорации в них должны являться противозерозионные мелиорации [3, 5].

Так как в степной, сухостепной, предгорно-пустынно-степной, полупустынной и пустынной зонах влагообеспеченность растений недостаточная, то орошение, наряду с другими видами мелиораций, будет обеспечивать наибольшую прибавку урожая и более высокий экономический эффект в сравнении с другими зонами.

Для нахождения экономического эффекта разобьем сначала всю площадь земель сельскохозяйственного назначения на четыре зоны (причем количество разбиений на зоны ввиду универсальности полученных выражений может быть уменьшено или увеличено исходя из целей дальнейших исследований):

1) Z_1 – площадь зон скудного увлажнения – зон, в пределах которых коэффициент увлажнения (по Г. Н. Высоцкому и Н. Н. Иванову) K_y лежит в интервале $0,1 < K_y < 0,3$;

2) Z_2 – площадь зон недостаточного увлажнения – зон, в пределах которых $0,3 < K_y < 1$;

3) Z_3 – площадь зон избыточного увлажнения – зон, в пределах которых $K_y > 1$.

4) Z_4 – площадь зон достаточного увлажнения – зон, в пределах которых $K_y \approx 1$.

В свою очередь, площади каждой из четырех зон разобьем на две части следующим образом:

$$Z_j = S_j + S'_j, \quad (1)$$

где S_j – площадь неорошаемых (неосушаемых) земель в j -й зоне, га; S'_j – площадь орошаемых (осушаемых) земель в j -й зоне, га.

Здесь и ниже штрихом будем отмечать входящие в формулы обозначения, относящиеся к площадям орошаемых (осушаемых) земель.

Следуя определению Райзберга Б. А., Лозовского Л. Ш. и Стародубцевой Е. Б. [6], составим выражение для нахождения суммарного экономического эффекта, полученного от выращивания сельскохозяйственной продукции со всей предназначенной для этого площади земель сельскохозяйственного назначения:

$$\mathcal{E} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^k [(3C_{ij} - C_{ij}) Y_{ij} S_{ij} + (3C'_{ij} - C'_{ij}) Y'_{ij} S'_{ij}] \quad (2)$$

где $\mathcal{E}$ – экономический эффект, руб., j – номер (индекс) рассматриваемой зоны, n – количество рассматриваемых зон с различным среднегодовым количеством осадков (коэффициентом увлажнения), i – номер (индекс) выращиваемой культуры, k – количество видов выращиваемых культур, $3C_{ij}$ – закупочная цена i -й культуры в j -й зоне, руб./т, C_{ij} – себестоимость выращивания i -й культуры в j -й зоне, руб./т, Y_{ij} – урожайность i -й культуры в j -й зоне, т/га, S_{ij} – площадь посева, занятая i -й культурой в j -й зоне, га.

Очевидно, что необходимо стремиться к построению сельскохозяйственного производства таким образом, чтобы значение суммарного экономического эффекта было наибольшим и не зависящим от непредсказуемых погодных колебаний. Для этого необходимо в зонах, где это требуется, минимизировать площади неорошаемых (неосушаемых) земель сельскохозяйственного назначения, соответственно увеличивая площади орошаемых (осушаемых) земель. При достижении идеальной ситуации выражение (2) примет вид:

$$\mathcal{E} = \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^k [(3C'_{ij} - C'_{ij}) Y'_{ij} S'_{ij}] + \sum_{i=1}^k (3C_{i4} - C_{i4}) Y_{i4} Z_{i4} \quad (3)$$

где Z_{i4} – площадь посева, занятая i -й культурой в зоне достаточного увлажнения.

Тогда задача получения максимального экономического эффекта сведется к задаче минимизации себестоимости выращивания i -й культуры при сохранении максимума урожайности, устойчивой к флуктуациям погодно-климатических факторов.

Количественные связи урожайности сельскохозяйственных культур и влагообеспеченности позволят оценить целесообразность и эффективность орошения по зонам земледелия. Водные мелиорации будут способствовать повышению устойчивости природных территориальных систем, а также приведут к оптимальному соотношению тепла и влаги, однако при передозировке они могут привести к противоположному результату, так как являются очень сильным возмущающим фактором [2, 5, 7, 8, 10-12].

Проведем анализ влияния погодно-климатического фактора - годового количества атмосферных осадков и мелиоративных мероприятий – поливного земледелия – на динамику урожайности сельскохозяйственных культур в Российской Федерации, опираясь на межгодовые колебания урожайности в условиях неполивного и орошаемого земледелия. Для этого в таблицу 1 внесем урожайность выращенной в условиях естественной влагообеспеченности яровой пшеницы и урожайность выращенного в оптимальных, с точки зрения влагообеспеченности, условиях риса за 19 лет в период с 2000 по 2018 годы.

Таблица 1 – Динамика урожайности яровой пшеницы и риса в России, ц/га

Table 1 – The Dynamics of the yield of spring wheat and rice in Russia, t/ha

Год/Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Яровая пшеница/ Spring wheat	12,7	15,7	14,4	14,8	13,8	13	14,3	15,6	15,6	17,2
Рис/ Rice	34,9	34,9	37,7	31,5	37,7	42	43,9	45,1	46	51,4

продолжение таблицы 1 / continuation of table 1

Год / Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Яровая пшеница / Spring wheat	12,9	16,4	11,9	14,2	14,7	15,5	15,7	18,9	16,8
Рис/ Rice	52,8	50,9	54,9	49,6	53,6	55,8	53	53,1	57,6

Примечание. Урожайность сельскохозяйственных культур (в расчете на убранную площадь) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/31533>, 2019.

Основываясь на данных, представленных в таблице 1, изобразим на рисунке 1 динамику урожайности риса и яровой пшеницы и построим линии тренда урожайности указанных культур.

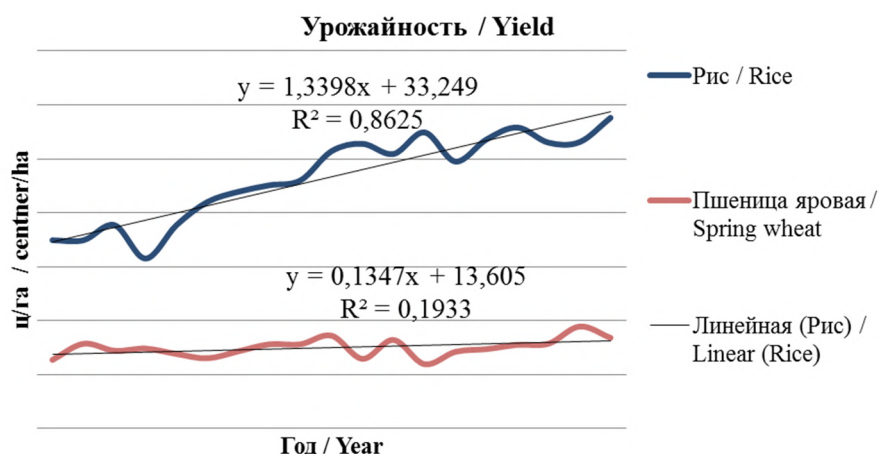


Рисунок 1 – Динамика урожайности риса и яровой пшеницы

Figure 1 – Dynamics of the yield of rice and spring wheat

Выводы. Анализируя данные таблицы 1 и их графическую интерпретацию, представленную на рисунке 1, отметим, что за 19 лет рост урожайности риса в среднем составил 65 %, а яровой пшеницы – 32 %. При этом, согласно докладу об особенностях климата на территории Российской Федерации [1], в целом на территории России в последние десятилетия наблюдался рост среднегодовых сумм осадков, причем наиболее значительный рост сезонных сумм осадков наблюдался весной и за последние 20 лет

составил 11,8 %, что, на наш взгляд, внесло значительный вклад в повышение среднего роста урожайности яровой пшеницы. Вместе с тем в засушливые 2010 и 2012 годы наблюдалось резкое падение урожайности яровой пшеницы, а урожайность риса не подверглась сколь-нибудь значительным колебаниям. Выполнив расчеты по формулам (2) и (3), получили снижение в эти годы суммарного экономического эффекта в среднем на 23 %, что указывает на значительную роль орошения, наряду с другими видами мелиораций, в обеспечении наибольшей устойчивости урожайности к возмущающим погодным флуктуациям и его влиянию на достижение наиболее высокого экономического эффекта при сельскохозяйственном производстве.

Библиографический список

1. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. М.: Росгидромет, 2019. 79 с.
2. Куприянова С. В. К вопросу влияния мелиорации земель на устойчивое производство сельскохозяйственной продукции // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 4(36). С. 135–151. Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=640>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-135-151.
3. Национальный атлас почв РФ. Режим доступа: <https://soilatlas.ru/literatura?broadside=2>.
4. Национальный атлас России. Т. 3 «Население. Экономика». Режим доступа: <https://национальныйатлас.рф/cd3/346-349/346-349.html>
5. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / А. В. Колганов [и др.]; под ред. В. Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. 222 с. Режим доступа: http://www.rosniipm.ru/izdan/2016/mon_ub2.pdf.
6. Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь. 6-е изд., перераб. и доп. М.: ИНФРА-М, 2017. 512 с.
7. Розвиток методології оцінки потенціалу врожайності сільськогосподарських культур з урахуванням впливу клімату і агрофітотехнологій / В. П. Дмитренко, Л. П. Однолеток, О. О. Кривошеїн, А. В. Круківська // Укр. гідрометеорол. ж. Agricultural Meteorology. Засновник і Видавець: Одеський державний екологічний університет (м. Одеса, Україна). 2017. № 20. С. 52–59. Режим доступа: <http://uhmj.odeku.edu.ua/o-zhurnale>.
8. Щедрин В. Н., Васильев С. М. Концептуально-методологические принципы (основы) стратегии развития мелиорации как национального достояния России // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 1(33). С. 1–11. Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=585>. – DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11.
9. Щедрин В. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. К обоснованию экологических норм водопотребности различных типов почв для оптимизации мелиоративного состояния и почвенного плодородия // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 1(29). С. 105–121. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32433009>
10. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhilin, N. N. Dubenok, M. A. Ganiev, A. S. Ovchinnikov, V. V. Melikhov, N. M. Abdou, S. D. Fomin // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12(24). P. 7118-7123. Retrieved from www.scopus.com
11. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova, V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. Vol. 24. № 5. P. 909–913.
12. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaya, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13(13). P. 4181-4184. Retrieved from www.scopus.com

Conclusions. Analyzing the data of Table 1 and their graphical interpretation, presented in Figure 1, we note that over 19 years, the growth of rice yields on average was 65 %, and spring wheat – 32 %, while according to the report on the climate in the Russian Federation [12] in general, in recent decades, an increase in average annual precipitation has been ob-

served on the territory of Russia, with the most significant increase in seasonal precipitation being observed in spring and over the past 20 years was 11.8 %, which in our opinion made a significant contribution to the increase in average growth yield of spring wheat. However, in the dry years of 2010 and 2012, there was a sharp drop in spring wheat yields, and rice yields did not undergo any significant fluctuations. Having performed the calculations according to formulas (2) and (3), we obtain a decrease in these years of the total economic effect by an average of 23 %, which indicates the significant role of irrigation, along with other types of land reclamation, in ensuring the highest yield stability to disturbing weather fluctuations and its influence on achieving the highest economic effect in agricultural production.

References

1. Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2018 god. M.: Rosgidromet, 2019. 79 p.
2. Kupriyanova S. V. K voprosu vliyaniya melioracii zemel' na ustojchivoe proizvodstvo sel'skohozyajstvennoj produkcii // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii [Elektronnyj resurs]. 2019. № 4(36). P. 135-151. Rezhim dostupa: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=630&id=640>. - DOI: 10.31774/2222-1816-2019-4-135-151.
3. Nacional'nyj atlas pochv RF. Rezhim dostupa: <https://soilatlus.ru/literatura?broadside=2>.
4. Nacional'nyj atlas Rossii. T. 3 "Naselenie. Jekonomika". Rezhim dostupa: <https://nacional'nyjatlas.rf/cd3/346-349/346-349.html>
5. Razvitie melioracii zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya v Rossii / A. V. Kolganov [i dr.]; pod red. V. N. Schedrina. Novocherkassk: RosNIIPM, 2016. 222 p. Rezhim dostupa: http://www.rosniipm.ru/izdan/2016/mon_ub2.pdf.
6. Rajzberg B. A., Lozovskij L. Sh., Starodubceva E. B. Sovremennyy jekonomicheskij slovar'. 6-e izd., pererab. i dop. M.: INFRA-M, 2017. 512 p.
7. Розвиток методології оцінки потенціалу врожайності сільськогосподарських культур з урахуванням впливу клімату і агрофітотехнологій / В. П. Дмитренко, Л. П. Однолеток, О. О. Кривошеїн, А. В. Круківська // Укр. гідрометеорол. ж. Agricultural Meteorology. Засновник і Видавець: Одеський державний екологічний університет (м. Одеса, Україна). 2017. № 20. С. 52–59. Режим доступу: <http://uhmj.odeku.edu.ua/o-zhurnale>.
8. Schedrin V. N., Vasil'ev S. M. Konceptual'no-metodologicheskie principy (osnovy) strategii razvitiya melioracii kak nacional'nogo dostoyaniya Rossii // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii [Elektronnyj resurs]. 2019. № 1(33). P. 1-11. Rezhim dostupa: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=584&id=585>. - DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-1-11.
9. Schedrin V. N., Dokuchaeva L. M., Yurkova R. E. K obosnovaniyu jkologicheskikh norm vodopotrebnosti razlichnyh tipov pochv dlya optimizacii meliorativnogo sostoyaniya i pochvennogo plodorodiya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii [Elektronnyj resurs]. 2018. № 1(29). P. 105-121. Rezhim dostupa: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32433009>
10. Mode of rice drip irrigation / I. P. Kruzhilin, N. N. Dubenok, M. A. Ganiev, A. S. Ovchinnikov, V. V. Melikhov, N. M. Abdou, S. D. Fomin // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. Vol. 12(24). P. 7118-7123. Retrieved from www.scopus.com
11. Optimum control model of soil water regime under irrigation / A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin, O. V. Bocharnikova, E. S. Vorontsova, V. V. Borodychev, M. N. Lytov // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. Vol. 24. № 5. P. 909–913.
12. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaya, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. Vol. 13(13). P. 4181-4184. Retrieved from www.scopus.com

Authors Information

Ovchinnikov Aleksey Semenovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, supervisor of the Volgograd State Agrarian University, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd Region, Universitetsky Prospekt, 26.), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Department: "Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Use". Email: volgau@volgau.com.

Vlasov Mikhail Vyacheslavovich, Leading Researcher, Federal State Budgetary Institution “Russian Research Institute of Reclamation Problems,” (346420, Rostov Region, Novocherkassk, pr. Baklanovsky 190, candidate of physical and mathematical sciences). E-mail: m_vlasov@bk.ru.

Kupriyanova Svetlana Vyacheslavovna, Researcher, Postgraduate Student, Federal State Budgetary Institution “Russian Research Institute of Land Reclamation Problems,” (346420, Rostov Region, Novocherkassk, 190 Baklanovskiy pr.), E-mail: sched-rikova@bk.ru.

Информация об авторах

Овчинников Алексей Семенович, академик РАН, научный руководитель федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование». E-mail: volgau@volgau.com.

Власов Михаил Вячеславович, ведущий научный сотрудник, федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346420, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), кандидат физико-математических наук. E-mail: m_vlasov@bk.ru.

Куприянова Светлана Вячеславовна, научный сотрудник, аспирант, федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346420, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), E-mail: schedrikova@bk.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-02

ON THE ISSUE OF THE PROTECTIVE AFFORESTATION STATUS IN VOLGOGRAD REGION

K. N. Kulik¹, A. S. Manaenkov¹, A. N. Kuzenko², A. N. Salugin¹

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

²*Committee of natural resources and ecology of the Volgograd region*

Received 12.01.2020

Submitted 11.03.2020

The work was performed in accordance with the program of Fundamental scientific research of the state academies of Sciences of the Russian Federation for 2013-2020 in the direction X 10.3 Land reclamation, water and forestry, section 147. Theory and principles of creating agroforestry and forestry complexes in order to increase the productivity and environmental feasibility of agricultural landscapes, protection of soils from degradation and desertification in the conditions of techno genesis and global climate change

Summary

Agricultural landscapes of the Volgograd region are degraded, and intensive nature management leads to a violation of the ecological balance. Protective afforestation is the most important and environmentally friendly means of preventing land degradation processes. In order to improve the environmental situation, ensure reliable and effective soils protection from water and wind erosion in the region, it is necessary to have 331 thousand hectares of protective forest plantations.

Abstract

Introduction. Natural landscapes are highly degraded in the Volgograd region, there are violated natural processes of self-regulation within them, and intensive nature management, carried out without regard to the laws of nature leads to ecological imbalance. Protective afforestation is the most economical and environmentally friendly means of preventing land degradation processes. Protective forest stands (ZLN) began to be created here in pre-revolutionary times. However, most of them were created in the post-war period (49-51 years) and in the 60s-70s of the XX century. Most of the plantings are in a depressing status due to reaching the age limit, poor forest conditions and anthropogenic pressure. **Results and discussion.** According to various estimates, currently there are about 130 thousand hectares of protective forest plantations on the territory of agricultural lands in the Volgograd region. The most useful for agricultural production and preservation of arable land fertility are protective forest strips – 70 thousand hectares and anti-erosion

plantings – 30 thousand hectares, created in the form of linear plantings on the borders of crop rotation fields and lands of the hydrographic fund. In addition, on irrigated lands – 1 thousand hectares, on sands and arid pastures – 20, along the banks of rivers – 2, green zones – 3 thousand hectares. Hence, the protection of farmland is relatively low from 2.1 % (Uryupinsky district) to 0.03 % (Leninsky district), and the average for the region is only 1.4 % or 3-4 times less than the norm. Significant areas of protective forest plantations require improvement, some of the plantings were damaged by fires. 75 % of the forest area required sanitary felling, which include the removal of sick, affected by pests and diseases trees, and carrying sprout-renewal felling on the area of 17 thousand hectares is necessary. Forestry work should be carried out in the area more than 4 thousand hectares every year. Systematic soil treatments between the rows and at the edges of forest belts in young plantings are need to be carried. Every year in ZLN there is a massive reproduction of needles and leaf-gnawing pests (oak green leaflet and ginger pine sawfly, giving chronic foci, as well as an unpaired silkworm, common pine sawfly, winter moth, golden-eyed butterfly, and American white butterfly eater) periodic foci). One tree accounts for 2.0 to 8.0 thousand harmful individuals. They completely destroy the foliage, and the trees are in a leafless state for a long period. In oak plantings, vascular mycosis is widespread. Elm in these conditions is greatly affected by the Dutch disease. There are a number of other infectious diseases. As a result of severe damage by phytopathogens, catastrophic drying of trees occurs. Summing up the main causes of early depression and the loss of GW in the region, it can be concluded that the improvement of the sustainability and durability of forest reclamation plantings should be achieved by a set of environmental, biological, technological and agrotechnical measures based on the analysis of the negative causes of their oppressed state and death. Due to the mosaic nature of the forest vegetation conditions, ZLN of any purpose can be cultivated differentially in strict accordance with the forest suitability of soils. The ZLN bookmark should be preceded by thorough design surveys along the route of the future forest strip with a clear allocation of plots according to their suitability groups. The differentiated method assumes that during the passage of the planting unit on each allocated site, an appropriate assortment is planted, depending on the forest growing conditions. It is advisable to divert non-forest-friendly territories that form gaps in the GWP to plant backstage from tamarix and other salt-and drought-tolerant perennial plants. If it is necessary to create a full-profile plantation in separate areas, it is advisable to carry out radical reclamation. It is possible to increase the vitality and longevity of ZLN in the region by breeding aimed at identifying and introducing ecotypes of forms and individuals that have survived after extreme years adapted to this environmental situation. Taking into account that the Volgograd region is located in a zone of critical agricultural production subject to degradation and desertification, ZLN should be considered as an integral part of the agricultural system and the fundamental principle in the landscape organization of the agricultural territory. In addition, there are organizational and legislative problems in the system of protective afforestation. So there is no clear strategy and legislative base in the field of the creation and maintenance of ZLN in the fields in connection with the fragmentation of the former collective farms and state farms and the formation of joint-stock companies, the farming sector. There is no clarity about how to carry out large-scale adaptive-landscape organization of the territory with the use of forest reclamation in conditions with different forms of management and diversity of farms. The terms of financing are not clear here either. There is no organizational and economic basis for the rental valuation of land with the established system of forestry land, accounting for this rent in the financial indicators of farms and the mechanism for the targeted use of depreciation charges from the carrying value of rainforest forest stands. **Conclusion.** Based on the foregoing, scientists VNIALMI, together with the Committee on Forestry developed "Strategy of Russian Federation protective forestation development for the period till 2025" was developed by scientists of VNIALMI, together the Forestry Committee, and on its basis the program of development of protective afforestation to 2025 for the region was composed with the aim to improve the ecological situation on the territory of the Volgograd region, ensure reliable and effective protection of soils from water and wind erosion, through increasing the overall level of forest cover, and existing forest plantations protective functions strengthening, and their unified system creation. The main objectives of the program are: development of an agroforestry measures set that ensure the agricultural landscapes optimization; the quality of the natural environment and surface water sources improvement; agricultural lands water and wind erosion protection; desertification combating; bioclimatic potential rational use, stable yields obtaining, soil fertility increasing; protective forest plantations of the Volgograd region unified system creation. In total, the region needs to have 331 thousand hectares of grain, i.e. it is necessary to create another 200 thousand hectares for the existing plantings. The total cost of work will be 15 billion rubles.

Key words: *protective forest plantations, afforestation, landscapes, soil, degradation, ecology, agriculture system.*

Citation. Kulik K. N., Manaenkov A. S., Kuzenko A. N., Salugin A. N. On the issue of the protective afforestation status in Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 23-33 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-02.

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 630*266(470.45)

К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

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

А. С. Манаенков¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

А. Н. Кузенко², заместитель руководителя

А. Н. Салугин¹, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

¹ФНЦ агроэкологии РАН, г. Волгоград

²Комитет природных ресурсов и экологии Волгоградской области

Дата поступления в редакцию 12.01.2020

Дата принятия к печати 11.03.2020

Работа выполнена в соответствии с программой Фундаментальных научных исследований государственных академий наук РФ на 2013-2020 годы по направлению X 10.3 Мелиорация, водное и лесное хозяйство, раздел 147. Теория и принципы создания агролесомелиоративных и лесохозяйственных комплексов в целях повышения продуктивности и экологической целесообразности агроландшафтов, защита почв от деградации и опустынивания в условиях техногенеза и глобальных изменений климата

Актуальность. В Волгоградской области естественные ландшафты крайне деградированы, в них нарушены естественные процессы саморегуляции, а интенсивное природопользование, осуществляемое без учета законов развития природы, приводит к нарушению экологического равновесия. **Результаты и обсуждение.** Защитное лесоразведение является наиболее экономичным и экологичным средством, предотвращающим процессы деградации земель. Посадки защитных лесных насаждений (ЗЛН) здесь начались еще в дореволюционное время. Однако основная масса их создана в послевоенный период (49-51 гг.) и в 60-х - 70-х гг. XX века. В большинстве своем насаждения находятся в удручающем состоянии из-за достижения предельного возраста, плохих лесорастительных условий и антропогенного прессинга. **Выводы.** В целях улучшения экологической обстановки на территории Волгоградской области, обеспечения надёжной и эффективной защиты почв от водной и ветровой эрозии через повышение общего уровня лесистости, а также усиление защитных функций существующих лесных насаждений и создание их единой системы, необходимо иметь 331 тыс. га защитных лесных насаждений.

Ключевые слова: *защитные лесные насаждения, защитное лесоразведение, интенсивное землепользование, деградация ландшафтов, системы земледелия.*

Цитирование. Кулик К. Н., Манаенков А. С., Салугин А. Н., Кузенко А. Н. К вопросу о состоянии защитного лесоразведения в Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 23-33. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-02.

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. Как известно, интенсивное природопользование, осуществляемое без учета законов развития природы, приводит к нарушению экологического равновесия на огромных территориях, разрушению природных ландшафтов, деградации почв, ухудшению водного режима, загрязнению окружающей среды, снижению продуктивности и устойчивости земледелия и, в конечном счете, к общей экологической напряженности сферы обитания человека и животных.

В Волгоградской области практически не сохранились естественные саморегулирующиеся ландшафты с необходимым биологическим разнообразием и высокой продуктивностью, а из 8,7 млн га сельхозугодий 80 % относятся к деградированным и малопродуктивным.

Наиболее экономичным и экологичным средством, предотвращающим процессы деградации земель, является защитное лесоразведение [1]. Волгоградская область является одним из пионеров в этом деле. Посадки ЗЛН здесь начались еще в дореволюционное время. Однако основная масса их создана в послевоенный период (49-51 гг.) и в 60-х - 70-х гг. и немного в 80-х гг. XX века [5].

По разным оценкам в настоящее время на территории земель сельскохозяйственного назначения Волгоградской области имеется около 130 тыс. га ЗЛН. Наибольшую ценность для аграрного производства и сохранения плодородия пахотных земель имеют полезащитные лесные полосы (ПЗЛП, 70 тыс. га) и противоэрозионные насаждения (ПЗЛН, около 30 тыс. га), созданные в виде линейных посадок на границах полей севооборотов и земель гидрографического фонда. Кроме того, на орошаемых землях - 1 тыс. га, песках и аридных пастбищах - 20, по берегам рек - 2, зеленые зоны - 3 тыс. га. Отсюда и защищенность сельхозугодий относительно низкая: от 2,1 % (Урюпинский район) до 0,03 % (Ленинский район), а средняя по области составляет всего лишь 1,4 %, или в 3-4 раза меньше нормы.

Состояние созданных в регионе ЗЛН неоднородное и зависит от почвенно-грунтовых и климатических условий, видового состава, технологии и агротехники выращивания.

Результаты и обсуждение. Экспедиционные обследования ЗЛН сотрудниками ФНЦ агроэкологии РАН (ФНЦ, быв. ВНИАЛМИ) показали, что старовозрастные насаждения, созданные в 40-50 гг., отличаются многорядностью (9-16 рядов), неширокими (1,5-2,0 м) междурядьями с преобладанием твердолиственных пород (дуб, ясень, вяз приземистый и шершавый, клен остролистный), большим участием кустарников (карагана, жимолость, скумпия, аморфа, смородина золотая, роза и др.) и наличием опушек из самосева шириной 5-7 м с обеих сторон полос. Они имеют непродуваемую конструкцию, высокую сомкнутость полога и сохраняют лесную среду. В лучшем состоянии находятся дуб, вяз приземистый (мелколистный), клен остролистный, робиния. Ясень обыкновенный на легких почвах заметно уступает в росте дубу. Недолговечными породами являются клен американский (ясенелистный) и вяз шершавый. В местах их большого участия в древостое образовались окна и сильно захламленные, пожароопасные участки. Устойчивые насаждения высотой 4-4,5 м образует карагана. В целом состояние полезащитных полос послевоенного периода ухудшается из-за отсутствия лесоводственных уходов и самовольной рубки деревьев главных пород, в особенности дуба [4].

Полезащитные полосы, созданные в 60-80 гг., имеют 6-8 рядов с шириной междурядья 3-4 м, состоят из одной-двух главных пород (вяз приземистый, ясень, реже береза, сосна, дуб) и ряда смородины золотой. Недостаток ухода за почвой привел к их сильному задернению и раннему торможению роста насаждений. 25-35-летние древостой вяза, ясеня и березы распадаются.

Приовражные полосы состоят из 7-12 рядов, размещенных через 1,5-3 м. Преобладают белоакациевые и белоакациево-кленовые насаждения с опушками из рядов смородины.

Вследствие недостатка агротехнических уходов ряды деревьев не сомкнулись кронами и не смогли создать лесную среду. Сильное задержание почвы привело к их активному отмиранию и преждевременной деградации насаждений. В целом своевременно несомкнувшиеся насаждения находятся в критическом состоянии (угнетены и прекратили рост, или уже погибли) на 50-90 % площади и нуждаются в замене на более устойчивые породы.

Хорошо сохранились лишь немногочисленные полнотные насаждения из акации белой, из акации и клена, клена и дуба, редко из вяза. Но на тяжелых каштановых почвах по границе с гидрографической сетью они также угнетены и нуждаются в проведении уходов.

Насаждения, созданные в 70-е годы на солонцах и комплексных светло-каштановых почвах, в большинстве случаев сохранились в виде фрагментов из 1-4 рядов длиной от нескольких метров до нескольких сотен метров и отдельно стоящих деревьев на лучших по лесорастительным условиям участках. Насаждения этого периода посадки в своем большинстве не смогли образовать сомкнутого полога и противостоять задержанию почвы, ускорившего их распад.

Основными причинами неудовлетворительного состояния ЗЛН являются несоответствие между генетически обусловленными биологическими свойствами растений и почвенно-гидрологическими условиями, наличием солонцов и близкое залегание солевых горизонтов, неправильный подбор ассортимента. Из-за периодически повторяющихся в регионе жестких климатических ситуаций отмечено массовое усыхание насаждений на каштановых почвах с участием дуба, березы, вяза приземистого, лоха узколистного, робинии лжеакации, абрикоса, гледичии и др. В то же время в этой критической ситуации практически не пострадали ясень ланцетный, вяз граболистный (берест), вяз обыкновенный, клен татарский, груша лесная и многие кустарниковые виды (карагана, скумпия, смородина золотая, жимолость, аморфа и др.). На фоне усохших растений выделяются сохранившиеся морозоустойчивые особи робинии и гибридных форм вязов.

Долговечность ЗЛН в значительной мере связана с их конструкцией, влияющей на обеспеченность посадок влагой. В насаждениях без кустарников нередко наблюдаются выдувание снега, а следовательно, иссушение верхних горизонтов почвы, расстройство насаждений и ухудшение их состояния.

Для обеспечения необходимого лимита влаги растениям в регионе целесообразно создавать ажурную конструкцию лесных полос с участием до 25 % кустарников, обеспечивающих снегораспределение на полях и в лесных насаждениях. Введение засухо- и солеустойчивых кустарников позволит продлить жизнь ЗЛН, так как кустарниковая форма жизни более приспособлена для выживания в экстремальных условиях. На комплексных почвах кустарники в 1,5-2 раза долговечнее древовидных форм.

Значительные площади ЗЛН требуют улучшения, часть насаждений пострадала от пожаров. На 75 % площади лесополос области требуются санитарные рубки, которые предусматривают удаление больных, пораженных вредителями и болезнями деревьев, также необходимо проведение порослевозобновительных рубок на площади 17 тыс. га. Особенно это необходимо сделать в первую очередь в южных и юго-восточных районах области со светло-каштановыми почвами. Требуется провести омоложение кустарников и обрезку части деревьев лесных насаждений с целью формирования лесных опушек.

Лесохозяйственные работы ежегодно необходимо проводить на площади более 4 тыс. га. На всей площади существующих защитных лесонасаждений, особенно молодых, необходимо систематическое проведение уходов за почвой в междурядьях и в опушках лесных полос.

Ежегодно в защитных насаждениях наблюдается массовое размножение хвое- и листогрызущих вредителей (дубовая зеленая листовертка и рыжий сосновый пилильщик, дающие хронические очаги, а также непарный шелкопряд, обыкновенный сосновый пилильщик, зимняя пяденица, златогузка, американская белая бабочка, ильмовый листоед, образующие периодические очаги). На одно дерево приходится от 2,0 до 8,0 тыс. вредящих особей. Они полностью уничтожают листву, и деревья длительный период находятся в безлиственном состоянии.

В дубовых посадках выявлено широкое распространение сосудистого микоза. Вяз в этих условиях сильно поражается голландской болезнью. Встречается ряд других инфекционных болезней. В результате сильного поражения фитопатогенами происходит катастрофическое усыхание деревьев.

Подводя итоги основных причин ранней депрессии и гибели ЗЛН в регионе, можем заключить, что повышение устойчивости и долговечности лесомелиоративных насаждений должно быть достигнуто осуществлением комплекса экологических, биологических, технологических и агротехнических мероприятий, базирующихся на анализе негативных причин их угнетенного состояния и гибели.

В связи с мозаичностью лесорастительных условий ЗЛН любого назначения целесообразно выращивать дифференцированно, в строгом соответствии с лесопригодностью почв. Закладке ЗЛН должны предшествовать тщательные проектные изыскания по трассе будущей лесной полосы с четким выделением участков по группам их лесопригодности. Дифференцированный метод предполагает в процессе прохода посадочного агрегата на каждом выделенном участке высаживать соответствующий ассортимент в зависимости от лесорастительных условий.

На лесопригодные территории, образующие разрывы в ЗЛН, целесообразно отводить под посадку кулис из тамарикса и других соле- и засухоустойчивых многолетних растений. При необходимости создания полнопрофильного насаждения на отдельных участках целесообразно проводить коренную мелиорацию.

Повысить жизнеспособность и долговечность ЗЛН в регионе возможно путем селекции, направленной на выявление и внедрение экотипов форм и особей, сохранившихся после экстремальных лет и адаптированных к этой экологической обстановке.

Принимая во внимание, что Волгоградская область находится в зоне критического сельскохозяйственного производства подверженной деградации и опустыниванию, ЗЛН следует рассматривать как неотъемлемое звено системы земледелия и первооснову в ландшафтной организации сельскохозяйственной территории.

Кроме того, существуют и организационно-законодательные проблемы в системе защитного лесоразведения: нет четкой стратегии и законодательной базы в сфере создания и обслуживания ЗЛН на полях в связи с дроблением бывших колхозов и совхозов и образованием акционерных обществ, фермерского сектора.

Отсутствует ясность в том, каким образом проводить крупномасштабную адаптивно-ландшафтную организацию территории с применением лесомелиорации в условиях с разной формой хозяйствования и разновеликости хозяйств. Не ясны здесь и условия финансирования.

Нет организационно-экономической базы для рентной оценки земель с созданной системой ЗЛН, учета этой ренты в финансовых показателях хозяйств и механизма целевого использования амортизационных отчислений с балансовой стоимости полезащитных лесных насаждений.

Учитывая вышеизложенные проблемы, ученые ВНИАЛМИ, совместно с комитетом лесного хозяйства разработали «Стратегию развития защитного лесоразведения РФ на период до 2025 года» [6]. Затем на её основе областной администрации была представлена аналогичная стратегия и программа до 2020 года для области [5].

Основными задачами программы являются разработка комплекса агролесомелиоративных мероприятий, обеспечивающих оптимизацию агроландшафтов; улучшение качества природной среды и поверхностных водоисточников; защита сельскохозяйственных угодий от водной и ветровой эрозии; борьба с опустыниванием; рациональное использование биоклиматического потенциала, получение стабильных урожаев, повышение плодородия почв; создание единой системы ЗЛН Волгоградской области.

Сроки реализации подпрограммы 2014-2020 гг. с общим объемом финансирования 27 млрд 126 млн рублей.

Необходимые объемы создания ЗЛН по районам Волгоградской области, по их видам и по зонам составляют 200 тыс. га. Общая стоимость работ – 15 млрд рублей (таблица 1).

В программе определен объем рубок ухода в ЗЛН по районам области на сельскохозяйственных землях на площади 93 тыс. 807 га (таблица 2).

Стоимость общего объема реконструкции ранее созданных насаждений на площади 130 тыс. га составляет 8 млрд 920 тыс. рублей. Лесохозяйственные работы в ПЗЛП и ПЭЛН должны выполняться собственниками, владельцами земель, на которых они расположены, или специализированными производственными предприятиями лесного профиля по найму.

Отчисления от дохода, полученного вследствие заготовки древесины в насаждениях лесных полос, следует рассматривать как один из источников погашения затрат на их содержание и воспроизводство.

Таблица 1 – Объемы создания ЗЛН по районам Волгоградской области, га

Table 1 – Protective forest plantations creation volumes by districts of the Volgograd region, ha

Административный район / Administrative district	Насаждения / Forest plantations					
	полеза- щитные/ protective	проти- возро- ззионные/ erosion control	на песках и аридных пастбищах/ on the sands, and arid pas- tures	по бере- гам малых рек/ along the small riv- ers banks	вокруг городов и других насе- ленных пунктов/ вокруг городов и других насе- ленных пунктов	всего/ total
Степная зона южных и обыкновенных черноземов / The ordinary and southern chernozems steppe zone						
11 районов / 11 districts	15677	20188	15335	3180	546	54926
Сухостепная зона темно-каштановых почв / Dry-steppe zone of dark chestnut soils						
6 районов / 6 districts	14301	15731	14047	1440	238	45757
Сухостепная зона каштановых почв / Dry-steppe zone of chestnut soils						
12 районов / 12 districts	23384	20657	35789	2885	1448	84163
Полупустынная зона светло-каштановых почв / Semi-desert zone of light chestnut soils						
3 района / 3 districts	3320	4093	3861	151	175	11600
Волго-Ахтубинская пойма / Volga-Akhtuba floodplain						
1 район / 1 district	1545	1227	610	160	12	3554
Итого / Summary	58227	61896	69642	7816	2419	200000

Таблица 2 – Объемы рубок ухода в ЗЛН на сельскохозяйственных землях, га

Table 2 – Volumes of thinning in Protective forest plantations on agricultural lands, ha

Наименование Районов / Districts	Всего в 2014-2020 гг. / Total in 2014-2020-s	2014 г.	2015 г.	2016-2020 гг.
33 района и 2 города / 33 districts and 2 cities	93807	4964	9655	79188

В программу входят мероприятия по улучшению лесопатологического состояния насаждений на площади 6570 га и стоимостью работ 79 млн рублей, а также мероприятия по пожарной безопасности на 35 тыс. км оценивающиеся в 364 млн руб.

Для осуществления всего объема запланированных программой работ определена потребность в основных технических средствах. Общее количество машин составляет 3940 единиц техники стоимостью 1 млрд 974 млн рублей.

Создаваемые в рамках подпрограммы ЗЛН могут быть в федеральной, региональной и муниципальной собственности, а также в собственности юридических лиц. Вместе с тем необходимо усовершенствовать законодательную базу агролесомелиорации и защитного лесоразведения, в частности внести в закон о мелиорации изменения и поправки, касающиеся урегулирования вопросов управления ЗЛН, и принятие федерального закона о защитном лесоразведении. В условиях многоукладной экономики большое значение имеет организационно-управленческое обеспечение создания и содержания ЗЛН, поскольку это связано с изъятием пахотных, пастбищных и других угодий и переводом их в земли, занятые древесно-кустарниковой растительностью.

Теперь о самом главном. Программа была разработана в 2013 году по заказу областной администрации и одобрена ею. Однако дальнейшие работы по её реализации на землях сельскохозяйственного назначения практически не велись в силу как объективных, так и субъективных причин. За это время область потеряла около 13 200 га ЗЛН по данным аэрокосмического мониторинга ФНЦ. Ситуация критическая. Если сейчас не начать работы по реконструкции старых и созданию новых ЗЛН, то через 10-20 лет мы можем потерять значительную (около 48 %) часть насаждений. Последствия от такой «деятельности» не заставят себя долго ждать. Засухи, суховеи, пыльные бури, эрозия у нас частые гости. Относительно недавний пример – пыльные бури весной 2015 года, пролетевшие практически над всеми районами области и принесшие ущерб на сотни млн руб. [3]. Только в последние два года среди руководителей хозяйств и отдельных фермеров начинает появляться понимание важности агролесомелиорации. Их усилиями стали проводиться посадки небольших площадей ПЗЛП. Это вселяет определенный оптимизм, но нужна активная поддержка со стороны областных структур [2].

Несколько слов об озеленении городов и поселков.

Зеленый фонд г. Волгограда представлен в настоящее время насаждениями, посаженными в основном в 60-70-е годы 20 века. Площадь их в г. Волгограде 1134,0 га. В среднем на 1 жителя города приходится 10,8 м² зеленых насаждений (норма для промышленных городов 25-40 м).

Однако существующие системы зеленых насаждений в Волгограде и области не выполняют своих функций в формировании и оздоровлении городской среды. Первая и наиболее объективная причина – недостаточное количество зеленых насаждений на одного жителя и неравномерное их распределение. Они посажены по нормативам, разработанным давно, ориентированным на меньший уровень загрязнения, и поэтому не выполняют задачу оздоровления окружающей среды применительно к современным условиям. Вторая причина заключается в низком качестве их устройства и содержания. Третья причина – отставание в создании санитарно-защитных зеленых зон вокруг промышленных предприятий.

К вышеобозначенному следует добавить, что за последние годы темпы озеленительных работ резко снизились. Кроме того, в связи с отводом площадей с зелеными насаждениями под застройку наблюдается тенденция снижения их общей площади. Резко упала и активность населения в зеленом строительстве, работах по благоустройству и поддержанию санитарного порядка.

Современное состояние озеленения г. Волгограда и области не отвечает научно-обоснованным требованиям. Насаждения бедны по составу, структуре и не выполняют в большинстве своем ни санитарных, ни экологических, ни эстетических функций.

В городах и поселках засушливого региона необходимо с особым вниманием заниматься подбором ассортимента для озеленительных пространств. Достижения ВНИАЛМИ по интродукции и селекции декоративных деревьев и кустарников дают широкие возможности использования видов достаточно приспособленных к местным условиям. Питомники ФНЦ (Волгоградский и Камышинский) рекомендуют адаптированный стандартный посадочный материал деревьев и кустарников более 80 наименований. Но несоблюдение рекомендаций ученых по ассортименту деревьев и кустарников дает очень низкую (25-30 %) приживаемость существующих посадок.

В целях совершенствования структуры управления зеленым хозяйством Волгоградской области, усиления озеленительных служб и улучшения их координации работы и финансирования для проведения единой политики по озеленению необходимо создать единую структуру управления зелеными насаждениями, обеспечить кадрами специалистов, машинами, оборудованием и механизмами.

Выводы. Все вышеизложенное позволяет сделать выводы и внести следующие предложения:

- в целях развития защитного лесоразведения в области необходимо усовершенствовать законодательство о защитном лесоразведении в Волгоградской области, в котором определить форму собственности на ЗЛН, предусмотреть ответственность землепользователей за их сохранность, страхование ЗЛН, стимулирование агролесомелиоративных работ;

- начать полноценные работы по реализации программы развития защитного лесоразведения области, доведя площадь ЗЛН до научно-обоснованной нормы, в первую очередь создавая их в хозяйствах, где проведено новое землеустройство на адаптивно-ландшафтной основе;

- сформировать на областном и районном уровнях агролесомелиоративные службы;

- выделить средства для подготовки новых рекомендаций по созданию систем ЗЛН и для разработки проектов озеленения населенных пунктов и их реализации на адаптивно-ландшафтной основе и современных научных достижений с учетом разработанного ВНИАЛМИ селекционно-улучшенного ассортимента древесных и кустарниковых пород;

- в рамках программы социально-экономического развития Волгоградской области выделить средства для создания на базе ФНЦ агроэкологии лесопитомника для обеспечения города и области сеянцами древесных и кустарниковых пород многоцелевого назначения, адаптированных к местным условиям.

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. 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.

3. Кулик К. Н. Дубенок Н. Н. Пыльные бури на Нижней Волге весной 2015 года // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 1. С. 4-6.

4. 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.

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

6. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года / К. Н. Кулик, А. Л. Иванов, А. С. Рулев [и др.] // ФНИЦ агроэкологии РАН. Волгоград, 2018. 36 с.

7. Forecast assumption and analysis of the development of protective afforestation in the Volgograd region / K. N. Kulik, A. T. Barabanov, A. S. Manaenkov, A. K. Kulik // Studies on Russian Economic Development. 2017. N. 28(6). P. 641-647. doi:10.1134/S1075700717060053

8. Kulik K. N., Barabanov A. T., Manaenkov A. S. Forecasting the development of protective afforestation in Russia until 2020 // Studies on Russian Economic Development. 2015. N. 26(4). P. 351-358. doi:10.1134/S1075700715040073

9. 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. doi:10.1134/S2079096115040058

10. 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. doi:10.3103/S1068373918090078

11. Kulik K. N., Rulev A. S., Yuferev V. G. (2015) Geoinformation analysis of desertification dynamics in the territory of Astrakhan oblast // Arid Ecosystems. 2015. N.5(3). P. 134-141. doi:10.1134/S2079096115030087

Conclusion. All of the above allows us to draw the following conclusions and suggestions:

- in order to develop protective afforestation in the region, it is necessary to improve legislation on protective afforestation in the Volgograd Region, in which to determine the form of ownership of the forest land, provide for the responsibility of land users for their safety, insurance of forest lands, and stimulation of agroforestry;

- to begin full-fledged work on the implementation of the program for the development of protective afforestation of the region, bringing the area of forest lands to scientifically based standards, first of all, creating them in farms where new land management was carried out on an adaptive-landscape basis;

- to form agroforestry services at the regional and district levels;

- to allocate funds for the preparation of new recommendations on the creation of ZLN systems and for the development of landscaping projects for settlements and their implementation on an adaptive-landscape basis and modern scientific achievements, taking into account the selection-improved selection of tree and shrub species developed by VNIALMI;

- within the framework of the program of socio-economic development of the Volgograd region, to allocate funds for the creation of a forest nursery on the basis of the Federal Research Center for Agroecology to provide the city and the region with multipurpose seedlings of wood and shrub species adapted to local conditions.

References

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. Kulik K. N. Zashitnoe lesorazvedenie i agrolesomeliaciya v Rossii: nachalo novogo etapa // Agro[kologiya, melioraciya i zashitnoe lesorazvedenie: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Volgograd, 18-20 oktyabrya 2018 g. Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2018. P. 6 - 10.

3. Kulik K. N. Dubenok N. N. Pyl'nye buri na Nizhnej Volge vesnoj 2015 goda // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2016. № 1. P. 4-6.
4. Manaenkov A. S. Razvitie osnov stepnogo i zaschitnogo lesorazvedeniya: teoreticheskie, prikladnye aspekty i zadachi v sovremennyh usloviyah // Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Jekologiya. Prirodopol'zovanie. 2016. № 2 (30). P. 5-23.
5. Strategiya razvitiya zaschitnogo lesorazvedeniya v Volgogradskoj oblasti na period do 2025 goda / K. N. Kulik [i dr.]. Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2017. 39 p.
6. Strategiya razvitiya zaschitnogo lesorazvedeniya v Rossijskoj Federacii na period do 2025 goda / K. N. Kulik, A. L. Ivanov, A. S. Rulev [i dr.] // FNC agrojekologii RAN. Volgograd, 2018. 36 p.
7. Forecast assumption and analysis of the development of protective afforestation in the volgograd region / K. N. Kulik, A. T. Barabanov, A. S. Manaenkov, A. K. Kulik // Studies on Russian Economic Development. 2017. N. 28(6). P. 641-647. doi:10.1134/S1075700717060053
8. Kulik K. N., Barabanov A. T., Manaenkov A. S. Forecasting the development of protective afforestation in russia until 2020 // Studies on Russian Economic Development. 2015. N. 26(4). P. 351-358. doi:10.1134/S1075700715040073
9. 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. doi:10.1134/S2079096115040058
10. 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. doi:10.3103/S1068373918090078
11. Kulik K. N., Rulev A. S., Yuferev V. G. (2015) Geoinformation analysis of desertification dynamics in the territory of astrakhan oblast // Arid Ecosystems. 2015. N.5(3). P. 134-141. doi:10.1134/S2079096115030087

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

Manaenkov Alexander Sergeevich, chief researcher at the Laboratory for Forest Reclamation and Forestry Problems of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky pr. 97), Doctor of Agricultural Science

Kuzenko Alexander Nikolaevich, Deputy Chairman of the Committee of Natural Resources, Forestry and Ecology of the Volgograd Region (102, V.I. Lenin Ave., Volgograd, Russian Federation, 400078), E-mail: oblcompriroda@volganet.ru

Salugin Aleksandr Nikolaevich, Chief Researcher, Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes and Adaptive Nature Management, Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (97, Universitetsky pr., Volgograd, Russian Federation, 400062)

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: kulikkn@yandex.ru

Манаенков Александр Сергеевич, главный научный сотрудник лаборатории лесной мелиорации и лесохозяйственных проблем ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук.

Кузенко Александр Николаевич, заместитель председателя комитета природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области (РФ, 400078, г. Волгоград, пр-т им. В.И. Ленина, 102), E-mail: oblcompriroda@volganet.ru

Салугин Александр Николаевич, главный научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук.

ON THE ISSUE OF METHODOLOGICAL AND METHODICAL FUNDAMENTALS OF RESEARCH ON HYDROLOGICAL ASSESSMENT OF SOIL PROTECTION MEASURES

A. T. Barabanov

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

Received 18.02.2020

Submitted 18.03.2020

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

Summary

The article presents the results of an experimental evaluation of the flow-regulating role of anti-erosion techniques by two methods: direct determination of runoff at runoff sites and by soil moisture determined by the thermostatic-weight method. The results of the research showed that for this purpose it is necessary to use the method of runoff sites; the thermostatic-weight method should play an auxiliary role for assessing the overall moisture content of the soil.

Abstract

Relevance. The question of methods of erosion and hydrological research in landscape agriculture is of great importance. The methodological basis of research in anti-erosion land reclamation is a system of methods borrowed from different Sciences: agriculture, soil science, agroforestry, hydrology, chemistry, mathematics, physics, geography, etc., modified and adapted in accordance with the set goals and objectives. Currently, two main areas are mainly used: statistical and genetic. Statistical methods play an important role in research, especially when there is little initial data to create a theory. The main weakness of these methods is the difficulty of knowing the Genesis of the process, identifying theoretical dependencies, and therefore the complexity of managing hydrological processes. Genetic methods make it possible to identify patterns of phenomena and processes based on the influence of all factors on them. We used this approach to identify patterns of melt water runoff formation. **Object.** The object of the study was the methods of hydrological assessment of the effectiveness of anti-erosion measures. **Materials and methods.** Evaluation of the effectiveness of anti-erosion measures was carried out using two methods: the method of runoff sites and the thermostatic-weight method for determining soil moisture. Based on the results of field and laboratory experiments, a comparative assessment of these methods was given. **Results and conclusions.** The main indicators for its assessment are snow reserves, moisture, freezing and thawing of the soil, runoff, flushing, erosion and accumulation, etc. Based on this, appropriate research methods are also used. Two different methods are used to characterize surface runoff and assess the flow-regulating role of individual anti-erosion techniques and their combinations: water-balance, which includes the method of runoff sites, and the method of determining runoff from soil moisture. Until now, many researchers believe that the use of both methods for these purposes is equivalent, while the results obtained by these methods are often contradictory and incomparable. Studies on gray forest soils of the Oryol region, leached chernozems of the Kursk region, and light chestnut soils of the Volgograd region have shown that the results of determining the amount of meltwater runoff and water leaked into the soil do not agree with each other by two methods. When determining water reserves in snow and accounting for water consumption in a spillway, a large number of measurements are usually made (50-300), which provides sufficient accuracy of the study (about 2-5 %) and allows for the difference between snow water reserves and runoff to determine the volume of water absorption fairly accurately and thus give a reliable assess-

ment of the flow-regulating role of the studied method with high accuracy. A different position is taken when assessing soil moisture by determining humidity using the thermo-static-weight method. The natural variation in soil moisture is quite large, and the moisture in the soil is distributed very unevenly. The nature of its distribution is not related to the characteristics of the types of arable land, but to the heterogeneity of the lithological structure of the soil. The most evenly distributed moisture in the arable layer. In deeper layers, composed of alternating layers of light soils (sand and sandy loam) and heavy (clay) granulometric composition, humidity curves become sawtooth shape. Since the power and depth of different layers varies greatly in different, even closely located points, repeated drilling gives similar, but different results. In other words, the change in soil moisture is not so much due to its temporary changes, but rather to spatial variations in the granulometric composition. Analysis of currently used methods for assessing meltwater runoff from literature data, as well as our studies have shown that based on the determination of soil moisture, it is impossible to assess the flow-regulating role of anti-erosion techniques, and especially the soil protection system as a whole. For this purpose, it is necessary to use the method of runoff sites, and the thermostatic-weight method for determining soil moisture should play an auxiliary role for assessing the overall moisture content of the soil.

Keywords: *methodological approaches, meltwater runoff, soil moisture, variational and statistical analysis, erosion control techniques.*

Citation. Barabanov A. T. On the issue of methodological and methodological fundamentals of research on the hydrological role of soil protection measures. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 34-43 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-03.

УДК 631.6.02

К ВОПРОСУ О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ И МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВАХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ РОЛИ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

А. Т. Барабанов, доктор сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 18.02.2020

Дата принятия к печати 18.03.2020

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

Актуальность. Вопрос о методах эрозионных и гидрологических исследований в ландшафтном земледелии имеет очень большое значение. Методологической основой исследований в противоэрозионной мелиорации является система методов, заимствованных из разных наук: земледелия, почвоведения, агролесомелиорации, гидрологии, химии, математики, физики, географии и др., – модифицированных и адаптированных в соответствии с поставленными целями и задачами. Сейчас в основном применяются два основных направления: статистический и генетический. Статистические методы играют важную роль в исследованиях, тем более когда мало исходных данных для создания теории. Основной слабой стороной этих методов является затруднение познания генезиса процесса, выявления теоретических зависимостей, а поэтому и сложности в управлении гидрологическими процессами. Генетические методы дают возможность выявлять закономерности явлений и процессов на основе учёта влияния на них всех факторов. Этот подход мы использовали для выявления закономерности формирования стока талых вод. **Объект.** Объектом исследования были методы гидрологической оценки эффективности противоэрозионных мероприятий. **Материалы и методы.** Оценка эффективности противоэрозионных мероприятий осуществлялась двумя

методами: метод стоковых площадок и термостатно-весовой метод определения влажности почвы. На основе результатов полевых и лабораторных опытов давалась сравнительная оценка этих методов. **Результаты и выводы.** Основными показателями для ее оценки являются снегозапасы, увлажнение, замерзание и оттаивание почвы, сток, смыв, размыв, аккумуляция и др. Исходя из этого применяются и соответствующие методы исследований. Для характеристики поверхностного стока и оценки стокорегулирующей роли отдельных противоэрозионных приемов, их сочетаний применяют два разных метода: водно-балансовый, который включает метод стоковых площадок, и метод определения стока по влажности почвогрунтов. До сих пор многие исследователи считают, что применение обоих методов для указанных целей равнозначно, между тем результаты, получаемые этими методами, часто противоречивы и несопоставимы. Исследования на серых лесных почвах Орловской области, выщелоченных черноземах Курской области и светло-каштановых почвах Волгоградской области показали, что результаты определения величины стока талых вод и просочившейся в почву воды двумя методами не согласуются между собой. При определении запасов воды в снеге и учете расходов воды на водосливе обычно производят большое количество измерений (50-300), что обеспечивает достаточную точность исследования (около 2-5 %) и позволяет по разности между запасами снеговой воды и стоком довольно точно определить объем водопоглощения и дать надежную оценку стокорегулирующей роли изучаемого приема с высокой точностью. Иное положение складывается при оценке увлажнения почвы с помощью определения влажности термостатно-весовым методом. Естественная вариация влажности почвогрунта довольно велика, влага в почве распределяется крайне неравномерно. Характер ее распределения связан не с особенностями видов пашни, а с неоднородностью литологического строения почвогрунта. Наиболее равномерно влага распределяется в пахотном слое. В более глубоких слоях, сложенных чередующимися прослойками грунтов легкого (пески и супеси) и тяжелого (глины) гранулометрического состава, кривые влажности приобретают пилообразную форму. Поскольку мощность и глубина залегания разных прослоек сильно изменяется в разных, даже близко расположенных точках, то повторные бурения дают хотя и похожие, но различные результаты. Иными словами, изменение влажности почвы связано не столько с ее временными изменениями, сколько с пространственными вариациями гранулометрического состава. Анализ применяемых в настоящее время методов оценки стока талых вод по литературным данным, а также наши исследования показали, что на основе определения влажности почвы нельзя дать оценку стокорегулирующей роли противоэрозионных приемов и тем более почвозащитной системы в целом. Для этой цели необходимо применять метод стоковых площадок, а термостатно-весовой метод определения влажности почвы должен играть вспомогательную роль для оценки общего увлажнения почв.

Ключевые слова: почвозащитные мероприятия, сток талых вод, влажность почвы, вариационно-статистический анализ, противоэрозионные приемы.

Цитирование. Барабанов А. Т. К вопросу о методологических и методических основах исследований гидрологической роли почвозащитных мероприятий. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 34-43. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-03.

Введение. Вопрос о методах эрозионно-гидрологических исследований имеет большое значение. В гидрологии сейчас широко распространены два главных направления: статистическое и генетическое. Статистические методы основываются на законе больших чисел и допущении случайности проявления гидрологических процессов. Эти методы сыграли большую роль в гидрологии, особенно при недостатке исходных материалов для теоретических исследований, но они имеют ряд существенных недостатков, главный из которых – невозможность познания генезиса процесса, выявления причинно-следственных связей, а отсюда и невозможность регулирования и управления процессами. Статистические методы позволяют вести приближенные гидрологические расчеты. В 30-е гг. XX в. В. Г. Глушков выдвинул идею географо-гидрологического метода, базирующегося на генетической основе с учетом влияния всех факторов. Этот метод в дальнейшем получил широкое развитие и стал основным в гидрологии. Однако статистические ме-

тоды играют еще большую роль, особенно при изучении поверхностного стока с сельскохозяйственных угодий (сельскохозяйственная гидрология), оценке эффективности противоэрозионных приемов и др.

Материалы и методы. В наших исследованиях и при анализе материалов мы использовали и статистический, и генетический подходы. Статистические методы мы применяли для оценки поверхностного стока разной вероятности превышения с сельскохозяйственных угодий, выявления стокорегулирующей, противоэрозионной и агрономической эффективности различных приемов, элементов противоэрозионного комплекса и их сочетаний и др. При этом мы получаем сравнительную интегральную оценку приемов, но нам неизвестно, почему один прием эффективнее другого, как он влияет на показатели эффективности другого и на какие рычаги воздействовать, чтобы совершенствовать приемы. Поэтому, наряду со статистическими, мы применяли и генетические методы. Генетический подход мы использовали и при изучении закономерности формирования стока и эрозии. Дело в том, что характер формирования стока, процессов смыва, урожая сельскохозяйственных культур – главных показателей оценки антропогенного воздействия – обусловлен многими природными факторами (снегозапасы, характер увлажнения и промерзания почвы, погодные условия и др.) и хозяйственной деятельностью людей, действующими в совокупности. Антропогенное воздействие на эрозионно-гидрологические процессы и сельскохозяйственные культуры осуществляется через эти природные факторы. Нам важно знать не только степень того или иного воздействия, но и как, через какие факторы и показатели оно происходит. Это позволяет научиться управлять процессами, разрабатывать новые приемы борьбы с эрозией почв.

Основными показателями для оценки мелиоративной эффективности противоэрозионных мероприятий являются снегозапасы, увлажнение, замерзание и оттаивание почвы, сток, смыв, размыв и аккумуляция и др. Исходя из этого, применялись и соответствующие методы исследований. Снегоотложение характеризовалось на основе проведения снегомерных съемок, для оценки увлажнения почвы применялся термостатно-весовой метод, замерзание и оттаивание почвы определялись как непосредственно путем бурения и выкопки шурфов, так и по мерзлотомерам Данилина. Сток талых вод определялся на стоковых площадках и водосборах, смыв почв, размыв и аккумуляция – по мутности талой воды и по методу водоройн. При этом проводили наблюдения и определения метеорологических показателей (температура, влажность воздуха, осадки, ветер, облачность и др), объемной массы почвы, питательного режима, урожайности сельскохозяйственных культур, роста древесных пород.

Результаты и обсуждение. К настоящему времени накоплен большой материал по противоэрозионной, стокорегулирующей и агрономической эффективности отдельных приемов: лесных полос, приемов обработки почвы, севооборотов, гидротехнических сооружений [1–7, 10, 11]. Вопросам комплексного воздействия почвозащитных приемов посвящено мало работ, и в основном они касаются совместного влияния двух элементов комплекса. Сочетание лесных полос с простейшими гидротехническими сооружениями и агротехническими мероприятиями изучали многие исследователи [3, 7, 9]. Полный же комплекс противоэрозионных мероприятий изучался недостаточно, и почти не ставилась задача выявления роли каждого элемента во взаимосвязи. Применение статистического, генетического методов и элементов системного подхода, проведение многофакторных исследований позволили выявить не только влияние отдельных природных и антропогенных факторов на эрозионно-гидрологические процессы, но и дать оценку методическим подходам по их исследованию. В связи с тем, что методы исследований подробно изложены во многих работах, здесь мы остановимся на анализе и оценке главных пока-

зателей эффективности противоэрозионного комплекса: стока талых вод и влажности почвы. Для гидрологического обоснования противоэрозионного комплекса необходимо изучение вопроса о влиянии его на гидрологический режим территории и в первую очередь на поверхностный сток талых вод. Гидрологическим исследованиям посвящено много работ, и они имеют довольно длительную историю. Они в основном посвящены гидрологии рек. Исследованию поверхностного стока на сельскохозяйственных угодьях в связи с влиянием природных и антропогенных факторов уделялось меньше внимания [4, 5, 7, 8]. При этом применяют два разных метода: водно-балансовый, который включает метод стоковых площадок, и метод оценки стока по влажности почвогрунтов. Эти методы до настоящего времени применяются как для характеристики поверхностного стока, так и для оценки стокорегулирующей роли отдельных противоэрозионных приемов, их сочетаний и целых комплексов.

С целью оценки этих двух методов мы проанализировали литературные данные и провели специальные исследования. Большинство исследователей полагают, что применение обоих методов для указанных целей равнозначно, между тем результаты, получаемые этими методами, часто противоречивы и несопоставимы. Данные по влажности почв обычно используются для выявления эффективности различных противоэрозионных приемов, для прогнозирования стока и др. Иногда делаются попытки определить на основании изменения влажности почвы показатели стока талых вод, что неправомерно.

По данным Е. А. Гаршинёва [3], осуществившего математическую обработку экспериментальных материалов, обычно при существующих способах измерения различных гидрологических показателей (высота и плотность снега, напор воды на водосливе, ее объем и др.) получается довольно низкая относительная ошибка (0,2-2,0 %, редко 5-10 %), и достоверность результатов определяется в первую очередь объемом выборки. При определении запасов воды в снеге и учете расходов воды на водосливе обычно производят большое количество измерений (50-300), что обеспечивает достаточную точность исследования (около 2-5 %) и позволяет по разности между запасами снеговой воды и стоком довольно точно определить объем водопоглощения (испарение за период снеготаяния очень мало и его можно не учитывать) и, таким образом, дать надежную оценку стокорегулирующей роли изучаемого приема с высокой точностью.

Иное положение складывается при оценке увлажнения почвы с помощью определения влажности термостатно-весовым методом. Естественная вариация влажности почвогрунта довольно велика, что наглядно показано на рисунке. Здесь представлены кривые изменения влажности почвогрунта на разных видах пашни (зябь обычная и заборонованная, озимые, многолетние травы) на светло-каштановых почвах Волгоградской области. Анализ этих кривых показывает, что влага в почве распределяется крайне неравномерно. Характер ее распределения связан не с особенностями видов пашни, а с неоднородностью литологического строения почвогрунта. Наиболее равномерно влага распределяется в пахотном слое. В более глубоких слоях, сложенных чередующимися прослойками грунтов легкого (пески и супеси) и тяжелого (глины) гранулометрического состава, кривые влажности приобретают пилообразную форму. Поскольку мощность и глубина залегания разных прослоек сильно изменяется в разных, даже близко расположенных точках, то повторные бурения дают хотя и похожие, но различные кривые влажности. Иными словами, изменение формы этих кривых связано не столько с временными изменениями влажности, сколько с пространственными вариациями гранулометрического состава.

Осуществленная Е. А. Гаршиным [3] статистическая обработка данных по 12 скважинам, пробуренным на серых лесных почвах Орловской области (таблица 1) показывает, что 2-5-кратная повторность бурения скважин обеспечивает хорошую точность лишь при уровне доверительной вероятности $P = 68 \%$, т. е. примерно в двух случаях из трех, что допустимо только в разведочных экспериментах.

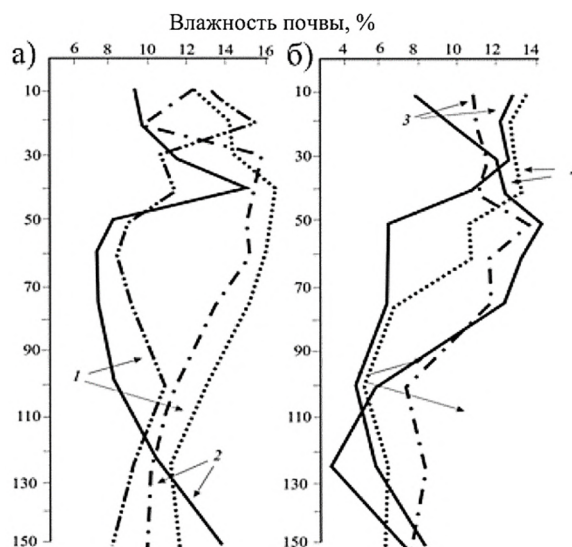


Рисунок – Графики распределения влаги в почвогрунте: а – на обычной (1) и заборонованной (2) зяби; б – на многолетних травах (3) и озимых (4) на светло-каштановых почвах Волгоградской области (сплошная линия – осенью, штриховая – весной)

Figure – Graphs of a moisture distribution in the soil: а – on ordinary (1) and harrowed (2) winter tillage; б – on perennial grasses (3) and winter crops (4) on light chestnut soils of the Volgograd region (solid line- in the autumn, dashed- in the spring)

Однако и такая повторность не помогает избежать серьезных ошибок при оценке влажности отдельных слоев почвы. Достижение в полевых исследованиях уровня доверительной вероятности $P = 95\%$ требует около 10 повторностей осенью и 20-60 весной.

Аналогичные результаты получены нами на светло-каштановой почве Волгоградской области на площадке с выровненной зябью, где влажность определяли в пяти точках с 3-кратной повторностью (таблица 2). Из анализа вариационно-статистических показателей видно, что для получения точности опыта 5% при уровне вероятности $P = 0,95$ необходимо на площадке $0,15$ га определять влажность в слое $0-50$ см – в 1–5 точках, в слое $0-100$ см – в 11-19 точках, а в слое $0-150$ см – в 11-13 точках с 3-кратной повторностью в каждой. Эти данные показывают, что прибавка влагозапасов в почве за осенне-зимне-весенний период в среднем составила в слое $0-50$ см – 16 мм, в слое $0-100$ см – 32, а в слое $0-150$ см – всего 3 мм. При этом в 1, 3 и 5-й точках для слоя $0-150$ см прибавка влагозапасов колебалась от 11 до 39 мм, а во 2 и 4-й точках отмечена их убыль на 18 и 49 мм соответственно. Между тем при запасах снеговой воды на площадке 55 мм и слое стока 11 мм просачивание влаги в почву составило 44 мм. Таким образом, здесь налицо явное несоответствие данных об увлажнении почвы, полученных разными методами

О несогласованности результатов определения двумя методами просочившейся в почву воды свидетельствуют наши исследования (таблица 3) в Новосильском районе Орловской области (почва серая лесная) и М. М. Ломакина под руководством автора в Фатежском районе Курской области (выщелоченный чернозем). В Новосильском районе на четырех стоковых площадках с одинаковым агрофоном (зябь, вспашка на глубину 25-27 см) стока талых вод не было, в почву просочилось 143-154 мм снеговой воды (балансовый метод). Прибавки же весенней влаги в слое $0-150$ см, найденные термостатно-весовым методом, колебались от 83 до 161 мм. В Фатежском районе, по данным учета стока на стоковых площадках, в почву просочилось весной примерно одинаковое количество воды (19-25 мм). В то же время прибавки/дефицит запасов весенней влаги в слое $0-150$ см при определении термостатно-весовым методом колебались от –31 мм до +38 мм.

Таблица 1 – Результаты вариационно-статистической обработки данных влажности почвы (%) по 12 скважинам на серых лесных почвах Орловской области

Table 1 – Results of variational and statistical processing of soil moisture data (%) for 12 wells on gray forest soils of the Oryol region

Вариационно-статистические показатели / Variance-statistical key figures	Осень / autumn							Весна / spring						
	глубина отбора образцов, см													
	0-5	20	50	75	100	125	150	0-5	20	50	75	100	125	150
Значения влажности / Humidity value $X_{\max}$ $X_{\min}$	33,1	22,8	31,2	17,4	18,6	24,2	25,7	28,9	26,9	22,5	23,5	23,7	26,7	28,4
	26,4	20,5	11,8	14,0	14,1	18,2	19,6	25,4	20,2	13,8	12,8	13,7	18,2	18,7
Амплитуда значений, / Amplitude of values, $X_{\max}$ - $X_{\min}$	6,7	2,3	19,4	3,4	4,5	6,0	6,1	3,5	6,7	8,7	10,7	10,0	8,5	9,7
Средняя арифметическая / Arithme- tic mean, X_0	29,2	21,4	14,6	15,4	16,9	21,0	23,4	26,9	23,4	19,9	17,8	17,5	21,0	24,1
Основное отклонение / The main deviation, $\pm \sigma$	2,18	0,81	5,51	1,09	1,31	1,65	1,5	1,29	2,41	2,78	3,66	3,06	2,22	2,50
Ошибка средней арифметической / Arithmetic mean error, $\pm m$	0,63	0,23	1,66	0,31	0,40	0,47	0,43	0,37	0,69	0,80	1,06	0,88	0,64	0,74
Коэффициент вариации / Coeffi- cient of variation $\pm V$	7,47	3,78	37,7	7,06	7,89	7,84	6,42	4,80	10,3	14,0	20,6	17,5	10,3	10,7
Точность исследования (опыта) / Accuracy of research (experience), $\pm m\%$	2,2	1,1	11,4	2,0	2,5	2,3	1,9	1,4	3,0	4,0	5,5	5,1	3,0	3,1
Необходимая повторность при P = 0,68, t=1,0 и m% = 5 / Required repeat- ability at P=0.68, t=1.0, and m% = 5	2	1	57	2	2	2	2	1	4	8	17	12	4	5
Необходимая повторность при P = 0,95, t=20 и m% = 5 / Required repeat- ability at P=0.95, t=20, and m% = 5	9	2	228	8	10	10	7	4	17	31	67	48	17	18

Таблица 2 – Вариационно-статистические показатели точности определения запасов влаги (мм) в светло-каштановой почве Волгоградской области

Table 2 – Variational and statistical indicators of accuracy in determining moisture reserves (mm) in the light chestnut soil of Volgograd areas

Показатель / Indicator	0-50 см		0-100 см		0-150 см	
	осень / autumn	весна / spring	осень / autumn	весна / spring	осень / autumn	весна / spring
Средняя арифметическая, X / Arithmetic mean, X	87	103	160	192	255	258
Основное отклонение, $\pm \sigma$ / The main deviation, $\pm \sigma$	4,90	11,64	34,78	31,28	43,02	46,00
Коэффициент вариации, $\pm V$ / Coefficient of variation, $\pm V$	5,7	11,3	21,7	16,3	16,9	17,8
Ошибка средней арифметической, $\pm m$ / Error of the arithmetic average, $m \pm m$	2,2	5,2	15,5	14,0	19,2	20,5
Точность опыта, $\pm m\%$ / Accuracy of experience, $\pm m\%$	2,5	5,0	9,7	7,3	7,5	7,9
Необходимое количество точек для получения точности 5 % при $P = 0,95$ / Required number of points to get 5 % accuracy at $P = 0,95$	1	5	19	11	11	13

Таблица 3 – Показатели просачивания снеговой воды, определенные по влажности 1,5-метрового слоя почвы и балансовым методом с учетом стока (мм)

Table 3 – Indicators of snow water seepage determined by the moisture content of the 1,5-meter soil layer and by the balance method taking into account runoff (mm)

Метод / Method	Новосильский р-н Орловской обл. / Novosil'skiy R-n Oryol region.				Фатежский р-н Курской обл. / Fatezhsky district The Kursk region			
	зяблевая вспашка на глубину 25-27 см / winter plowing to a depth of 25-27 cm				Обработка на глубину 20-22 см / processing to a depth of 20-22 cm			щелевание / slitting
	Повторность / replication				ПН-4-35	ПН-4-35А	КПГ-250	
	1	2	3	4				
По разности во влагозапасах перед снеготаянием и после стока / By the difference in moisture reserves before snowmelt and after runoff	83	138	132	161	–31	38	–2	–21
Метод стоковых площадок / Runoff site method	143	149	154	154	22	25	20	19

Основная причина отмеченных расхождений – недостаточность 3-4-кратной повторности отбора образцов, не обеспечивающая удовлетворительную репрезентативность, а также отсутствие учета потерь почвенной влаги на испарение в период от момента прекращения стока до взятия образцов почвы на влажность.

Данные о влажности почвы, полученные термостатно-весовым методом, характеризуют распределение влаги в данной точке, и их трудно распространять на большую площадь. Положение осложняется тем, что, поскольку образцы отбираются не в виде сплошной колонки, а прерывисто, при неоднородном (слоистом) литологическом составе почвогрунта возможны значительные отклонения полученных показателей от истинных, что нередко наблюдается в натуре. Для получения достоверной характеристики запасов влаги в почве на территории нужно большое число повторностей, однако это трудноосуществимо.

Выводы. Таким образом, на основе определения влажности почвы нельзя дать оценку стокорегулирующей роли противоэрозионных приемов и тем более почвозащитной системе в целом. Для этой цели необходимо применять метод водно-балансовых (стоковых) площадок; термостатно-весовой метод должен играть вспомогательную роль для оценки общего увлажнения почв с целью определения динамики запасов влаги за определенный период.

Библиографический список

1. Барабанов А. Т. Научные основы управления эрозионно-гидрологическим процессом // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 1(33). С. 33-38.
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. Гаршинёв Е. А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: Теория и модели. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. 196 с.
4. Долгов С. В., Коронкевич Н. И., Барабанова Е. А. Современные изменения поверхностного стока и инфильтрации талых вод на сельскохозяйственных угодьях в лесостепной и степной зонах Русской равнины и их последствия // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2018. №4. С. 78-91.

5. Коронкевич Н. И., Георгиади А. Г., Ясинский С. В. О гидрологических изменениях // Вопросы географии. 2018. №145. С. 739-744.
6. Моделирование процессов противозерозионного земледелия и агролесомелиорации / А. В. Панфилов, П. Н. Проездов, А. В. Розанов, А. В. Карпушкин // Аграрный научный журнал. 2017. №9. С. 19-23.
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. Поверхностный сток и инфильтрация в почву талых вод на пашне в лесостепной и степной зонах восточно-европейской равнины / А. Т. Барабанов, С. В. Долгов, Н. И. Коронкевич, В. И. Панов, А. И. Петелько // Почвоведение. 2018. № 1. С. 62-69.
9. Шабаев А. И. Избранные труды. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие. Саратов: ФГБНУ «НИИСХЮБ», 2017. 648 с.
10. Characterization of runoff and sediment associated with rill erosion in sloping farmland during the maize-growing season based on rescaled range and wavelet analyses / J. Luo, Z. Zheng, T. Li, S. He, Y. Wang, X. Zhang, T. Liu // Soil and Tillage Research. 2019. №195. doi:10.1016/j.still.2019.104359
11. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production// Agriculture. 2013. №3(3). P. 443-463.

Conclusion. Thus, based on the determination of soil moisture, it is impossible to assess the flow-regulating role of anti-erosion techniques, and especially the soil protection system as a whole. For this purpose, it is necessary to use the method of water-balance (runoff) sites; the thermostatic-weight method should play an auxiliary role for assessing the total moisture content of soils in order to determine the dynamics of moisture reserves for a certain period.

References

1. Barabanov A. T. Nauchnye osnovy upravleniya jerozionno-gidrologicheskim processom // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2014. № 1(33). P. 33-38.
2. Barabanov A. T. Jerozionno-gidrologicheskaya ocenka vzaimodejstviya prirodnyh i antropogennyh faktorov formirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod i adaptivno-landshaftnoe zemledelie. Volgograd: FNC agroekologii RAN, 2017. 188 p.
3. Garshinjov E. A. Jerozionno-gidrologicheskij process i lesomelioraciya: Teoriya i modeli. - Volgograd: VNIALMI, 1999. 196 p.
4. Dolgov S. V., Koronkevich N. I., Barabanova E. A. Sovremennye izmeneniya poverhnostnogo stoka i infil'tracii talyh vod na sel'skohozyajstvennyh ugod'yah v lesostepnoj i stepnoj zonah Russkoj ravniny i ih posledstviya // Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie. 2018. №4. P. 78-91.
5. Koronkevich N. I., Georgiadi A. G., Yasinskij S. V. O gidrologicheskikh izmeneniyah // Voprosy geografii. 2018. №145. P. 739-744.
6. Modelirovanie processov protiv[er]ozionnogo zemledeliya i agrolesomelioracii / A. V. Panfilov, P. N. Proezdov, A. V. Rozanov, A. V. Karpushkin // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2017. №9. P. 19-23.
7. Panov V. I. Poteri atmosferyh osadkov s nezashischjonnyh polej v stepnom zasushlivom subregione, ih suschestvennoe snizhenie i stabilizaciya gidroresursnogo potenciala zemledeliya sozdaniem lesomeliorirovannyh (lesoagrarnyh) bassejnovyh agrojekolandshaftov // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN. 2016. T.18. № 2(2). P. 472-478.
8. Poverhnostnyj stok i infil'traciya v pochvu talyh vod na pashne v lesostepnoj i stepnoj zonah vostochno-evropejskoj ravniny / A. T. Barabanov, S. V. Dolgov, N. I. Koronkevich, V. I. Panov, A. I. Petel'ko // Pochvovedenie. 2018. № 1. P. 62-69.

9. Shabaev A. I. Izbrannye trudy. Jeroziya pochv i adaptivno-landshaftnoe zemledelie. Saratov: FGBNU "NIISXYuV", 2017. 648 p.

10. Characterization of runoff and sediment associated with rill erosion in sloping farmland during the maize-growing season based on rescaled range and wavelet analyses / J. Luo, Z. Zheng, T. Li, S. He, Y. Wang, X. Zhang, T. Liu // Soil and Tillage Research. 2019. №195. doi:10.1016/j.still.2019.104359

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

Author information

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

Информация об авторе

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

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

FEED VALUE AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF SELECTION SAMPLES OF WINTER TRITICALE

**R. F. Baibekov¹, L. Kh. Sukhanberdina², A. V. Filippova³,
S. E. Denizbayev², S. L. Belopukhov¹**

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

²*Non-profit joint-stock company «Zhangir Khan West-Kazakhstan Agrarian-Technical University»,
the Republic of Kazakhstan, West-Kazakhstan region, Uralsk*

³*Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia*

Received 17.12.2019

Submitted 27.02.2020

*The studies were carried out as part of the implementation of project No. AR05135718
«Creation of source material for the selection of winter triticale in the conditions of the dry-steppe
zone of Kazakhstan» (state registration number 0118PK00861) of the grant financing program
for 2018-2020. Science Committee of the Ministry of Education and Science
of the Republic of Kazakhstan*

Summary

The article presents the results of fodder and technological evaluation of grain samples of winter triticale. The results of the studies showed that all studied variety samples differed in the degree of severity of qualitative traits. The released samples have a complex of economically valuable properties and can be recommended for use as a starting material for the selection of winter triticale of feed and food (bakery) directions.

Abstract

Introduction. Expanding the range of new feed crops that meet certain requirements and using them along with the traditional ones is an important reserve for increasing feed production and improving their quality. One of these crops is winter triticale. The growing interest in triticale culture is due to its adaptive abilities in the face of increasing aridity and other climate anomalies. New varieties of winter triticale are characterized by increased winter hardiness, drought resistance, resistance to the most dangerous diseases, high yield potential, high content of biologically valuable protein, which determines the high fodder value and nutritional value of this crop. **Object.** The object of research are samples of winter triticale of various ecological and geographical origin. **Materials and methods.** The

studies were conducted at the experimental site of the Western Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan. Bookmark nurseries, sowing methods, assessments, related observations and research conducted according to the methods of VIR and State crop testing. **Results and conclusion.** The value of the indicator of the dry matter content of the green mass of the studied samples of winter triticale varied in the range of 20.87-46.29 %. The studied variety samples differed in the accumulation of green mass in the autumn and in the intensity of spring growth. The yield of the green mass of the studied samples in 2018 was 230-260 centners/ha. The increased content of crude protein in the green mass of winter triticale was observed in the following varieties: Altai 5 (10.85 %), lines 36/2 (10.69 %), 45/2, Rondo (10.37 %), Dokuchaevsky (9.89 %), Krokha (9.25 %), ADP 256 and Nevo (9.09 %). The nutritional value of green mass of plants ranges from 0.14 kg to 0.37 kg. The high quality of the green mass differed varieties Krokha – 0.37, Taz – 0.35, Balaus – 0.346 feed units. Analysis of the biochemical composition of the grain showed that the crude protein content of the studied samples ranged from 12.9 % to 19.8 %. High levels of crude protein in grain were found in the following variety samples: KS88T (19.80 %), ADP 256 (19.56 %), lines 36/2 (19.88 %), 45/2 (19.44 %), 24, Sar. 17 (18.94 %), 45/1, 15/4 (18.88 %). The content of crude fat in the grain of the samples was 1.1-2.21 %. The increased content of fat in the grain is noted in the grain of the variety samples Hevo (2.21 %), KS88T (1.99 %), lines 45/2 (1.78 %), Dokuchaevsky (1.76 %). The grain of the winter triticale samples studied contains from 0.96% to 3.76% crude fiber. The grades ADP 256 (0.96%), TI 17 (1.06 %), line 24 (1.11%), Runes (1.12 %) are characterized by a low content of crude fiber in the grain. Corn samples from winter triticale contain from 1.39 % to 2.39 % of raw ash. The mass of 1000 grains of the studied samples was 38.6-44.7 g. A high value of the mass of 1000 grains was observed in the variety specimens of line 24, Run, Idea, Kastus. Indicators of grain nature of the studied samples were 688-776 g/l. Indicators of glassiness of the studied variety samples were within 36-68%. The high glass vitreousness of the grain was noted in the 45/1 line (68 %). The protein in the grain of the samples studied was 11.6-17.7 %. The following winter triticale samples were distinguished by an increased amount of protein in the grain: 45/2 (17.7 %), 45/1 (17.1 %), ADP 256 (16.0 %). Mass fraction of gluten in the flour of the studied samples is relatively low —16.0-25.0 %. The quality of gluten is in the range of 80-102 IDC units, corresponds to the II (satisfactorily weak) group. The runes and line 45/1 were characterized by high content and good quality of gluten. The runes grade was only characterized by a high drop rate (258 s); for the rest of the samples, this indicator was low at the level of 67-143 s. The dough obtained from flour triticale lines 36/2 showed a weak mixing curve (2.05 min). A mixture of triticale flour and wheat had a steeper, but weaker curve with a peak of 3.15 minutes. The water absorption capacity of triticale flour was 58.6 %, which is slightly higher than the triticale-wheat mixture – 56.8%. The baking qualities of the studied varieties of triticale differed slightly. In terms of the volume and the overall assessment of bread, a certain superiority was noted in the variety Runi and the line 45/1. Bread baked from a mixture of triticale and wheat in a 50:50 ratio of triticale and wheat flour is slightly inferior to wheat flour. Bread baked from mixed triticale and wheat flour in the ratio of 50:50, varieties of Runes and line 45/1 were characterized by a good volume, 440 and 400 ml, respectively, in the rest of the variety samples it was 380-390 ml. In comparison with triticale flour, the volume of bread of the investigated samples from mixed flour increased from 4% to 10%. The released samples have a complex of economically valuable properties and can be recommended for use as a starting material for the selection of winter triticale of feed and food (bakery) directions.

Key words: *nutritional value of feed, gluten, flour, protein, bread quality, green mass, grain.*

Citation. Baibekov R. F., Sukhanberdina L. Kh., Filippova A. V., Denizbayev S. E., Belopukhov S. L. Feed value and technological properties of selection samples of winter triticale. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 43-56 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-04.

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

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

УДК 633.11 2.9:636.086.1

КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ

Р. Ф. Байбеков¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
член-корреспондент РАН

Л. Х. Суханбердина², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А. В. Филиппова³, доктор биологических наук, профессор

С. Е. Денизбаев², магистр сельскохозяйственных наук, аспирант

С. Л. Белопухов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Россия

²Некоммерческое акционерное общество

«Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,
Республика Казахстан, Западно-Казахстанская область, г. Уральск

³ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург, Россия

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 27.02.2020

Исследования проведены в рамках выполнения проекта №АР05135718 «Создание исходного материала для селекции озимого тритикале в условиях сухостепной зоны Казахстана» (№ госрегистрации 0118РК00861) программы грантового финансирования на 2018-2020 гг. Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан

Актуальность. Расширение ассортимента новых кормовых культур, отвечающих определённым требованиям, и использование их наряду с традиционными является важным резервом увеличения производства кормов и повышения их качества. Одной из таких культур является озимое тритикале. Растущий интерес к культуре тритикале вызван его адаптивными способностями к засухе. Новые сорта озимого тритикале характеризуются повышенной зимостойкостью, засухоустойчивостью, устойчивостью к наиболее опасным болезням, высоким потенциалом урожайности, повышенным содержанием биологически полноценного белка, что определяет кормовую и пищевую ценность этой культуры. **Объект.** Объектом исследований являются образцы озимого тритикале различного происхождения. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана». Закладка питомников и сопутствующие наблюдения проведены согласно методикам ВИР и Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур. **Результаты и выводы.** Повышенное содержание сырого протеина в зеленой массе отмечено у следующих сортообразцов: Алтайский 5 (10,85 %), линии 36/2 (10,69 %), 45/2, Рондо (10,37 %), Докучаевский (9,89 %), Кроха (9,25 %), АДП 256 и Нево (9,09 %). Высокой питательностью зеленой массы отличались сорта Кроха – 0,37, Таза – 0,35, Балауса – 0,346 кормовых единиц. Высокие показатели содержания сырого протеина в зерне выявлены у следующих сортообразцов: KS88T (19,80 %), АДП-256 (19,56 %), линии 36/2 (19,88 %), 45/2 (19,44 %), 24, Сар. 17 (18,94 %), 45/1, 15/4 (18,88 %). Повышенное содержание жира в зерне отмечено в зерне сортообразцов Нево (2,21 %), KS88T (1,99 %), линии 45/2 (1,78 %), Докучаевский (1,76 %). Низким содержанием сырой клетчатки в зерне характеризуются сорта АДП-256 (0,96 %), ТИ 17 (1,06 %), линия 24 (1,11 %), Рунь (1,12 %). Масса 1000 зерен изучаемых образцов составила 38,6–44,7 г. Высокое значение массы 1000 зерен наблюдалось у сортообразцов линии 24, Рунь, Идея, Кастусь. Повышенным количеством белка в зерне отличались следующие образцы озимого тритикале: 45/2 (17,7 %), 45/1 (17,1 %), АДП 256 (16,0 %). Повышенным содержанием и хорошим качеством клейковины характеризовались сорта Рунь и линия 45/1. Высоким числом падения отделился сорт Рунь (258 с), у остальных образцов данный показатель составил 67–143 с. По объему и общей оценке хлеба некоторое превосходство отмечено у сорта Рунь и ли-

нии 45/ 1. Выделившиеся образцы обладают комплексом хозяйственно-ценных свойств и могут быть рекомендованы для использования в качестве исходного материала для селекции озимого тритикале кормового и пищевого (хлебопекарного) направления.

Ключевые слова: питательность кормов, клейковина, мука, протеин, качество хлеба, зеленая масса тритикале, зерно тритикале.

Цитирование. Байбеков Р. Ф., Суханбердина Л. Х., Филиппова А. В., Денизбаев С. Е., Белопухов С. Л. Кормовая ценность и технологические свойства селекционных образцов озимого тритикале. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 43-56. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-04.

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. Возделывание в производстве новых кормовых культур, отвечающих определенным требованиям, и использование их наряду с традиционными является важным резервом увеличения производства кормов и повышения их качества. Одной из таких культур является озимое тритикале. Растущий интерес к культуре тритикале вызван его адаптивными способностями в условиях засушливого климата. Сорта озимого тритикале, выведенные в последнее время, отличаются повышенной зимостойкостью, засухоустойчивостью, устойчивостью к наиболее опасным болезням, высоким потенциалом урожайности, повышенным содержанием биологически полноценного белка, что определяет высокую кормовую и пищевую ценность данной культуры [12, 13, 15].

Множество отраслей используют зерно тритикале. Оно нашло применение в качестве корма в животноводстве, а также применяется в хлебопекарной, кондитерской, спиртовой промышленности и в других отраслях. Биохимический состав зерна тритикале характеризуется высоким содержанием углеводов и белков. В его состав также входят жиры, клетчатка и зольные элементы. По содержанию белка оно превосходит не только зерно ржи, но и зерно мягкой пшеницы [6].

Протеин зерна тритикале состоит из 27-28 % водорастворимых, 7-8 % солерастворимых и 25-26 % спирторастворимых белков. Содержание таких незаменимых аминокислот, как лизин, валин, лейцин, выше, чем в зерне пшеницы, а количество лизина значительно превосходит её содержание в пшенице и почти такое же, как в кукурузе. Почти 3/4 массы зерна тритикале составляет крахмал при низком содержании в нём амилозы (23,7 %), в отличие от пшеницы и ржи [5].

В последние годы селекционерами созданы новые сорта тритикале, обладающие высокой энергетической и протеиновой ценностью и не содержащие антипитательных веществ. Тем не менее, тритикале по-прежнему считается неэффективным компонентом для кормления, так как зоотехническая оценка в полной мере не проведена [7, 11].

Целью наших исследований является проведение оценки кормовой ценности и технологических, мукомольно-хлебопекарных качеств зерна озимого тритикале, а также выявление генетических источников для создания сортов тритикале с высокими хозяйственно-ценными показателями.

Материалы и методы. Объектом исследований являются образцы озимого тритикале различного происхождения. Исследования проводились на опытном участке НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана».

Климат зоны исследования отличается резкой континентальностью, лето жаркое и сухое. Среднегодовое количество осадков составляет 280-320 мм, из них в теплый период выпадает 125-135 мм. Годовая сумма эффективных температур – 2800 °С, ГТК составляет 0,5-0,6 [3].

2017-2018 сельскохозяйственный год по гидротермическим условиям выдался засушливым. За год выпало 249,5 мм осадков, что меньше на 75 мм от среднеголетних показателей. Осенью за период вегетации культуры выпало 39,5 мм осадков. Рост и развитие растений испытывали дефицит влаги. Во время весенне-летней вегетации выпало 56,2 мм осадков.

Почва на опытном поле – темно-каштановая. Гумуса в пахотном слое – 3,3 %. Предшественником являлся черный пар. Обработка почвы, посев и уход за посевами производились в соответствии с агротехникой, принятой для возделывания озимых культур в первой природно-экономической зоне Западно-Казахстанской области. Закладка питомников, способы посева, сопутствующие наблюдения проведены в соответствии с методиками ВИР и Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Посев проведен сеялкой марки Wintersteiger на глубину 6-8 см с нормой высева 3,5 млн всхожих семян на гектар. Уборка проведена в фазу полной спелости комбайном марки Wintersteiger. При определении химических показателей кормов руководствовались соответствующими ГОСТ.

Оценку технологических показателей качества исследуемых сортов образцов проводили в соответствии с действующими СТ РК и ГОСТ: число падения (ЧП) – СТ РК 1889-2009, содержание белка – по ГОСТ 10846, определение количества и качества клейковины пшеницы – по ГОСТ 13586.1-2014, определение массы 1000 зерен – по ГОСТ 10842, определение натуры – по СТ РК 1888-2009, влажность – СТ РК ИСО 712-2006, хлебопекарные свойства муки исследуемых сортов образцов – по ГОСТ 27669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод лабораторной выпечки хлеба». Качественные показатели зеленой массы и зерна определены в НИИ БиП ЗКАТУ им. Жангир хана и Испытательном центре ТОО «Орал-Жер». Исследования по использованию зерна тритикале в хлебопечении проведены в лаборатории НИИ БиП ЗКАТУ им. Жангир хана и АО «Аккайнар».

Результаты и обсуждение. Огромный интерес к тритикале как кормовой культуре вызван тем, что по сравнению с другими хлебными злаками оно содержит больше белка и имеет лучший аминокислотный состав. Хотя тритикале принято преимущественно рассматривать как кормовую культуру, конкурентную по отношению к пшенице, кукурузе, зерновому сорго и ячменю, исследования по кормовой ценности его ограничены.

Нами проведена оценка химического состава и питательной ценности зеленой массы изучаемых сортов образцов озимого тритикале по влажности, содержанию сухого вещества, сырого протеина, сырой золы и по питательной ценности – по содержанию кормовых единиц.

Качество кормов оценено по содержанию в них сухого вещества как выражения суммарного количества питательных веществ, потребляемых сельскохозяйственными животными.

Величина показателя содержания сухого вещества зеленой массы изучаемых образцов озимого тритикале варьировала в интервале 20,87-46,29 % (таблица 1).

Высокий урожай зерна и зеленой массы с повышенным содержанием сырого протеина являются одним из основных требований селекции тритикале кормового направления. Сорта образцы на опытном поле различались по накоплению зеленой массы в осенний период и по интенсивности весеннего отрастания. Урожай зеленой массы изучаемых сортов образцов в 2018 году был в пределах 230-260 ц/га.

Уровень продуктивности, скорость роста, здоровье и воспроизводительные способности животных зависят от обеспеченности их протеином.

Таблица 1 – Химический состав и питательная ценность зеленой массы озимого тритикале, 2018 г.

Table 1 – Chemical composition and nutritional value of green mass of winter triticale, 2018

Сортообразец / Variety specimen	Влажность, % / Humidity, %	Сухое веще- ство, % / Dry matter, %	Сырой про- теин, % / Crude protein, %	Сырая зола, % / Crude ash, %	Питательность 1 кг, корм. ед. / Nutritional value 1 kg, feed units
ТИ 17 (стандарт) / TI 17 (standard)	59,98	40,01	7,82	4,270	0,320
Рунь / Rune	62,58	37,41	7,42	4,755	0,281
Линия 24 /Line 24	59,46	40,53	7,19	5,247	0,324
Идея / Idea	79,13	20,87	7,35	5,480	0,167
45/1	57,94	42,05	7,30	4,303	0,336
15/4	59,07	40,93	7,46	4,722	0,327
АДП-256 /ADP-256	58,94	41,06	9,09	4,130	0,328
Кастусь / Castus	57,94	42,05	8,61	4,091	0,336
Валентин 90 / Valentine 90	64,88	35,12	7,82	3,954	0,281
Fidelio	60,17	39,83	8,61	3,927	0,319
KS88T	58,83	41,17	8,61	4,694	0,329
Сар. 17 / Sar. 17	81,73	18,26	8,29	4,270	0,146
45/2 × 12-5	58,16	41,83	10,37	5,643	0,335
36/2	58,13	41,86	10,69	5,542	0,335
Рондо / Rondo	58,54	41,46	10,37	5,572	0,332
Алтайский 5 / Altai 5	61,65	38,35	10,85	5,710	0,307
Nevo	63,35	36,64	9,09	5,325	0,293
Докучаевский / Dokuchaevsky	59,74	40,26	9,89	5,318	0,322
Азиада / Asian Games	58,19	41,81	7,02	5,188	0,334
Балауса / Balausa	56,78	43,22	8,29	5,153	0,346
Кожа / Kozha	62,09	37,90	7,98	4,833	0,303
Кроха / Kroha	53,70	46,29	9,25	4,916	0,370
Таза / Taza	55,69	44,30	7,82	4,717	0,354
Среднее / Mean	x= 61,16 ±6,57	x= 38,84 ±6,57	x= 8,57 ±1,19	x= 4,89 ±0,58	x= 0,31 ± 0,05

Зеленая масса тритикале богата протеином в период колошения. Лучшие показатели сырого протеина в зеленой массе озимого тритикале наблюдались у сортообразцов: Алтайский 5 (10,85 %), линии 36/2 (10,69 %), 45/2, Рондо (10,37 %), Докучаевский (9,89 %), Кроха (9,25 %), АДП-256 и Nevo (9,09 %).

Показатель питательности зеленой массы колеблется от 0,14 кг до 0,37 кг. Высокой питательностью зеленой массы отличались сорта Кроха (Самарский НИИСХ им. Тулайкова) – 0,37, Таза – 0,35, Балауса (Каз НИИЗиР) – 0,346 кормовых единиц.

Для определения кормовых достоинств зерна изучаемых образцов проведен анализ по следующим показателям: влажность, сырой протеин, сырая клетчатка, сырой жир, сырая зола.

Результаты анализа зерна тритикале (на корм) урожая 2018 года представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели кормовой ценности зерна озимого тритикале урожая 2018 года

Table 2 – Indicators of feed value of grain of winter triticale harvest 2018

Сортообразец / Variety specimen	Влажность, % / Humidity, %	Сырой про- теин, % / Crude protein, %	Сырая клет- чатка, % / Crude fibre, %	Сырой жир, % / Crude fat, %	Сырая зола, % / Crude ash, %	Питательность 1 кг, корм. ед. / Nutritional value 1 kg, feed units
ТИ 17 / TI 17	10,14	17,88	1,06	1,17	2,19	1,23
15/4	10,25	18,88	1,24	1,44	2,14	1,22
Линия 24 / Line 24	10,10	18,94	1,11	1,36	2,01	1,23
Сар. 17 / Sar. 17	9,92	18,94	1,30	1,53	2,12	1,23
KS88T	7,98	19,80	2,40	1,99	2,16	1,24
45/2	9,95	19,44	1,39	1,78	2,25	1,23
Рунь / Rune	9,98	17,63	1,12	1,21	2,38	1,23
Fidelio	9,8	18,06	2,45	1,40	2,18	1,20
Валентин 90 / Valentine 90	9,91	18,06	2,45	1,10	2,09	1,22
Идея / Idea	9,93	18,63	2,48	1,19	2,20	1,21
45/1	9,38	18,88	2,03	1,33	2,15	1,22
АДП-256 / ADP-256	9,47	19,56	0,96	1,31	2,11	1,24
36/2	9,0	19,88	3,76	1,53	2,39	1,22
Рондо / Rondo	9,40	15,56	2,86	1,63	1,61	1,22
Алтайский 5 / Altai 5	9,27	12,94	3,00	1,48	1,76	1,24
Hevo	9,09	13,13	2,22	2,21	1,84	1,24
Докучаевский / Dokuchaevsky	9,46	13,75	2,24	1,76	1,39	1,24
Среднее /Mean	x= 9,59 ±0,54	x= 17,6 ±2,25	x= 2,0 ±0,79	x= 1,5 ±0,29	x= 2,06 ±0,26	x= 1,23 ±0,01

Анализ биохимического состава зерна показал, что содержание сырого протеина изучаемых образцов колебалось от 12,9 % до 19,8 %. Лучшие показатели содержания сырого протеина выявлены у образцов: KS88T (19,80 %), АДП-256 (19,56 %), линии 36/2 (19,88 %), 45/2 (19,44 %), 24, Сар. 17 (18,94 %), 45/1, 15/4 (18,88 %).

Для расчета кормовой ценности зерна важным звеном является содержание сырого жира как аккумулятора энергии и источника тепла в организме животных, показатель которого составил 1,1-2,21 %. Повышенное содержание жира отмечено в зерне сортообразцов Hevo (2,21 %), KS88T (1,99 %), линии 45/2 (1,78 %), Докучаевский (1,76 %).

Сырая клетчатка определяет степень усвоения корма. С увеличением содержания клетчатки, которой богато зерно тритикале, переваримость и впитываемость питательных веществ снижается. Изучаемые сортообразцы озимого тритикале содержали от 0,96 % до 3,76 % сырой клетчатки. Низким содержанием сырой клетчатки отметились сорта АДП-256 (0,96 %), ТИ 17 (1,06 %), линия 24 (1,11 %), Рунь (1,12 %).

Содержание сырой золы в зерне изучаемых сортообразцов озимого тритикале колебалось от 1,39 % до 2,39 %.

Результаты анализа минеральных веществ в зерне озимого тритикале представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание минеральных веществ в зерне озимого тритикале

Table 3 – Mineral content in winter triticale grains

Сортообразец / Variety specimen	Показатели / Indicators			
	Фосфор, % / Phosphorus, %	Кальций, % / Calcium, %	Магний, мг/кг / Magnesium, mg/kg	Железо, мг/кг / Iron, mg/kg
Линия 24 /Line 24	0,58	0,51	35,9	20,4
Идея /Idea	0,59	0,42	34,3	40,3
15/4	0,43	0,60	35,8	36,0
Кастусь /Custus	0,49	0,42	35,1	30,5
ТИ 17 /TI 17	0,40	0,54	34,6	26,0
Валентин 90 / Valentine 90	0,38	0,50	34,4	24,6
Fidelio	0,45	0,72	30,1	40,2
KS88T	0,47	0,34	33,8	27,8

Изучаемые сорта озимого тритикале различались по содержанию минеральных веществ, являющихся важными компонентами кормов. По фосфору и магнию преимущество наблюдалось у селекционной линии 24, по кальцию впереди оказались образцы Fidelio, 15/4, а по содержанию железа – Идея и Fidelio.

Несмотря на различия в биохимическом составе, оценка питательности зерна тритикале показала несущественные разницы между изучаемыми сортообразцами. Показатели питательности приблизительно одинаковые и составили 1,2-1,24 кормовых единиц.

Тритикале является культурой с высоким потенциалом и высокой пищевой ценностью. Использование современных сортов тритикале, созданных для отраслей пищевой промышленности, поможет существенно расширить ассортимент продукции, выпускаемой с долей зернового сырья, и будет способствовать созданию новых пищевых продуктов. Тритикале можно использовать в хлебопечении, кондитерском и бродильном производстве [2-4, 9, 10].

В процессе исследований проведена оценка технологических и хлебопекарных свойств сортообразцов озимого тритикале.

Физические свойства зерна тритикале были проанализированы по таким показателям, как масса 1000 зерен, натура, стекловидность, содержание белка, а качество муки – по числу падения, количеству и качеству клейковины (таблица 1).

Одним из показателей, характеризующих мукомольные свойства зерна, является масса 1000 зерен. В крупном, хорошо выполненном зерне доля эндосперма составляет 70-85 %, в щуплом, мелком зерне – 40-65 %. С уменьшением крупности в зерне снижается содержание эндосперма. С увеличением массы 1000 зерен увеличивается выход муки [1, 14].

Масса 1000 зерен изучаемых образцов была в пределах 38,6-44,7 г. Высокая величина этого показателя отмечена у сортообразцов линии 24, Рунь, Идея, Кастусь (таблица 4).

Мукомольные свойства характеризует также объемная масса зерна – натура зерна (г/л). Она определяет выполненность, однородность и выравненность зерна. Показатели натуры зерна изучаемых образцов составили 688-776 г/л.

Важным показателем при оценке мукомольных свойств зерна является стекловидность, которая характеризует консистенцию эндосперма зерна. Показатели стекловидности изучаемых сортообразцов были в пределах 36-68 %. Высокая стекловидность зерна отмечена у линии 45/1 (68 %).

Таблица 4 – Показатели качества зерна озимого тритикале

Table 4 – Winter triticale grain quality indicators

Сортообразцы / Variety specimens	Масса 1000 зерен, г / Thousand- kernel weight, g	Стекловид- ность, % / Vitrescence, %	Натура, г/л / Nature, g/l	Содержание белка, % / Protein content, %
Рунь /Rune	44,6	55	776	14,3
Линия 24 /Line 24	44,7	50	748	11,6
Идея /Idea	43,8	52	734	14,3
Линия 45/1 /Line 45/1	40,3	68	715	17,1
Линия 15/4 /Line 15/4	40,1	52	729	12,6
АДП 256 /ADP 256	41,2	49	721	16,0
Кастусь /Custus	42,8	38	712	14,7
ТИ 17 /TI 17	40,1	46	735	14,3
Валентин 90 /Valentine 90	40,1	49	742	14,3
Fidelio	39,8	46	738	14,7
Линия 45/2 /Line 45/2	41,2	64	711	17,7
Линия 36/2 /Line 36/2	38,6	36	688	13,9

С содержанием белка в зерне тритикале связаны его питательные и кормовые достоинства.

Содержание белка приведено в таблице 4, у исследуемых образцов оно составило 11,6-17,7 %. Повышенным количеством белка в зерне отличились следующие образцы озимого тритикале: 45/2 (17,7 %), 45/1 (17,1 %), АДП 256 (16,0 %).

Главной составной частью муки, определяющей технологические свойства выпекаемого хлеба (выход и качество хлебных изделий), является клейковина.

У большинства изученных сортообразцов озимого тритикале клейковина не отмывалась или содержание клейковины было на низком уровне. Массовая доля клейковины в муке исследуемых сортообразцов относительно невысокая и составляет 16,0-25,0 %. Качество клейковины находится в диапазоне 80-102 ед. ИДК, соответствует II (удовлетворительно слабой) группе. Повышенным содержанием и хорошим качеством клейковины отметились сорта Рунь и линия 45/1.

Важной технологической и биохимической характеристикой является активность амилолитических ферментов зерна и муки. Косвенным методом определения активности фермента альфа-амилазы в зерне является число падения. Этот показатель отражает устойчивость озимого тритикале к прорастанию зерна на корню, что является важным фактором повышения хлебопекарных качеств зерна [8].

Высоким числом падения отметился сорт Рунь (258 с), у остальных сортообразцов был низким – 67-143 с (таблица 5).

Проведены исследования по определению оптимального соотношения тритикалевой и пшеничной муки для использования в хлебопечении.

Проведено определение физических свойств теста озимого тритикале в процессе хлебопечения. В процессе исследования отмечены различия по водопоглотительной способности и кривой устойчивой тритикалевой муки и смеси пшенично-тритикалевой муки. Тесто, полученное из муки тритикале линии 36/2, показало слабую кривую перемешивания (2,05 мин). Смесь муки тритикале и пшеницы имела более крутую, но слабую кривую с пиком 3,15 мин. Водопоглотительная способность муки тритикале составила 58,6 %, что несколько выше тритикале-пшеничной смеси – 56,8 %.

Таблица 5 – Показатели качества муки озимого тритикале

Table 5 – Quality indicators of winter triticale flour

Сортообразцы / Variety specimens	Число паде- ния, с / Fall number, s	Количество клейковины, % / Gluten amount, %	Качество клейковины / Gluten quality
Рунь / Rune	258	25,0	хорошая / good
Линия 24 / Line 24	124	16,0	удовлетворительная, слабая / satisfactory, poor
Идея / Idea	119	16,0	хорошая / good
Линия 45/1 / Line 45/1	128	16,0	хорошая / good
Линия 15/4 / Line 15/4	121	16,4	удовлетворительная, слабая / satisfactory, poor
АДП 256 / ADP 256	118	16,0	удовлетворительная, слабая / satisfactory, poor
Кастусь / Castus	131	16,0	хорошая / good
ТИ 17 / TI 17	140	16,0	удовлетворительная, слабая / satisfactory, poor
Валентин 90 / Valentine 90	143	16,0	удовлетворительная, слабая / satisfactory, poor
Fidelio	67	16,0	удовлетворительная, слабая / satisfactory, poor
Линия 45/2 / Line 45/2	95	16,0	удовлетворительная / satisfactory
Линия 36/2 / Line 36/2	115	18,8	удовлетворительная / satisfactory

По хлебопекарным качествам изучаемые сортообразцы тритикале различались несущественно. По объему и общей оценке хлеба некоторое превосходство наблюдалось у сорта Рунь и линии 45/ 1 (таблица 6).

Таблица 6 – Показатели качества тритикалевого хлеба

Table 6 – Quality indicators of triticale bread

Сортообразец / Variety specimen	Объем хлеба, мл / Bread volume, ml	Органолептическая оценка, балл / Sensory assessment, point		
		внешний вид / appearance	мякиш / crumb	суммарная оценка / total grade
Рунь / Rune	400	3,0	3,1	6,1
Линия 24 / Line 24	360	2,3	2,0	4,3
Линия 45/1 / Line 45/1	380	2,3	3,3	5,6
Линия 15/4 / Line 15/4	360	2,0	2,5	4,5
АДП-256 / ADP-256	350	2,3	3,0	5,3
ТИ 17 / TI 17	375	2,3	3,0	5,3

Показатели хлеба из тритикалевой муки изучаемых образцов, представленные в таблице 6, свидетельствуют о слабых хлебопекарных качествах, но по вкусовым качествам хлеб из тритикале сравним с приятным вкусом мягкого ржаного хлеба.

Из-за невысоких хлебопекарных качеств тритикале в хлебопечении тритикале-вую муку смешивают с пшеничной мукой.

Исследования показали, что при выпечке из смешанной муки тритикале получается хлеб, по свойствам промежуточный между пшеничным и ржаным (таблица 7). Хлеб, выпеченный из смеси тритикале и пшеницы в соотношении тритикалевой и пшеничной муки 50:50, по объему несколько уступает хлебу из муки пшеницы.

Таблица 7 – Показатели качества пшенично-тритикалевого хлеба (соотношение 50 : 50)

Table 7 – Quality indicators of wheat-triticale bread (50 : 50 ratio)

Сортообразец / Variety specimen	Объем хлеба, мл / Bread volume, ml	Органолептическая оценка, балл / Sensory assessment, point		
		внешний вид / appearance	мякиш / crumb	суммарная оценка / total grade
Рунь /Rune	440	4,0	3,8	7,8
Линия 24 /Line 24	390	4,0	2,5	6,5
Линия 45/1 /Line 45/1	400	3,3	3,5	6,8
Линия 15/4 /Line 15/4	380	3,6	3,4	7,0
АДП-256 /ADP-256	380	3,3	3,0	6,3
ТИ 17 / TI 17	390	3,0	3,3	6,3

Хлеб, выпеченный из смешанной тритикалевой и пшеничной муки в соотношении 50 : 50 сорта Рунь и линии 45/1, характеризовался хорошим объёмом, соответственно 440 и 400 мл, у остальных сортообразцов он составил 380-390 мл. В сравнении с тритикалевой мукой объем хлеба исследуемых сортообразцов из смешанной муки увеличился от 4 % до 10 %. Суммарная хлебопекарная оценка муки остальных сортообразцов была несколько ниже из-за неровностей верхней корки хлеба и её цвета, а также из-за неравномерной пористости мякиша. Хлебопекарные качества соответствовали уровню слабой пшеницы.

Хлеб, выпеченный из смеси тритикале и пшеницы линии 36/2 в соотношении тритикалевой и пшеничной муки 30 : 70, по объему близок к хлебу 1 сорта (рисунок 1). Он имел хороший объем, хороший внешний вид, правильную форму, верхнюю корку светло-коричневого цвета, светлый, эластичный мякиш с равномерной пористостью.



Рисунок 1 – Хлеб, выпеченный из смеси тритикале и пшеницы линии 36/2 в соотношении тритикалевой и пшеничной муки 30 : 70

Figure 1 – Bread baked from a mixture of triticale and wheat line 36/2 in the ratio of triticale and wheat flour 30 : 70

Выводы. Результаты проведенных исследований биохимического состава свидетельствуют о том, что независимо от большого сходства между сортами по питательности кормов, имеются различия по содержанию сырого протеина, клетчатки и жира.

Повышенным содержанием сырого протеина в зеленой массе озимого тритикале отметились образцы: Алтайский 5 (10,85 %), линии 36/2 (10,69 %), 45/2, Рондо (10,37 %), Докучаевский (9,89 %), Кроха (9,25 %), АДП-256 и Nevo (9,09 %). Высокой питательностью зеленой массы характеризовались сорта Кроха, Таза, Балауса, Докучаевский, Алтайский 5, Рондо, линии 45/2, 36/2.

Высокое содержание протеина и жира выявлено в зерне озимого тритикале: АДП-256, KS88T, линии 45/2, 36/2.

Перечисленные сортообразцы могут быть рекомендованы для дальнейшего совершенствования и использования в качестве исходного материала для селекции озимого тритикале кормового направления.

Результаты проведенных исследований показали, что все изучаемые сортообразцы различались степенью выраженности качественных признаков.

Проведены исследования по определению оптимального соотношения тритикалевой и пшеничной муки для использования в хлебопечении.

При оценке сортообразцов озимого тритикале выявлены отличия по основным технологическим показателям. С целью сохранения питательности и других ценных свойств хлеба изучаемых сортообразцов тритикале и повышения потребительской ценности целесообразно использовать смесь тритикалевой и пшеничной муки в соотношении 30 : 70. Лучшие хлебопекарные свойства отмечены у селекционной линии 36/2. Проявившие себя сортообразцы обладают комплексом хозяйственно-ценных свойств и могут быть рекомендованы в качестве генетических источников при создании новых сортов тритикале для использования в хлебопекарном производстве.

Библиографический список

1. Беркутова Н., Сандухадзе Б., Соболева Е. Мукомольные свойства зерна перспективных сортов озимой пшеницы // Хлебопродукты. 2010. № 11. С. 51-53.
2. Витол И. С., Герасина А. Ю., Панкратьева И. А. Технологические и биохимические показатели в оценке качества зерна тритикале сорта Тимирязевская 150 // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. 2017. № 8 (154). С. 43-48.
3. Вьюров В. В. Новые озимые культуры на темно-каштановых почвах Приуралья // Наука, образование и культура. 2017. №8. С. 9-12.
4. Кандроков Р. Х., Стариченков А. А., Штейнберг Т. С. Влияние ГТО на выход и качество тритикалевой муки // Хлебопродукты. 2015. № 1. С. 64-65.
5. Карчевская О. В., Дремучева Г. Ф., Грабовец А. И. Научные основы и технологические аспекты применения зерна тритикале в производстве хлебобулочных изделий // Хлебопечение России. 2013. №5. С. 28-29.
6. Качество зерна тритикале / Е. П. Мелешкина, И. А. Панкратьева, О. В. Политуха, Л. В. Чиркова, Н. С. Жильцова // Хлебопродукты. 2015. № 2. С. 48-49.
7. Пономарев С. Н., Пономарева М. Л., Фомин С. И. Кормовая ценность сортов озимой тритикале в Средневолжском регионе // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 7. С. 47-51.
8. Суханбердина Л. Х., Денизбаев С. Е. Характеристика сортообразцов озимого тритикале по хозяйственно-ценным признакам // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. – 2019. - № 3 (77). – С. 67-71.
9. Формирование технологических качеств зерна тритикале под влиянием биоклиматического потенциала Западного Казахстана / Л. Х. Суханбердина, Ж. М. Гумарова, С. Е. Денизбаев, Р. Ш. Джапаров, А. В. Филиппова // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2018. № 5 (73). С. 70-74.
10. Яичкин В. Н., Иванова Л. В. Технологические свойства озимых культур, возделываемых в Оренбургской области, и возможности их использования в хлебопечении // Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та. 2019. № 2 (76). С. 65-67.
11. Biotic stresses in the anthropogenic hybrid triticale (*×Triticosecale* Wittmack): current knowledge and breeding challenges / K. Audenaert, V. Troch, S. Landschoot, G. Haesaert // European Journal of Plant Pathology. 2014. V.140. N4. P. 615-630.
12. Blum A. The abiotic stress response and adaptation of triticale // Cereal Research Communications. 2014. V.42. N3. P. 359-375.
13. Dynamics of physiological parameters during overwinter of triticale plants (*Triticosecale* Wittm. & Camus) in Povolzhje region / T. I. Diatchouk, A. V. Pominov, I. A. Kibkalo, O. V. Khomyakova, Yu. V. Ital'vanskaya, N. F. Safronova // Russian Agricultural Sciences. 2015. V.41. P. 415-418.
14. Kandrov R. H., Pankratov G. N. Development of an efficient technological scheme for triticale grain processing into graded bread flour // Russian Agricultural Sciences. 2019. V.45. P. 216-219.

15. Tshewang S., Jessop R., Birchall C. Effect of frost on triticale and wheat varieties at flowering in the North Eastern Australian cereal belt // Cereal Research Communications. 2017. V.45. N4. P. 655-664.

Conclusions. The results of the studies, in particular on the biochemical composition and nutrient content, were different for breeding samples of winter triticale in the dry steppe zone of the Urals.

The increased content of crude protein in the green mass of winter triticale was noted in samples: Altai 5 (10.85 %), lines 36/2 (10.69 %), 45/2, Rondo (10.37 %), Dokuchaevsky (9.89 %), Baby (9.25 %), ADP-256 and Nevo (9.09 %). The varieties Kroha, Taza, Balansa, Dokuchaevsky, Altaysky 5, Rondo, lines 45/2, 36/2 were characterized by high nutritional value of green mass.

High content of protein and fat was found in winter triticale grains: ADP-256, KS88T, lines 45/2, 36/2.

The listed variety samples can be recommended for use as a starting material for breeding winter triticale feed direction.

The results of the studies showed that all the studied variety varieties differed in the degree of severity of the qualitative characteristics.

Studies have been conducted to determine the optimal ratio of triticale and wheat flour for use in baking.

When evaluating varieties of winter triticale, differences were revealed in the main technological indicators. In order to preserve the nutritional value and other valuable properties of the bread of the studied varieties of triticale and increase consumer value, it is advisable to use a mixture of triticale and wheat flour in a ratio of 30 : 70. The best baking properties are noted in the breeding line 36/2. Proved variety samples possess a complex of economically valuable properties and can be recommended as genetic sources when creating new varieties of triticale for use in baking production.

References

1. Berkutova N., Sanduhadze B., Soboleva E. Mukomol'nye svoystva zerna perspektivnyh sortov ozimoy pshenicy // Hleboprodukty. 2010. № 11. P. 51-53.
2. Vitol I. S., Gerasina A. Yu., Pankrat'eva I. A. Tehnologicheskie i biohimicheskie pokazateli v ocenke kachestva zerna tritikale sorta Timiryazevskaya 150 // Vestnik Altajskogo gos. agrarnogo un-ta. 2017. № 8 (154). P. 43-48.
3. V'yurkov V. V. Novye ozimye kul'tury na temno-kashtanovykh pochvah Priural'ya // Nauka, obrazovanie i kul'tura. 2017. №8. P. 9-12.
4. Kandrov R. H., Starichenkov A. A., Shtejnberg T. S. Vliyanie GTO na vyhod i kachestvo tritikalevoj muki // Hleboprodukty. 2015. № 1. P. 64-65.
5. Karchevskaya O. V., Dremucheva G. F., Grabovec A. I. Nauchnye osnovy i tehnologicheskie aspekty primeneniya zerna tritikale v proizvodstve hlebobulochnykh izdelij // Hlebopechenie Rossii. 2013. №5. P. 28-29.
6. Kachestvo zerna tritikale / E. P. Meleshkina, I. A. Pankrat'eva, O. V. Polituha, L. V. Chirkova, N. S. Zhil'cova // Hleboprodukty. 2015. № 2. P. 48-49.
7. Ponomarev S. N., Ponomareva M. L., Fomin S. I. Kormovaya cennost' sortov ozimoy tritikale v Srednevolzhskom regione // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2018. T. 32. № 7. P. 47-51.
8. Suhanberdina L. H., Denizbaev S. E. Harakteristika sortoobrazcov ozimogo tritikale po hozyajstvenno-cennym priznakam // Izvestiya Orenburgskogo gos. agrarnogo un-ta. - 2019. - № 3 (77). P. 67-71.
9. Formirovanie tehnologicheskikh kachestv zerna tritikale pod vliyaniem bioklimaticheskogo potentsiala Zapadnogo Kazakhstana / L. H. Suhanberdina, Zh. M. Gumarova, S. E. Denizbaev, R. Sh. Dzhaparov, A. V. Filippova // Izvestiya Orenburgskogo gos. agrarnogo un-ta. 2018. № 5 (73). P. 70-74.
10. Yaichkin V. N., Ivanova L. V. Tehnologicheskie svoystva ozimyykh kul'tur, vozdel'yvaemykh v Orenburgskoy oblasti, i vozmozhnosti ih ispol'zovaniya v hlebopechenii // Izvestiya Orenburgskogo gos. agrarnogo un-ta. 2019. № 2 (76). P. 65-67.

11. Biotic stresses in the anthropogenic hybrid triticale ($\times$ Triticosecale Wittmack): current knowledge and breeding challenges / K. Audenaert, V. Troch, S. Landschoot, G. Haesaert // European Journal of Plant Pathology. 2014. V.140. N4. P. 615-630.
12. Blum A. The abiotic stress response and adaptation of triticale // Cereal Research Communications. 2014. V.42. N3. P. 359-375.
13. Dynamics of physiological parameters during overwinter of triticale plants (Triticosecale Wittm. & Camus) in Povolzhje region / T. I. Diatchouk, A. V. Pominov, I. A. Kibkalo, O. V. Khomyakova, Yu. V. Ital'vanskaya, N. F. Safronova // Russian Agricultural Sciences. 2015. V.41. P. 415-418.
14. Kandrov R. H., Pankratov G. N. Development of an efficient technological scheme for triticale grain processing into graded bread flour // Russian Agricultural Sciences. 2019. V.45. P. 216-219.
15. Tshewang S., Jessop R., Birchall C. Effect of frost on triticale and wheat varieties at flowering in the North Eastern Australian cereal belt // Cereal Research Communications. 2017. V.45. N4. P. 655-664.

Authors Information

Baybekov Ravil Fayzrakhmanovich, professor of the Department of Soil Science, Geology and Landscape Studies FSBEI HE "Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazeva" (127550, Moscow, 49 Timiryazevskaya St.), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences.

Sukhanberdina Laura Khasanovna, associate professor of the Higher School "Plant Production Production Technologies" NAO "West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan (51000 Zhangir Khan St., Uralsk, Kazakhstan, 090009, Kazakhstan), Associate Professor, tel. 8 (7112) 50-18-50, e-mail: laura-49@mail.ru

Filippova Asya Vyacheslavovna, Head of the Department of Environmental Management Biology and Ecological Safety, Orenburg State Agrarian University (460014, Orenburg, ul. Chelyuskintsev 18), Doctor of Biological Sciences, Professor, e-mail: kassio-67@yandex.ru

Denizbayev Serik Edresovich, Senior Lecturer, Higher School "Plant Production Production Technologies", NAO "West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir Khan" (51000 Zhangir Khan St., Uralsk, 090009, Kazakhstan, Kazakhstan) Agricultural Sciences, tel. 8 (7112) 50-18-50, e-mail: serik.edres.denizbayev@gmail.com

Belopukhov Sergey Leonidovich, Professor, Department of Chemistry, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev" (127550, Moscow, ul. Timiryazevskaya, 49), doctor of agricultural sciences, professor, e-mail: belopuhov@mail.ru, tel. : +79629124355.

Информация об авторах

Байбеков Равиль Файзрахманович, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН.

Суханбердина Лаура Хасановна, доцент высшей школы «Технология производства продукции растениеводства» НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана» (090009, Казахстан, Западно-Казахстанская область, г. Уральск, ул. Жангир хана, 51), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (7112) 50-18-50, e-mail: laura-49@mail.ru

Филиппова Ася Вячеславовна, заведующий кафедрой биологии природопользования и экологической безопасности ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет» (460014, Оренбург, ул. Челюскинцев 18), доктор биологических наук, профессор, e-mail: kassio-67@yandex.ru

Денизбаев Серик Едресович, старший преподаватель высшей школы «Технология производства продукции растениеводства» НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана» (090009, Казахстан, Западно-Казахстанская область, г. Уральск, ул. Жангир хана, 51), магистр сельскохозяйственных наук, тел. 8 (7112) 50-18-50, e-mail: serik.edres.denizbayev@gmail.com

Белопухов Сергей Леонидович, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: belopuhov@mail.ru, тел.: +79629124355.

VARIABILITY OF PRODUCTIVITY OF SPRING VARIETIES WHEAT DEPENDING ON HYDROTHERMAL CONDITIONS ON LIGHT CHESTNESS SOILS VOLGOGRAD REGION

V. V. Balashov¹, V. V. Borodychev², K. V. Naboychenko¹, A. K. Agafonov³

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Volgograd branch of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering
and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov, Volgograd*

³*Federal State Institution «Volgograd State Variety Testing Station», Volgograd Region*

Received 17.12.2019

Submitted 18.02.2020

Summary

The article presents the results of a study of the reaction of zoned varieties of spring durum and spring soft wheat to the soil and climatic conditions of the south of the Volgograd region. We studied such indicators as the duration of interphase periods of development, the total duration of the growing season, the mass of 1000 seeds and yield.

Abstract

Introduction. With the growth of spring wheat in the Lower Volga region, an assortment of varieties is needed that will meet modern production requirements, have an optimal growing season and a stable yield, especially in the arid conditions of light chestnut soils of the Volgograd region. An object. The influence of hydrothermal conditions on the yield of different zoned varieties of spring durum wheat (Bezenchukskaya 205, Krasnokutka 13, Volnodonskaya, Donskaya elegy) and soft (Tulaykovskaya golden, Albidum 32, Ershovskaya 36, Saratovskaya 75) wheat for 2017-2019 is considered. **Materials and methods.** The experiments were laid at the Volgograd State Variety Testing Station. The object of the study was zoned varieties of spring durum wheat: Bezenchukskaya 205 (st.), Krasnokutka 13, Volnodonskaya, Donskaya elegy and spring soft wheat: Tulaykovskaya golden (st.), Albidum 32, Ershovskaya 36, Saratovskaya 75. The soils of the site are light chestnut. The predecessor is black steam. The seeding rate is 4 million germinating seeds per 1 ha. The repetition of the experiment is 4-fold, the accounting plot area is 50 m². **Results and discussion.** In sharply arid conditions of the south of the Volgograd region, when cultivating spring wheat, the optimal duration of the growing season is important. The shorter it is, the better the variety uses the moisture reserves accumulated in the soil during autumn, winter and spring, which affects the overall productivity of crops [4, 11]. Weather conditions during the years of research were different (table 1). In 2017, the growing conditions were more favorable than in the next two years. The total rainfall during the growing season was significantly lower than the average annual norm, in 2017 it was 97 mm, in 2018 - 3.5 mm, in 2019 - 42 mm. The duration of the phenological phases in varieties also varied significantly over the years, especially the periods of "seedlings - tillering" (from 10 to 15 days) and "heading - wax ripeness" (from 20 to 29 days). The number of days with air humidity less than 30 % was the smallest in 2017 - 2 days, the largest in 2018 - 11 days. The total duration of the growing season is an important indicator for spring wheat varieties, especially in sharply arid regions [2, 7, 11]. Studies have shown that the duration of the growing season of varieties varied significantly depending on hydrothermal conditions (table 2). Fluctuations ranged from 2 to 14 days over the years, depending on the variety. The average difference between varieties is from 1 to 4 days. On average over the years, the shortest growing season is in the variety Saratovskaya 75 (69 days), the longest - in the variety Krasnokutka 13 (73 days). The grain size of spring wheat is determined by the genotype of the variety, but largely depends on weather conditions, in particular, on soil moisture reserves during the period of grain formation [1, 2, 7]. Hydrothermal conditions influenced the formation of grain in different ways, in particular, the mass index of 1000 grains in the studied varieties (table 3). During the years of research, the mass of 1000 grains in spring wheat varieties was formed in different ways. The seed size of spring wheat varieties varied by 2.0-10.4 g, the highest value (39.5 g) was noted for Krasnokutka 13 in 2018, and on average for three years - 35.5 g. The research results showed that various varieties of soft and durum spring wheat did not respond equally to changes in hydrothermal conditions. The duration of the interphase periods varied both by years of research and by varieties with a difference of up to 14 days. Yield indicators

changed over the years by more than 50 %. For cultivation on light chestnut soils of the Volgograd region, first of all, we can recommend the Donskoy Elegy spring durum wheat variety (average yield 1.75 t / ha) and the Tulaykovskaya golden spring spring wheat variety (average yield 1.88 t / ha).

Key words: *spring wheat, variety, growing season, drought tolerance, crop structure, productivity.*

Citation. Balashov V. V., Borodychev V. V., Naboychenko K. V., Agafonov A. K. Variability of productivity of spring wheat varieties depending on hydrothermal conditions on light chestnut soils of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 57-64 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-05.

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 633.11"321":631.526.32(470.45)

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. В. Балашов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. В. Бородычев², доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

К. В. Набойченко¹, кандидат сельскохозяйственных наук

А. К. Агафонов³, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Волгоградский филиал Всероссийский НИИ гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, г. Волгоград

³ФГУ «Волгоградская государственная сортоиспытательная станция»,
Волгоградская область, р.п. Городище

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 18.02.2020

Актуальность. С ростом площадей яровой пшеницы в Нижнем Поволжье необходим ассортимент сортов, который будет отвечать современным требованиям производства, обладать оптимальной продолжительностью вегетационного периода и стабильной урожайностью, особенно в засушливых условиях светло-каштановых почв Волгоградской области. **Объект.** Рассмотрено влияние гидротермических условий на урожайность различных районированных сортов яровой твердой (Безенчукская 205, Краснокутка 13, Вольнодонская, Донская элегия) и мягкой (Тулайковская золотистая, Альбидум 32, Ершовская 36, Саратовская 75) пшеницы за 2017-2019 годы. **Материалы и методы.** Исследования проведены в условиях светло-каштановых почв Волгоградской области на опытном участке Волгоградской государственной сортоиспытательной станции. Закладка опыта проведена согласно методикам Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур. **Результаты и выводы.** Проанализированы особенности влияния гидротермических условий на общую продолжительность вегетационного периода и продолжительность отдельных фаз, влияние на формирование массы 1000 семян и урожайность. Погодные условия в годы исследований значительно различались по годам. Различия по времени наступления фенологических фаз по сортам не отличалось более чем на 2-3 суток, кроме сортов Тулайковская золотистая и Саратовская 75 в 2019-м году. Установлено, что в засушливые годы вегетационный период сокращался на 10-11 суток, а в среднем за три года составлял 69-73 дня. Крупность семян сортов яровой пшеницы изменялась на 2,0-10,4 г, самое высокое значение (39,5 г) отмечено у сорта Краснокутка 13 в 2018 году, а в среднем за три года – 35,5 г. Максимальная урожайность получена у абсолютного большинства сортов в 2017 году, когда выпало 97 мм осадков за весь период вегетации, а это значительно ниже, чем среднегодовое значение. Максимальная урожайность у всех сортов получена в 2017 году (от 1,55 до 2,83 т/га). В целом изменения урожайности составили по годам до 1,92 т/га. Самая высокая урожайность у сорта твердой пшеницы Донская элегия – 2,83 т/га, у сорта мягкой пшеницы Тулайковская золотистая – 2,61 т/га.

Ключевые слова: пшеница яровая, сорта яровой пшеницы, вегетационный период пшеницы, засухоустойчивость яровой пшеницы, структура урожая пшеницы, урожайность яровой пшеницы.

Цитирование. Балашов В. В., Бородычев В. В., Набойченко К. В., Агафонов А. К. Изменчивость продуктивности сортов яровой пшеницы в зависимости от гидротермических условий на светло-каштановых почвах Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 57-64. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-05.

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. Яровая пшеница – ценная зерновая культура, так как её зерно обладает высоким содержанием белка и имеет хорошие хлебопекарные качества. Хотя Нижнее Поволжье является потенциально благоприятным регионом возделывания яровой пшеницы, мнения различных исследователей по этому вопросу противоречивы. Эффективность производства зерна яровой мягкой и твёрдой пшеницы должна основываться на оптимальном подборе сортов. Сорт играет немаловажную роль в формировании продуктивности [5, 6, 9].

В настоящее время в производстве имеется много сортов, обладающих высокой продуктивностью и хорошим качеством зерна [3, 8, 10]. Задачей исследований было сравнение сортов яровой твердой и мягкой пшеницы в гидротермических условиях юга Волгоградской области.

Материалы и методы. Опыты были заложены на Волгоградской государственной сортоиспытательной станции. Объектом исследований были районированные сорта яровой твердой пшеницы: Безенчукская 205 (st.), Краснокутка 13, Вольнодонская, Донская элегия и яровой мягкой пшеницы: Тулайковская золотистая (st.), Альбидум 32, Ершовская 36, Саратовская 75. Почвы участка – светло-каштановые. Предшественник – чёрный пар. Норма посева – 4 млн всхожих семян на 1 га. Повторность опыта – 4-х кратная, учётная площадь деланки – 50 м².

Результаты и обсуждение. В резкозасушливых условиях юга Волгоградской области при возделывании яровой пшеницы важна оптимальная продолжительность вегетационного периода. Чем он короче, тем лучше сорт использует запасы влаги, накопленные в почве за осень, зиму и весну, что сказывается на общей продуктивности посевов [4, 11].

Погодные условия в годы исследований были различными (таблица 1). В 2017 условия вегетации складывались более благоприятно, чем в последующие два года. Общее количество осадков за период вегетации было значительно ниже среднегодовой нормы, в 2017 году составило – 97 мм, 2018-м – 3,5 мм, в 2019-м – 42 мм. Продолжительность фенологических фаз у сортов так же значительно изменялись по годам, особенно периоды «всходы - кущение» (от 10 до 15 дней) и «колошение – восковая спелость» (от 20 до 29 дней). Число дней с влажностью воздуха менее 30 % было наименьшим в 2017 году – 2 дня, наибольшим в 2018 году – 11 дней.

Общая продолжительность вегетационного периода является важным показателем для сортов яровой пшеницы, особенно в резкозасушливых регионах [2, 7, 11].

Исследования показали, что продолжительность периода вегетации сортов значительно изменялась в зависимости от гидротермических условий (таблица 2). Колебания составляли по годам от 2 до 14 дней в зависимости от сорта. Среднее

различие между сортами – от 1 до 4 дней. В среднем по годам самый короткий вегетационный период – у сорта Саратовская 75 (69 дней), самый длинный – у сорта Краснокутка 13 (73 дня).

Таблица 1 – Влияние гидротермических условий на продолжительность межфазных периодов яровой пшеницы по годам исследований

Table 1 – Effect of hydrothermal conditions on the duration interfase periods of spring wheat by years of research

Межфазные периоды / Interphase periods	Период, суток / Period, days	Влажность воздуха 30 % и менее, дней / Humidity air 30 % and less, days	Температура воздуха, ° C / Temperature air, °C		Осадки, мм / Precipitation, mm	
			средняя / average	средняя многолетняя / average many summer	средняя / average	средняя многолетняя / average many summer
2017						
Посев – всходы / Sowing - seedlings	11	3	11,2	14,1	38,5	13,7
Всходы – кушение / Seedlings - tillering	15	2	17,5	17,1	12,5	30,9
Кушение –колошение / Tillering - heading	26	7	18,3	20,9	39,0	44,6
Колошение – восковая спелость / Heading - wax ripeness	29	2	24,2	23,0	7,0	38,4
2018						
Посев – всходы / Sowing - seedlings	9	2	20,2	14,7	0	12,5
Всходы – кушение / Seedlings - tillering	10	2	18,7	17,2	0	28,1
Кушение – колошение / Tillering - heading	29	11	22,2	21,0	3,5	40,9
Колошение – восковая спелость / Heading - wax ripeness	26	11	28,9	23,5	0	34,9
2019						
Посев – всходы / Sowing - seedlings	7	1	10,0	13,1	2,9	10,9
Всходы – кушение / Seedlings - tillering	12	2	14,5	16,9	4,0	33,8
Кушение – колошение / Tillering - heading	29	11	25,3	22,1	13,7	44,0
Колошение – восковая спелость / Heading - wax ripeness	20	10	25,7	23,4	21,5	41,5

Крупность зерна яровой пшеницы обусловлена генотипом сорта, но в значительной степени зависит от погодных условий, в частности от запасов почвенной влаги в период формирования зерна [1, 2, 7]. Гидротермические условия по-разному влияли на формирование зерна, в частности на показатель массы 1000 зерен у изучаемых сор-

тов (таблица 3). В годы исследований масса 1000 зерен у сортов яровой пшеницы формировалась по-разному. Крупность семян сортов яровой пшеницы изменялась на 2,0-10,4 г, самое высокое значение (39,5 г) отмечено у сорта Краснокутка 13 в 2018 году, а в среднем за три года – 35,5 г.

Таблица 2 – Продолжительность периода вегетации у сортов яровой твердой и мягкой пшеницы, суток

Table 2 – The duration of the growing season in varieties of spring durum and soft wheat, days

№ п./п.	Сорт/Sort	Годы / Years			Среднее / Average
		2017	2018	2019	
1.	Безенчукская 205(st.) / Bezenchukskaya 205 (st.)	75	65	73	71
2.	Краснокутка 13 / Krasnokutka 13	77	69	73	73
3.	Вольнодонская / Volnodonskaya	75	66	71	71
4.	Донская элегия /Don Elegy	76	66	71	71
5.	Тулайковская золотистая(st.) / Tulaykovskaya golden (st.)	79	68	64	70
6.	Альбидум 32 / Albidum 32	77	63	71	70
7.	Ершовская 36 / Ershovskaya 36	78	69	72	73
8.	Саратовская 75 / Saratov 75	77	67	64	69

Таблица 3 – Масса 1000 зерен у сортов яровой твердой и мягкой пшеницы, г

Table 3 – The mass of 1000 grains in varieties of spring durum and soft wheat, g

№ п./п.	Сорт/Sort	Годы / Years			Среднее / Average
		2017	2018	2019	
1.	Безенчукская 205(st.) / Bezenchukskaya 205 (st.)	29,4	38,3	36,3	34,7
2.	Краснокутка 13 / Krasnokutka 13	33,7	39,5	33,4	35,5
3.	Вольнодонская / Volnodonskaya	31,6	37,3	33,4	34,1
4.	Донская элегия /Don Elegy	37,1	33,3	33,0	34,5
5.	Тулайковская золотистая(st.) / Tulaykovskaya golden (st.)	28,6	27,7	28,8	28,4
6.	Альбидум 32 / Albidum 32	25,2	39,0	33,6	32,6
7.	Ершовская 36 / Ershovskaya 36	23,5	27,6	32,4	27,8
8.	Саратовская 75 / Saratov 75	20,3	30,4	28,3	26,3

Таблица 4 – Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы, т/га

Table 4 – Yields of spring soft wheat varieties, t / ha

№ п./п.	Сорт/Sort	Годы / Years			Среднее / Average
		2017	2018	2019	
1.	Безенчукская 205(st.) / Bezenchukskaya 205 (st.)	2,50	1,48	1,00	1,66
2.	Краснокутка 13 / Krasnokutka 13	2,77	1,34	0,85	1,65
3.	Вольнодонская / Volnodonskaya	2,53	1,43	0,85	1,60
4.	Донская элегия /Don Elegy	2,83	1,46	0,97	1,75
5.	Тулайковская золотистая(st.) / Tulaykovskaya golden (st.)	2,61	1,48	1,56	1,88
6.	Альбидум 32 / Albidum 32	1,93	1,44	1,52	1,63
7.	Ершовская 36 / Ershovskaya 36	1,55	1,48	1,54	1,52
8.	Саратовская 75 / Saratov 75	1,94	1,72	1,64	1,77
	НСР ₀₅	0,3	0,1	0,1	

Урожайность яровой пшеницы значительно варьировала как по годам исследований, так и по испытываемым сортам (таблица 4). В 2017 и 2018 годы урожайность сортов твердой яровой пшеницы была значительно выше, чем у сортов мягкой (на 0,5-0,8 т/га), в 2019 году выше была продуктивность сортов мягкой пшеницы (на 0,5-0,8 т/га).

Наивысшая урожайность среди сортов твёрдой пшеницы была получена у сорта Донская элегия в 2017-м году – 2,83 т/га. Среди сортов мягкой пшеницы – у Тулайковской золотистой в 2017-м году – 2,61 т/га. Наибольшая средняя урожайность за годы исследований – у сорта Тулайковская золотистая (1,88 т/га). В целом изменения урожайности сортов составляли по годам до 1,92 т/га.

Выводы. Результаты исследований показали, что различные сорта мягкой и твёрдой яровой пшеницы неодинаково реагировали на изменение гидротермических условий. Продолжительность межфазовых периодов изменялась как по годам исследований, так и по сортам с разницей до 14 дней. Показатели урожайности изменялись по годам более чем на 50 %. К возделыванию на светло-каштановых почвах Волгоградской области, прежде всего, можно рекомендовать сорт яровой твёрдой пшеницы Донская элегия (средняя урожайность 1,75 т/га) и сорт яровой мягкой пшеницы Тулайковская золотистая (средняя урожайность 1,88 т/га).

Библиографический список

1. Васин В. Г., Бурунов А. Н. Влияние обработки посевов препаратами Мегамикс на урожайность яровой пшеницы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 94-99.
2. Иванов В. М., Чернуха С. А. Качество зерна и семян яровой пшеницы в зависимости от агротехнических приемов на каштановых почвах Волгоградского Заволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 2 (22). С. 8-13.
3. Иммуитет, адаптивность и качество сортов яровой твёрдой пшеницы в среднем Поволжье / М. В. Беляева [и др.] // Известия Самарской ГСХА. Самара: СамГАУ, 2018. № 4. С. 3-11.
4. Крючков А. Г. Урожайность сортов яровой твёрдой пшеницы в зависимости от продуктивности предшественника и атмосферной засушливости на чернозёме южном в степи Оренбургского Предуралья // Зерновое хозяйство России. 2015. № 3. С. 41-51.
5. Лёвкина К. В., Кудина К. А., Аршинова А. Е. Отбор адаптированных сортов яровой мягкой и твердой пшеницы для светло-каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2. С. 78-86.
6. Наймушина А. Ю., Яичкин В. Н. Влияние сорта на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы в условиях Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 3. С. 45-48.
7. Оценка жароустойчивости яровой пшеницы / В. Г. Кривобочек [и др.] // Аграрный научный журнал. 2017. № 2. С. 10-13.
8. Селиванова В. Ю. Оценка влияния метеорологических факторов методом корреляции на формирование структуры урожая яровой пшеницы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 207-214.
9. Урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы / А. В. Титаренко [и др.] // Аграрный научный журнал. 2015. № 9. С. 31-34.
10. Урожайность яровой твёрдой пшеницы в зависимости от гидротермических условий на светло-каштановых почвах Волгоградской области / В. В. Балашов, К. В. Лёвкина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. №4 (48). С. 29-34.
11. Nadew B. B. Effects of Climatic and Agronomic Factors on Yield and Quality of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) // Seed: A Review on Selected Factors. Advances in Crop Science and Technology. 2018. №6 (2). P. 356-360.

Conclusions. The research results showed that various varieties of soft and durum spring wheat did not respond equally to changes in hydrothermal conditions. The duration of the interphase periods varied both by years of research and by varieties with a difference of up

to 14 days. Yield indicators changed over the years by more than 50 %. For cultivation on light chestnut soils of the Volgograd region, first of all, we can recommend the Donskoy Elegy spring durum wheat variety (average yield 1.75 t / ha) and the Tulaykovskaya golden spring spring wheat variety (average yield 1.88 t / ha).

References

1. Vasin V. G., Burunov A. N. Vliyanie obrabotki posevov preparatami Megamiks na urozhajnost' yarovoj pshenicy // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2013. № 4 (32). P. 94-99.
2. Ivanov V. M., Chernuha S. A. Kachestvo zerna i semyan yarovoj pshenicy v zavisimosti ot agrotehnicheskikh priemov na kashtanovykh pochvah Volgogradskogo Zavolzh'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2011. № 2 (22). P. 8-13.
3. Immunitet, adaptativnost' i kachestvo sortov yarovoj tvjorodoy pshenicy v srednem Povolzh'e / M. V. Belyaeva [i dr.] // Izvestiya Samarskoj GSXA. Samara: SamGAU, 2018. № 4. P. 3-11.
4. Kryuchkov A. G. Urozhajnost' sortov yarovoj tvjorodoy pshenicy v zavisimosti ot produktivnosti predshestvennika i atmosfernoj zasushlivosti na chernozjome yuzhnom v stepi Orenburgskogo Predural'ya // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2015. № 3. P. 41-51.
5. Ljovkina K. V., Kudina K. A., Arshinova A. E. Othbor adaptirovannykh sortov yarovoj myagkoj i tverdoj pshenicy dlya svetlo-kashtanovykh pochv Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2. P. 78-86.
6. Najmushina A. Yu., Yaichkin V. N. Vliyanie sorta na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj myagkoj pshenicy v usloviyah Orenburgskogo Predural'ya // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3. P. 45-48.
7. Ocenka zharoustojchivosti yarovoj pshenicy / V. G. Krivobochech [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2017. № 2. P. 10-13.
8. Selivanova V. Yu. Ocenka vliyaniya meteorologicheskikh faktorov metodom korrelyacii na formirovanie struktury urozhaya yarovoj pshenicy v suhostepnoj zone Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 3 (55). P. 207-214.
9. Urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj myagkoj pshenicy / A. V. Titarenko [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2015. № 9. P. 31-34.
10. Urozhajnost' yarovoj tvjorodoy pshenicy v zavisimosti ot gidrotermicheskikh uslovij na svetlo-kashtanovykh pochvah Volgogradskoj oblasti / V. V. Balashov, K. V. Ljovkina [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. №4 (48). P. 29-34.
11. Nadew B. B. Effects of Climatic and Agronomic Factors on Yield and Quality of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) // Seed: A Review on Selected Factors. Advances in Crop Science and Technology. 2018. №6 (2). P. 356-360.

Authors Information

Balashov Vasily Vasilievich, Professor, Department of Crop Production, Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26), Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. +7 (8442) 41-14-03.

Borodychev Viktor Vladimirovich, director of the Volgograd branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova "(RF, 400002, Volgograd, ul. Timiryazev, 9), e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Naboychenko Konstantin Viktorovich, Head of the Center for Breeding and Seed Breeding, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, Universitetskiy prospekt, 26), candidate of agricultural sciences, e-mail: volgausselect@yandex.ru

Agafonov Alexander Konstantinovich, deputy. Director of the Federal State Institution "Volgograd State Variety Testing Station" (403001, Volgograd Region, village of Gorodishche, 11 Timiryazev St.), candidate of agricultural sciences.

Информация об авторах

Балашов Василий Васильевич, профессор кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. +7 (8442) 41-14-03.

Бородычев Виктор Владимирович, директор Волгоградского филиала «Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9) E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Набойченко Константин Викторович, руководитель центра селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: volgausselect@yandex.ru

Агафонов Александр Константинович, зам. директора ФГУ «Волгоградская государственная сортоиспытательная станция» (403001, Волгоградская область, р.п. Городище, ул. Тимирязева, 11), кандидат сельскохозяйственных наук.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-06

EFFICIENCY OF APPLICATION OF BIOLOGICAL PREPARATIONS AT CULTIVATION OF WINTER WHEAT IN THE LOWER VOLGA REGION

A. V. Zeleney¹, L. V. Igonnikova², P. A. Smutnev²

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

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

Received 14.01.2020

Submitted 10.03.2020

Summary

The article presents the results of the use of various biological products in the cultivation of winter wheat. The conducted research has established their effectiveness in increasing the yield of this crop, reducing the infection rate of seeds and plant residues, and increasing the profitability of production.

Abstract

Introduction. Modern agriculture is developed on the basis of chemical production of agricultural products. The use of non-rational doses of fertilizers leads to violation of the ecological state of the environment, contamination of grown products. In this regard, the mobilization of biological factors is becoming increasingly important and, as one of the main links in the greening of agricultural production, allows you to get high yields, while ensuring the reproduction of soil fertility. **Object.** The object of research is winter wheat plants, the use of biological products on which helps to obtain a stable yield of this crop with minimal costs. **Materials and methods.** Industrial experiments for the study of application of biological products at cultivation of winter wheat varieties Kamyshanka 4 predecessor pure steam is carried out in Limited liability company «Kamyshinskoe Pilot production facilities» in the years 2015-2017. Chestnut soils are heavy-loam low-power with humus content in the upper arable layer of 1-2.2 %. Precipitation averaged 320 mm per year. Microbial preparations are grown in their own biolaboratory, created using the technology of LLC MIP «Kubanagrotech». The following types of microorganisms were grown: Azotobacter chroococcum, Bacillus megaterium, Bacillus subtilis, Trichoderma viridi, Pseudomonas fluorescens, Beauveria bassiana, Metarhizium anisopliae. The introduction of biological products was carried out in the following ways: 1) post-harvest processing of plant residues - produced by microorganisms of 1 l/ha with embedding in the upper five-centimeter layer of soil; 2) seed treatment-bacterial and fungal preparations at a dose of 1 l/t; 3) non-root feeding of plants on vegetation – at spring renewal of vegetation, an output in a tube, a flag leaf and earing with a dose of 1 l/ha. **Results and conclusion.** In LLC «Kamyshinskoe Pilot production facilities» the infection rate of seeds with pathogens as a result of the use of biological products decreased every year, the laboratory germination rate increased and amounted to 95-98 % in the year 2017. According to photoexpert seed in the year 2015 General infection own seed accounted for 25-45 % (the bacterial diseases, Fusarium, Alternaria) brought from Zernograd 45-100 %, taken from the fields Kamyshinsky

laboratory of breeding, seed production and nursery management of the Federal research center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences – 70-100 %, the infection in the year 2017 their seeds amounted to 6-21 % (mold, early blight, helminthosporium). At the beginning of the application of biological products in the soil there was no accumulation of useful microorganisms, the increase in winter wheat yield was in various versions from 0.33 to 0.65 t/ha, which allowed to reduce the cost of production by 1.96 rubles/kg. The cost of 1 kg of products in the control (no biological treatments were performed) was 7.76 rubles, for double treatment with stimix together with urea 7.2 rubles, and for treatment with rhizobact with urea – 5.8 rubles. The highest yield of winter wheat is provided when applying a complex of microorganisms (KM) in the fall on stubble, when etching seeds before sowing and processing plants in the growing season together with liquid fertilizers CAS (urea ammonia mixture) with a norm of 83 kg/ha of physical weight – 4.74 t/ha, which is higher than the control version, where the drugs were not used at 2.74 t/ha. A significant increase in yield in comparison with the control was obtained with the same use of a complex of microorganisms, but at a CAS rate of 73 kg/ha – 2.7 t/ha. In these variants, the lowest cost of production was 1 kg of winter wheat grain, respectively, 1.84 and 1.82 rubles. When introducing a complex of microorganisms only when the seeds are etched before sowing and during the vegetation of plants together with different CAS norms, without autumn use for stubble, it leads to a decrease in yield by 1.67-2.54 t/ha. The cost of production of 1 kg of grain in these variants was 3.5-2.85 rubles. The highest yield of winter wheat grain is provided with a total dose of CAS and feedings of 69 and 73 kg/ha, respectively, 4.05 and 4.06 t/ha. Moreover, the use of CAS on the flag sheet with a dose of 36 kg/ha is more effective than in the tube-forming phase with a dose of 40 kg/ha. In General, an increase in the total dose of CAS by 5.8 % does not provide an increase in the yield of this crop. The cost of production of 1 kg of products is also the lowest in these variants – 3,6-3,61 rubles. In the conditions of the dry-steppe zone of the Lower Volga region, one of the main factors for increasing the fertility of chestnut soil and the yield of winter wheat is the biologization of agriculture. Only ensuring the natural interaction of soil, plants and microorganisms will allow you to get a consistently high yield of this crop with minimal costs.

Key words: *complex of microorganisms, urea ammonia mixture, biologicals, seed, foliar, winter wheat, yield, cost price.*

Citation. Zelenyev A. V., Igonnikova L. V., Smutnev P. A. Efficiency of application of biological preparations at cultivation of winter wheat in the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 64-74 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-06.

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

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

УДК 633.1"324":631.8 (470.44/47)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

А. В. Зеленев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Л. В. Игольникова², кандидат сельскохозяйственных наук

П. А. Смутнев², кандидат сельскохозяйственных наук

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 14.01.2020

Дата принятия к печати 10.03.2020

Актуальность. Современное земледелие развивается на основе химизации производства сельскохозяйственной продукции. Применение нерациональных доз удобрений приводит к нарушению экологического состояния окружающей среды, загрязнению выращиваемой продукции. В связи с этим мобилизация биологических факторов приобретает все большую актуальность и, яв-

ляясь одним из основных звеньев экологизации сельскохозяйственного производства, позволяет получать высокие урожаи, обеспечивая при этом воспроизводство почвенного плодородия. **Объект.** Объектом исследований являются растения озимой пшеницы, применение биопрепаратов на которых способствует получению стабильной урожайности этой культуры с минимальными затратами. **Материалы и методы.** Производственные опыты по изучению применения биопрепаратов при выращивании озимой пшеницы сорта Камышанка 4 по предшественнику чистый пар проводили в ООО «Камышинское ОПХ» в 2015-2017 годах. Почвы каштановые тяжелосуглинистые маломощные с содержанием гумуса в верхнем пахотном слое 1-2,2 %. Осадков в среднем за год выпадало 320 мм. Микробные препараты выращиваются в собственной биолaborатории, созданной по технологии ООО МИП «Кубаньагротех». Выращивали следующие виды микроорганизмов: *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viridi*, *Pseudomonas fluorescens*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*. Внесение биопрепаратов проводили следующими способами: 1) послеуборочная обработка растительных остатков производится микроорганизмами по 1 л/га с заделкой в верхний пятисантиметровый слой почвы; 2) протравливание семян – бактериальными и грибковыми препаратами в дозе 1 л/т; 3) некорневые подкормки растений по вегетации – при весеннем возобновлении вегетации, выходе в трубку, флаговом листе и колошении дозой 1 л/га. **Результаты и выводы.** В ООО «Камышинское ОПХ» инфицированность семян возбудителями болезней в результате применения биопрепаратов с каждым годом снижалась, лабораторная всхожесть повышалась и составляла в 2017 году 95-98 %. По данным фитоэкспертизы семян в 2015 году общая инфицированность собственных семян составляла 25-45 % (бактериозы, фузариум, альтернариоз), привезенных с Зернограда – 45-100 %, взятых с полей Камышинской лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ ФНЦ агроэкологии РАН – 70-100 %, в то время как инфицированность в 2017 году своих семян составила 6-21 % (плесень, альтернариоз, гелиминтоспориоз). В начале применения биопрепаратов в почве еще не было накопления полезных микроорганизмов, прибавка урожайности озимой пшеницы составляла в различных вариантах от 0,33 до 0,65 т/га, что позволило снизить себестоимость продукции на 1,96 руб./кг. Стоимость 1 кг продукции в контроле (не производилось никаких обработок биопрепаратами) составила 7,76 руб., при двукратной обработке стимуком совместно с карбамидом 7,2 руб., а при обработке ризобактом с карбамидом – 5,8 руб. Самая высокая урожайность озимой пшеницы обеспечивается при внесении комплекса микроорганизмов (КМ) осенью по стерне, при протравливании семян перед посевом и обработке растений по фазам вегетации совместно с жидкими удобрениями КАС (карбамидаммиачная смесь) нормой 83 кг/га физического веса – 4,74 т/га, что выше контрольного варианта, где препараты не применялись на 2,74 т/га. Значительная прибавка урожайности в сравнении с контролем была получена при таком же использовании комплекса микроорганизмов, но при норме КАС 73 кг/га – 2,7 т/га. В этих вариантах была самая низкая себестоимость производства: 1 кг зерна озимой пшеницы соответственно, 1,84 и 1,82 руб. При внесении комплекса микроорганизмов только при протравливании семян перед посевом и по вегетации растений совместно с КАС различными нормами, без осеннего использования по стерне приводит к снижению урожайности на 1,67-2,54 т/га. Себестоимость производства 1 кг зерна в этих вариантах составляла 3,5-2,85 руб. Самая высокая урожайность зерна озимой пшеницы обеспечивается при общей дозе КАС и подкормках 69 и 73 кг/га, соответственно 4,05 и 4,06 т/га. Причем применение КАС по флаговому листу дозой 36 кг/га эффективнее, чем в фазу трубкования дозой 40 кг/га. В целом увеличение общей дозы КАС на 5,8 % не обеспечивает прибавки урожайности этой культуры. Себестоимость производства 1 кг продукции также в этих вариантах наименьшая – 3,6-3,61 руб. В условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья одним из главных факторов повышения плодородия каштановой почвы и урожайности озимой пшеницы является биологизация земледелия. Только обеспечение природного взаимодействия почвы, растений и микроорганизмов позволит получать стабильно высокую урожайность этой культуры с минимальными затратами.

Ключевые слова: комплексы микроорганизмов, карбамидаммиачная смесь, биопрепараты, протравливание семян, некорневая подкормка озимой пшеницы, озимая пшеница, урожайность озимой пшеницы, себестоимость зерна.

Цитирование. Зеленев А. В., Игольников Л. В., Смутнев П. А. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании озимой пшеницы в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 64-74. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-06.

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе проведенных исследований, а также ознакомлены и одобрили представленный окончательный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современное земледелие развивается на основе химизации производства сельскохозяйственной продукции. Применение нерациональных доз удобрений приводит к нарушению экологического состояния окружающей среды, загрязнению выращиваемой продукции [3, 9].

В последнее время наметилось направление в сторону возрождения производства безопасной и экологически чистой продукции сельского хозяйства. Разрабатываются технологии применения биопрепаратов в разных природно-климатических зонах страны [1, 5, 10].

Биопрепараты применяют во все фазы развития растений, так как они не содержат вредных компонентов, которые накапливаются в культурных растениях. Они улучшают фитосанитарное состояние посевов, повышают плодородие почвы [6, 7, 11].

Эффект биологической технологии заключается в использовании разных видов микроорганизмов, которые обеспечивают сбалансированное питание во все фазы развития растений и их защиту от возбудителей болезней [2, 12].

Материалы и методы. Производственные опыты по изучению применения биопрепаратов при выращивании озимой пшеницы сорта Камышанка 4 по предшественнику чистый пар проводили в ООО «Камышинское ОПХ» в 2015-2017 годах. Почвы каштановые тяжелосуглинистые маломощные с содержанием гумуса в верхнем пахотном слое 1-2,2 %. Сильная распыленность, низкая агрегатная способность и неблагоприятные водно-воздушный и питательный режимы почвы обусловлены высоким содержанием поглощенного натрия – 5-10 %. Отмечались сильные годовые колебания температуры воздуха. В летние дни она достигала иногда +39-45 °С, в зимние снижалась до -27-36 °С. Осадков в среднем за год выпадало 320 мм.

Микробные препараты выращиваются в собственной биолaborатории, созданной по технологии ООО МИП «Кубаньагротех». В кубовую емкость, наполненную водой, вносится питательная среда в виде сахара и дробленого зерна пшеницы, добавляется стартовый инокулянт культуры микробов и включается барботаж. Смесь культивируется в течение 7-10 суток. На кубовую емкость вносят стартовый инокулянт – 1 шт., сахар – 15 кг, дробленка – 20 кг. Затраты получаются небольшими, поэтому и себестоимость одного литра препарата составляет 5 руб. Выращивали следующие виды микроорганизмов: *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma viridi*, *Pseudomonas fluorescens*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*.

Внесение биопрепаратов проводили следующими способами:

- 1) послеуборочная обработка растительных остатков производится микроорганизмами по 1 л/га с заделкой в верхний пятисантиметровый слой почвы;
- 2) протравливание семян – бактериальными и грибковыми препаратами в дозе 1 л/т;
- 3) некорневые подкормки растений по вегетации – при весеннем возобновлении вегетации, выходе в трубку, флаговом листе и колошении дозой 1 л/га.

Первую подкормку озимой пшеницы проводили рабочим раствором 100 л/га, остальные – 150 л/га.

В 2015 году проводили двукратную обработку стимуком совместно с карбамидом (39-43 кг/га), протравливание семян перед посевом ризобактом с последующей одной обработкой по вегетации растений, а также такой же вариант, но с подкормкой карбамидом – 25 кг/га.

В 2016 году вносили следующие препараты: комплекс микроорганизмов (КМ) осенью по стерне, при протравливании семян по результатам фитоэкспертизы и обработка растений по фазам их вегетации совместно с жидкими удобрениями КАС нормой 54-83 кг физического веса.

В 2017 году озимую пшеницу высевали с применением рядкового удобрения сульфоаммофос – 27 кг/га в физическом весе. В связи с применением биопрепаратов снизили норму посева семян, которая составила 2,5 млн шт./га, при традиционной – 3,5 млн шт./га.

Результаты и обсуждение. ООО «Камышинское ОПХ» не использует для обработки семян химические протравители, обходится только биопрепаратами. Инфицированность семян возбудителями болезней в хозяйстве с каждым годом снижалась, лабораторная всхожесть повышалась и составляла в 2017 году 95-98 %. По данным фитоэкспертизы семян в 2015 году общая инфицированность собственных семян составляла 25-45 % (бактериозы, фузариум, альтернариоз), привезенных из Зернограда – 45-100 %, взятых с полей Камышинской лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ ФНЦ агроэкологии РАН – 70-100 %, инфицированность в 2017 году своих семян составила 6-21 % (плесень, альтернариоз, гелиминтоспориоз).

На фоне обработки семян биопрепаратами возрастает эффективность внекорневых подкормок, которые позволяют предотвратить гибель посевов или потери урожая, связанные с погодными условиями, сбалансировать питание и перенаправить биохимические процессы в нужную сторону, особенно в критические периоды вегетации [8].

Листовые подкормки универсальны и применимы при любой технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Биологические препараты, распыленные на листья, быстро усваиваются и участвуют в процессе формирования урожая. Важно при листовых подкормках использовать мелкокапельное распыление. В ОПХ применяют центробежные распылители Роса. Некорневые подкормки растений озимой пшеницы осуществляются баковыми смесями из биологических препаратов, карбамидамиачной селитры, микроудобрений и активаторов роста растений. В результате их применения повышаются урожай и качество зерна этой культуры. Бактерии, которые проникают внутрь растений, препятствуют образованию вредной микрофлоры [4].

Микроорганизмы, которые содержатся в различных биологических препаратах, адаптируются к изменениям, и поэтому растение привыкнуть к ним не может. Всему применяемому комплексу микроорганизмов присуще селективное действие. Точное дозированное поступление легкогидролизуемого азота в вегетативные органы растений обеспечивается за счет применения дробных невысоких норм этого элемента в конкретные фенологические фазы развития озимой пшеницы.

Применение рано весной биологических препаратов позволяет обеспечить борьбу с возбудителями болезней озимой пшеницы при возобновлении вегетации. Появляется и стимулирующий эффект, который способствует активизации обменных реакций в растении, запуску фотосинтетических процессов в листе. Биудобрение реанимирует корневую систему, на которой образуются молодые корневые волоски, питающие в дальнейшем растения. Особенно этот эффект проявился в 2016-2017 годах, когда растения из-за поздних сроков посева, в связи с сухими условиями осени, выходили из зимовки очень ослабленными, а затем после подкормки происходило резкое нарастание растительной массы.

Более поздние подкормки по вегетации коктейлем из биопрепаратов и КАС направлены на поддержание активной деятельности листьев, повышение интенсивности фотосинтеза и против развития листовых болезней. Эти подкормки влияют на урожайность и качество продукции. Применение листовой подкормки в критическую фазу развития растений – это залог успеха и гарантированной прибавки урожайности.

Фенологические фазы развития растений озимой пшеницы «конец кущения», «начало выхода в трубку» являются критическими по влаге и элементам питания, потому что в этот период образуются колоски. Подкормка в этот период карбамидами-аммиачной смесью (КАС), биопрепаратами мобилизует потенциал, заложенный в растении, увеличивает урожай, защищает от листовых болезней.

При недостатке питания в фазу флагового листа идет сброс зерен в колоске. Подкормка карбамидами-аммиачной смесью и биопрепаратами растений озимой пшеницы в этот период способствует сохранению зерен в колоске, защищает от болезней. Она увеличивает урожайность культуры.

Для улучшения качества зерна в фазе налива семян проводится внекорневая подкормка карбамидами-аммиачной смесью не более 5 % концентрации. Данная подкормка увеличивает массу 1000 зерен и повышает количество клейковины.

Для равномерного смачивания листовой поверхности и создания пленки применяют биолипостим, выполняющего роль адъюванта, прилипателя и пленкообразователя, способствующего удержанию удобрений до 30 дней. Из удобрений предпочтение отдается карбамидами-аммиачной смеси (КАС). При подкормке карбамидом питательные вещества не успевают усвоиться растением в ночное время, а в утренние часы происходит испарение влаги с поверхности листа и удобрение кристаллизуется. Образовавшиеся кристаллы при сильном ветре опадают с листа на почву, а при засушливой погоде безвозвратно пропадают. При применении жидкого удобрения КАС на поверхности листа образуется пленка, и растение постепенно поглощает питательные вещества. Опрыскивание проводят только в ночное время, солнечные лучи пагубны для микробов. В это время суток стихает ветер, снижается температура воздуха и почвы. Кутикула листа становится проницаемой для растворов удобрения, эффективность листовой подкормки возрастает.

Прибавка урожайности озимой пшеницы в 40-90 %, которая достигается путем применения некорневых подкормок растений на фоне защиты от вредных организмов, значительно повышает рентабельность производства зерна этой культуры уже в первый год внедрения этого элемента технологии возделывания. Самые высокие затраты при выращивании озимой пшеницы обеспечиваются при применении карбамидами-аммиачной смеси (КАС) – 1285 руб./га. Самые низкие затраты наблюдаются при применении биологических и грибковых препаратов – соответственно 5,6-20,6 и 10,6-15,6 руб./га. Общие затраты на питание и защиту растений озимой пшеницы сравнительно небольшие и составляют 1905,2 руб./га.

Урожайность и себестоимость производства зерна озимой пшеницы сорта Камышанка 4 по предшественнику чистый пар в зависимости от применения биопрепаратов представлены в таблице 1.

Анализируя данные таблицы 1, можем констатировать, что в начале применения биопрепаратов в 2015 году в почве еще не было накопления полезных микроорганизмов, поэтому обеспечивалась относительно низкая урожайность озимой пшеницы. При использовании ризобакта при протравливании семян и однократной обработке по вегетирующим растениям с последующей некорневой подкормкой карбамидом в дозе 25 кг/га обеспечивалась наибольшая урожайность – 2,03 т/га, что выше контрольного ва-

рианта на 0,65 т/га, или 47,1 %. При обработке ризобактом в указанные сроки без некорневой подкормки карбамидом урожайность снижается до 1,94 т/га, но прибавка при этом в сравнении с контролем составляет 0,56 т/га или 40,6 %.

Таблица 1 – Урожайность и себестоимость зерна озимой пшеницы в зависимости от применения биопрепаратов в 2015 г.

Table 1 – Yield and cost of winter wheat grain in depending on the use of biological products in 2015

Вариант / Option	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Прибавка урожайности, т/га / Yield increase, t/ha	Себестоимость, руб./кг / Cost price, rub./kg
Контроль / Control	1,38	-	7,76
Двукратная обработка стимиксом + карбамид (39-43 кг/га) / Double treatment stimix + carbamide (39-43 kg/ha)	1,71	0,33	7,2
Ризобакт (протравливание семян + однократная обработка по вегетации) / Risobact (seed + single treatment on vegetation)	1,94	0,56	6,7
Ризобакт (протравливание семян + однократная обработка по вегетации) + карбамид (25 кг/га) / Risobact (seed + single treatment on vegetation) + carbamide (25 kg/ha)	2,03	0,65	5,8
НСР05, т/га / NSR05, t/ha	-	0,15	-

При двукратной обработке стимиксом и некорневой подкормке карбамидом в дозе 39-43 кг/га урожайность озимой пшеницы снижается до 1,71 т/га, что было также выше контрольного варианта на 23,9 %. Несмотря на низкую урожайность зерна озимой пшеницы в этом году, прибавка урожая была существенной, что в результате позволило снизить себестоимость продукции на 1,96 руб./кг. Стоимость 1 кг продукции в контроле (не производилось никаких обработок биопрепаратами) составила 7,76 руб., при двукратной обработке стимиксом совместно с карбамидом 7,2 руб., а при обработке ризобактом с карбамидом – 5,8 руб.

Применение биопрепаратов и некорневых подкормок в 2016 году на озимой пшенице сорта Камышанка 4 по предшественнику чистый пар позволило получить значительные прибавки урожайности (таблица 2).

Данные таблицы 2 показывают, что самая высокая урожайность озимой пшеницы обеспечивается при внесении комплекса микроорганизмов (КМ) осенью по стерне, при протравливании семян перед посевом и обработке растений по фазам вегетации совместно с жидкими удобрениями КАС (карбамидаммиачная смесь) нормой 83 кг/га физического веса – 4,74 т/га, что выше контрольного варианта, где препараты не применялись на 2,74 т/га. Значительная прибавка урожайности в сравнении с контролем была получена при таком же использовании комплекса микроорганизмов, но при норме КАС 73 кг/га – 2,7 т/га. В этих вариантах была самая низкая себестоимость производства 1 кг зерна озимой пшеницы – соответственно 1,84 и 1,82 руб. При внесении комплекса микроорганизмов только при протравливании семян перед посевом и по вегетации растений совместно с КАС различными нормами без осеннего использования по стерне наблюдается снижение урожайности на 1,67-2,54 т/га. Себестоимость производства 1 кг зерна в этих вариантах составляла 3,5-2,85 руб.

Таблица 2 – Влияние биопрепаратов и некорневых подкормок на урожайность и себестоимость зерна озимой пшеницы в 2016 г.

Table 2 – Effect of biologics and foliar feedings on yield and cost of winter wheat grain in 2016

Вариант / Option	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Прибавка, т/га / In- crease, t/ha	Себестоимость, руб./кг / Cost price, rub./kg
Контроль (без внесения) / Control (without making)	2	-	4,45
Комплекс микроорганизмов (по стерне + обработка семян + внекорневые подкормки) + карбамидаммачная смесь 83 кг / Complex microorganisms (stubble + seed treatment + foliar feeding) + urea ammonia mixture 83 kg	4,74	2,74	1,84
Комплекс микроорганизмов (обработка семян + некорневые подкормки) + карбамидаммачная смесь 73 кг / Complex of microorganisms (seed treatment + foliar feeding) + urea ammonia mixture 73 kg	4,54	2,54	2,85
Комплекс микроорганизмов (по стерне + обработка семян + внекорневые подкормки) + карбамидаммачная смесь 73 кг / Complex microorganisms (stubble + seed treatment + foliar feeding) + urea ammonia mixture 73 kg	4,7	2,7	1,82
Комплекс микроорганизмов (обработка семян + внекорневые подкормки) + карбамид-аммиачная смесь 61 кг / Complex of microorganisms (seed treatment + foliar feeding) + urea ammonia mixture 61 kg	3,9	1,9	3,52
Комплекс микроорганизмов (обработка семян + внекорневые подкормки) + карбамид-аммиачная смесь 54 кг / Complex of microorganisms (seed treatment + foliar feeding) + urea ammonia mixture 54 kg	3,67	1,67	3,5
НСР05, т/га / NSR05, t/ha	0,11	-	-

Урожайность и себестоимость производства зерна озимой пшеницы Камышанка 4 по предшественнику чистый пар в зависимости от применения различных доз КАС в период вегетации этой культуры в 2017 году приведена в таблице 3.

Данные таблицы 3 показывают, что самая высокая урожайность зерна озимой пшеницы в 2017 году обеспечивается при подкормках общей дозой КАС 69 и 73 кг/га соответственно 4,05 и 4,06 т/га. Причем применение КАС по флаговому листу дозой 36 кг/га эффективнее, чем в фазу трубкования дозой 40 кг/га. В целом увеличение общей дозы КАС на 5,8 % не обеспечивает прибавку урожайности этой культуры. Себестоимость производства 1 кг продукции также в этих вариантах наименьшая – 3,6-3,61 руб. Самая низкая урожайность озимой пшеницы наблюдалась при подкормке общей дозой КАС 53 кг/га – 3,8 т/га, что ниже лучшего варианта на 0,26 т/га или 6,8 %. Себестоимость 1 кг зерна озимой пшеницы здесь самая высокая и составляет 3,78 руб.

Таблица 3 – Влияние различных доз КАС при подкормках на урожайность и себестоимость зерна озимой пшеницы в 2017 г.

Table 3 – Effect of different doses of CAS at fertilizing on yield and cost of winter wheat grain in 2017

Общая доза КАС, кг/га / The total dose of urea ammonium nitrate, kg/ha	Доза КАС в фенологическую фазу, кг/га / Dose of urea ammonia mixture in the phenological phase, kg/ha				Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Себестоимость, руб./кг / Cost price, rub./kg
	кущение / tillering	трубкование / piping	флаговый лист / flag sheet	налив / filling		
Подкормка / Additional fertilizing 69	20	-	36	13	4,05	3,6
Подкормка / Additional fertilizing 73	20	40	-	13	4,06	3,61
Подкормка / Additional fertilizing 53	20	-	20	13	3,8	3,78
НСР05, т/га / NSR05, t/ha	-	-	-	-	0,04	-

Выводы. В условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья одним из главных факторов повышения плодородия каштановой почвы и урожайности озимой пшеницы является биологизация земледелия. Стабильное развитие сельхозпроизводства, решение проблем охраны окружающей среды, здоровья человека без применения биопрепаратов невозможны. Только обеспечение природного взаимодействия почвы, растений и микроорганизмов позволит получать стабильно высокую урожайность озимой пшеницы с минимальными затратами.

Библиографический список

1. Бондарева Т. Н., Дагужиева З. Ш. Влияние регуляторов роста растений и биопрепаратов на продуктивность озимой пшеницы в условиях республики Адыгея // Новые технологии. 2017. №4. С. 81-86.
2. Иванченко Т. В., Игольникова И. С. Влияние регуляторов роста на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. №1(49). С. 101-108.
3. Костылев П. И., Старикова Д. В. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы полунтенсивного типа после обработки стимуляторами // Аграрный вестник Урала. 2014. №5(123). С. 10-12.
4. Кузнецов О. О., Курсакова В. С. Сравнительная оценка влияния биопрепаратов и минеральных удобрений на формирования урожая сортов яровой твердой пшеницы в условиях Колочной степи Алтайского края // Вестник Алтайского ГАУ. 2013. №11. С. 5-9.
5. Лазарев В. И., Золотарева И. А., Шершнева О. М. Способы применения микробиологических препаратов Гуапсин и Трихофит на озимой пшенице // Земледелие. 2014. №2. С. 23-24.
6. Мудрых Н. М. Биологизация земледелия – основа сохранения плодородия почв Нечерноземной зоны // Вестник Алтайского ГАУ. 2017. №9 (155). С. 28-34.
7. Немченко В. В., Цыпышева М. Ю., Заргарян Н. Ю. Эффективность использования фунгицидов, регуляторов роста и биопрепаратов для борьбы с болезнями зерновых культур // Вестник Курганской ГСХА. 2013. №1. С. 21-23.
8. Пигорев И. Я., Тарасов А. А., Тарасов С. А. Влияние биопрепаратов на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в Центральном Черноземье // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. №9. С. 94-99.

9. Ремесло Е. В., Харитончик Л. А. Влияние биологических препаратов на урожайность озимой пшеницы в условиях степного Крыма // Зерновое хозяйство России. 2015. №5. С. 18-21.
10. Сахн-Вальд Ф. В., Беседин Н. В. Сравнительная эффективность использования микробиологических препаратов на посевах озимой пшеницы в условиях серых лесных почв Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. №3. С. 12-17.
11. Analysis of influence of biohumus on the basis of consortium of effective microorganisms on the productivity of winter wheat / A. I. Piskaeva, O. O. Babich, V. F. Dolganyuk, S. Yu. Garmashov // Foods and Raw materials. 2017. Vol. 5. №1. P. 90-99.
12. Rakesh Kumar, Merasenla Ao, Narendra Kumawat Enhancing Crops Productivity and Profitability through Using of Organic Fertilizers // Popular Kheti. 2014. №2 (2). P. 218-221.

Conclusions. In the conditions of the dry-steppe zone of the Lower Volga region, one of the main factors for increasing the fertility of chestnut soil and the yield of winter wheat is the biologization of agriculture. Stable development of agricultural production, solving problems of environmental protection, human health without the use of biological products is impossible. Only ensuring the natural interaction of soil, plants and microorganisms will allow you to get a consistently high yield of winter wheat with minimal costs.

References

1. Bondareva T. N., Daguzhieva Z. Sh. Vliyanie regulatorov rosta rastenij i biopreparatov na produktivnost' ozimoy pshenicy v usloviyah respubliki Adygeya // Novye tehnologii. 2017. №4. P. 81-86.
2. Ivanchenko T. V., Igol'nikova I. S. Vliyanie regulatorov rosta na produktivnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. №1(49). P. 101-108.
3. Kostylev P. I., Starikova D. V. Urozhajnost' sortov ozimoy myagkoj pshenicy poluintensivnogo tipa posle obrabotki stimulyatorami // Agrarnyj vestnik Urala. 2014. №5(123). P. 10-12.
4. Kuznecov O. O., Kursakova V. S. Sravnitel'naya ocenka vliyaniya biopreparatov i mineral'nyh udobrenij na formirovaniya urozhaya sortov yarovoj tverdoj pshenicy v usloviyah Kolochnoj stepi Altajskogo kraja // Vestnik Altajskogo GAU. 2013. №11. P. 5-9.
5. Lazarev V. I., Zolotareva I. A., Shershneva O. M. Sposoby primeneniya mikrobiologicheskikh preparatov Guapsin i Trihofit na ozimoy pshenice // Zemledelie. 2014. №2. P. 23-24.
6. Mudryh N. M. Biologizaciya zemledeliya - osnova sohraneniya plodorodiya pochv Nechernozemnoj zony // Vestnik Altajskogo GAU. 2017. №9 (155). P. 28-34.
7. Nemchenko V. V., Cypysheva M. Yu., Zargaryan N. Yu. Jefferktivnost' ispol'zovaniya fungicidov, regulatorov rosta i biopreparatov dlya bor'by s boleznyami zernovyh kul'tur // Vestnik Kurskoj GSXA. 2013. №1. P. 21-23.
8. Pigorev I. Ya., Tarasov A. A., Tarasov S. A. Vliyanie biopreparatov na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy v Central'nom Chernozem'e // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2016. №9. P. 94-99.
9. Remeslo E. V., Haritonchik L. A. Vliyanie biologicheskikh preparatov na urozhajnost' ozimoy pshenicy v usloviyah stepnogo Kryma // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2015. №5. P. 18-21.
10. Sahn-Val'd F. V., Besedin N. V. Sravnitel'naya jefferktivnost' ispol'zovaniya mikrobiologicheskikh preparatov na posevah ozimoy pshenicy v usloviyah seryh lesnyh pochv Kurskoj oblasti // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. №3. P. 12-17.
11. Analysis of influence of biohumus on the basis of consortium of effective microorganisms on the productivity of winter wheat / A. I. Piskaeva, O. O. Babich, V. F. Dolganyuk, S. Yu. Garmashov // Foods and Raw materials. 2017. Vol. 5. №1. P. 90-99.
12. Rakesh Kumar, Merasenla Ao, Narendra Kumawat Enhancing Crops Productivity and Profitability through Using of Organic Fertilizers // Popular Kheti. 2014. №2 (2). P. 218-221.

Authors Information

Zelenev Alexander Vasilyevich, Professor of the Department of Agriculture and Agrochemistry, «Volgograd state agrarian University» (Volgograd state agricultural University) (26 Universitetskiy Prospekt, Volgograd, 400002, Russian Federation), doctor of agricultural Sciences, tel. 8-905-333-21-68. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922> Zelenev.A@bk.ru

Igolnikova Lyubov Vasilyevna, senior researcher of the Kamyshinsky laboratory of breeding, seed production and nursery management of the Federal research center for Agroecology, complex reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences (Federal Center research for Agroecology of the Russian Academy of Sciences) (Russian Federation, 403013, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97), candidate of agricultural Sciences, tel. 8-927-502-17-22. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7883-8546>
Igolnikova.lyubov@yandex.ru

Smutnev Pavel Anatolyevich, leading researcher of the Kamyshinsky laboratory of breeding, seed production and nursery management of the Federal research center for Agroecology, complex reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences (Federal Center research for Agroecology of the Russian Academy of Sciences) (Russian Federation, 403013, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97), candidate of agricultural Sciences, tel. 8-937-720-38-85. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4958-4946>
smut-pavel@yandex.ru

Информация об авторах

Зеленев Александр Васильевич, профессор кафедры «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (Волгоградский ГАУ) (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922> Zelenev.A@bk.ru

Игольникова Любовь Васильевна, старший научный сотрудник Камышинской лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 403013, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-927-502-17-22. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7883-8546> Igolnikova.lyubov@yandex.ru

Смутнев Павел Анатольевич, ведущий научный сотрудник Камышинской лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-937-720-38-85. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4958-4946> smut-pavel@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-07

FORMATION OF THE ROOT CORN SYSTEM FOR GRAIN WITH VARIOUS SOIL PROCESSING SYSTEMS IN THE CENTRAL CAUCASUS ZONE

Yu. A. Kuzychenko, R. S. Stukalov, R. G. Gadzhumarov

Federal State Budgetary Institution

«North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center», Mikhailovsk, Russia

Received 17.12.2019

Submitted 19.02.2020

Summary

The article presents the results of studies on the influence of the agrophysical conditions of the arable soil layer under the traditional and subsurface soil tillage system of the Strip-till type on the formation of the corn root system on grain. The advantage of the Strip-till tillage system, which forms the best water regime in the spring period of plant vegetation and, accordingly, more intensive development of the root system, has ensured a higher yield of corn for grain in comparison with the traditional dump soil treatment system.

Abstract

Introduction. Questions of an in-depth study of the reaction of the root system of corn to grain, taking into account the morphological features of its fibrous structure, on the change in the agrophysical parameters of the cultivated soil layer (the density of addition and the productive moisture supply during the growing season), and, accordingly, on the crop yield under various systems main tillage is an urgent task. **Object.** The object of research is the root system of corn on the grain of the hybrid "Pioneer" 8688. **Materials and methods.** The studies were conducted in the south-eastern part of the Stavropol Territory on the southern chernozem using the traditional dump soil cultivation system and Strip-till technology. The dependence of the development of the plant root systems on the supply of productive moisture in the root layer of the soil and its density was determined by the dimensional theory method, and the intensity of filling the root space using the fractal geometry method. **Results and conclusions.** Mathematical modeling was performed by the dimensional method and an equation was obtained for the dependence of the intensity of root system

development (degree of ripeness) S (kg / m^3) for various tillage systems on factors: the density of soil addition P (kg / m^3) and the reserves of productive moisture in the root layer of the soil W (m). The equation has the form: $S = C (W^2 / P)$, i.e. the development of the root system of corn for grain is in direct quadratic dependence on the supply of productive moisture and inversely on the density of the soil in the root layer, taking into account the correction coefficient C associated with the type of soil. Soil density in the spring and summer-autumn periods of vegetation was in the range of $1080 - 1150 \text{ kg} / \text{m}^3$ and $1210 - 1240 \text{ kg} / \text{m}^3$, respectively, which falls within the optimal values of the density of addition for this crop. Moisture accumulation in the 0-1 m layer in the spring is characterized by its large reserves with the Strip-till processing method compared to the traditional 0.12 m processing method, productive moisture reserves significantly decreased in the summer-autumn period, however, the tendency for a higher moisture content by Strip-till preserved, the excess is 0.04 m. The analysis of the intensity of the development of the corn root system for grain under various primary tillage systems was carried out using the fractal geometry method and calculation of the length coefficient Kl and the branching coefficient of the root system Kb . The fractal dimension D of the root structure, determined by the formula $D = \ln Kb / \ln Kl$, characterizes the intensity of development of root systems as follows: the longer the branches (the less Kl) and the more of them (the higher Kb) for the root system, those. the higher the D value, the more intensive the filling of the soil space with the root system. A higher average value of the indicator $D_{cf} = 1.33$ was established when processing according to the Strip-till system in comparison with traditional tillage, $D_{cf} = 1.21$. Therefore, the greater the supply of productive moisture during the growing season of corn for grain and the lower the density of the soil in the root layer, with different primary tillage systems, the more intensively the soil space is filled with root systems, and therefore the higher the value of the fractal dimension D . In this regard, a tendency has been established for a higher yield of maize for grain using the Strip-till technology ($4220 \text{ kg} / \text{m} \cdot 10^4$) in comparison with the traditional technology ($3960 \text{ kg} / \text{m} \cdot 10^4$).

Key words: root system, corn for grain, soil tillage systems, southern chernozem, Central Ciscaucasia.

Citation. Kuzichenko Yu. A., Stukalov R. S., Gadzhumarov R. G. The formation of the corn root system for grain under various tillage systems in the zone of the Central Ciscaucasia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 74-81 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-07.

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

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

УДК 631.51:633.15:631.582(470.62/.67)

ФОРМИРОВАНИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ЗОНЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Ю. А. Кузыченко, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Р. С. Стукалов, кандидат сельскохозяйственных наук

Р. Г. Гаджиумаров, научный сотрудник

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Михайловск

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 19.02.2020

Актуальность. Изучение влияния агрофизических параметров обрабатываемого слоя почвы (плотность сложения и продуктивный запас влаги) на развитие корневой системы кукурузы, а соответственно и на урожайность культуры при различных системах основной обработки почвы является актуальной задачей. **Объект.** Объектом исследований являются корневые системы кукурузы на зерно гибрида «Пионер» 8688. **Материалы и методы.** Исследования проводились в юго-восточной части Ставропольского края на черноземе южном с применением традиционной отвальной системы обработки почвы и технологии Strip-till. Зависимость развития корневой системы растения от запаса продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы и ее плотности определялась методом теории размерностей, а интенсивность заполнения корневого пространства методом фрактальной геометрии. **Результаты и выводы.** Анализ показал,

что развитие корневой системы растения находится в прямой квадратичной зависимости от запаса продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы и обратной зависимости от ее плотности до определенных пределов. Плотность почвы в весенний период при применении технологии Strip-till ниже в сравнении с традиционной технологией на $0,07 \text{ г/см}^3$, а запас продуктивной влаги больше на 12 мм, соответственно и средняя величина показателя фрактальной размерности D степени развития корневых систем равная 1,33 выше, чем при традиционной обработке ($D = 1,21$). Установлена тенденция большей урожайности кукурузы на зерно по технологии Strip-till (4,22 т/га) в сравнении с традиционной технологией (3,96 т/га), несущественность различий в урожайности кукурузы на зерно (0,26 т/га) связана с весьма жесткими климатическими условиями летне-осеннего периода (ГТК = 0,23).

Ключевые слова: корневая система кукурузы, кукуруза на зерно, системы обработки почвы, чернозем южный, урожайность кукурузы.

Цитирование. Кузыченко Ю. А., Стукалов Р. С., Гаджимаров Р. Г. Формирование корневой системы кукурузы на зерно при различных системах обработки почвы в зоне Центрального Предкавказья. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 74-81. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-07.

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. Корневая система любого растения является сложным биологическим объектом исследований, динамика развития которой зависит от комплекса исходных агрофизических параметров корнеобитаемого слоя почвы, создаваемых при различных технологиях обработки почвы, в том числе и при минимальной обработке почвы с элементами технологии Strip-till [5, 7, 8, 12, 13]. Поэтому прогнозирование динамики ее развития при различных системах обработки почвы должно быть связано не только с учетом этих факторов в размерных величинах, но и с необходимостью установления степени их взаимозависимости, что позволит выйти на прогнозные модели развития корневых систем [2, 3, 4, 6, 14]. По данным С. П. Кравкова (1978), проводившим исследования с корневыми системами растений в зависимости от концентрации почвенного раствора, увеличение длины корней растений и увеличение веса свежих корней соответствует постепенному ослаблению концентрации водной вытяжки. Однако агрофизическая сторона вопроса изучена довольно поверхностно в плане ответа на вопрос, в какой мере та или иная степень плотности почвы и запас продуктивной влаги являются определяющими факторами для развития корневых систем и пространственного их распределения в объемной сфере [9, 11, 15]. Еще М. Краузе (1930) говорил о том, что крупноглыбистой структуре почвы присущ низкий объем капиллярных пор, содержащих воду, при этом движение воздуха высушивает поверхность комков почвы, а развитию корневых систем способствует в разумных пределах уплотненная почва. Основной целью исследований является установление зависимости развития корневых систем растений от складывающихся агрофизических условий в пахотном слое почвы с выходом на урожайность кукурузы при различных системах основной обработки почвы.

Материалы и методы. Исследования проводились на локальном почвенном массиве в юго-восточной части Ставропольского края. За весь цикл исследований отмечаются особо жесткие климатические условия летне-осеннего периода 2018 и 2019 годов с ГТК = 0,23, что соответствует острозасушливому периоду по классификации В. В. Синельщикова (1967). Почва – чернозем южный карбонатный, среднемощный, слабогумусированный, в сочетании с лугово-черноземными карбонатными до 10 %. Гумус – 3,0 % в 0 – 20 см; $P_2O_5 = 11,3 \text{ мг/кг}$ (по Мачигину); $K_2O = 276 \text{ мг/кг}$; нитрификационная способность (по Кравкову) – 18 мг/кг; $pH = 7,48$. Размер исследовательской делянки 100 м^2 , согласно методике Б. А. Доспехова (2014). Культуры: кукуруза на зерно по предшественнику озимая пшеница. Системы основной обработки: традиционная

(вспашка на 20 – 22 см на фоне дисковой обработки бороной «Катрос» на 8 – 10 см) и комбинированная с элементами технологии Strip-till (дискование бороной «Катрос» на 8 – 10 см – обработка гербицидом «Раундап» – нарезка полос культиватором-щелерезом Blu-Jet на 20 – 22 см).

Используя метод размерностей и подобия [10], провели оценку степени зависимости развития корневых систем (степени задернелости) S (г/дм³) от факторов: плотности почвы P (т/м³) и запаса продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы W (мм). В общем виде уравнение выглядит следующим образом: $S = f(P, W)$. Далее проводятся математические операции над степенями размерностей показателей с выходом на формулу зависимости $S = P^{\alpha} W^{\beta}$.

Анализ развития корневой системы кукурузы на зерно при различных способах основной обработки почвы проводился с использованием метода фрактальной геометрии и вычислением коэффициента длины Kl и коэффициента ветвления корневой системы Kb [1]. Фрактальная размерность D корневой структуры определялась по формуле $D = \ln Kb / \ln Kl$. Определенная таким образом фрактальная размерность D верно описывает «экстремальные» свойства анализируемых корневых структур: чем длиннее ответвления (чем меньше Kl) и чем их больше (чем выше Kb) для корневой системы, т.е. чем выше значение D , тем интенсивнее происходит заполнение пространства почвы корневой системой.

Результаты и обсуждение. Кукуруза на зерно имеет мочковатую корневую систему, с учетом этого метода размерностей проведено математическое моделирование зависимости развития корневых систем (степени задернелости) S (г/дм³) от факторов: плотности сложения почвы P (т/м³) в зоне прохода стоек культиватора-щелереза и при вспашке, а также запаса продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы W (мм). В общем виде уравнение выглядит следующим образом: $S = f(P, W) = P^{\alpha} W^{\beta}$. Тогда размерный ряд имеет следующие степенные параметры: $\text{кг}^{-3} \text{ м}^{-3} = (\text{кг}^3 \text{ м}^{-3})^{\alpha} (\text{м}^{-3})^{\beta}$; $(\text{кг})^{-3} = 3\alpha$; $\alpha = -1$; $(\text{м})^{-3} = -3\alpha - 3\beta$; $\beta = 2$. Уравнение имеет вид: $S = C(W^2 / P)$, т.е. развитие корневой системы кукурузы на зерно находится в прямой квадратичной зависимости от запаса продуктивной влаги и обратной зависимости от плотности почвы в корнеобитаемом слое с учетом корректирующего коэффициента C , связанного с типом почвы.

В таблице 1 приводятся данные о плотности почвы и запасах продуктивной влаги в метровом слое в период весенней и летне-осенней вегетации культуры при традиционном способе обработки и по технологии Strip-till. Плотность почвы в эти периоды вегетации составляет диапазон 1,08 – 1,15 г/см³ и 1,21 – 1,24 г/см³ соответственно, что входит в пределы оптимальных значений плотности сложения для этих культур по классификации И. Б. Ревута (Медведев, 1988). Плотность почвы в весенний период имеет большие значения при традиционном способе обработки в сравнении со Strip-till на 0,07 г/см³. В течение летне-осеннего периода плотность почвы повышается, по традиционной обработке увеличение в сравнении со Strip-till составляет 0,03 г/см³.

Таблица 1 – Плотность почвы и запас продуктивной влаги в период вегетации кукурузы на зерно

Table 1 – Soil density and stock of productive moisture during the growing season of corn for grain

Способ обработки почвы / The method of tillage	Плотность почвы, г/см ³ / Soil density, g/cm ³		Продуктивный запас влаги, мм / Productive moisture supply, mm	
	весенний период / spring period	летне-осенний период / summer-autumn period	весенний период / spring period	летне-осенний период / summer-autumn period
Традиционный / Traditional	1,15	1,24	108	11,8
Strip-till	1,08	1,21	120	15,8

Установлено, что в весенний период накопления влаги слой 0-100 см характеризуется большими ее запасами при способе обработки по технологии Strip-till в сравнении с традиционным способом обработки на 12 мм. В летне-осенний период запасы продуктивной влаги значительно снизились в связи со складывающимся остро засушливым периодом вегетации, однако тенденция большего содержания влаги по Strip-till сохраняется, превышение составляет 4 мм.

Оценка степени развития и объемного заполнения корневой системой кукурузы на зерно почвенного пространства корнеобитаемого слоя проводилась методом фрактальной геометрии в приложении к реальным разветвленным структурам. Для этой цели проведены выборочный анализ (рисунок 1) и расчеты показателя фрактальной размерности D развития корневой системы кукурузы на зерно. При этом чем выше значение D , тем интенсивнее почвенное пространство заполняется корневыми системами, что связано с большими запасами продуктивной влаги и меньшей плотностью почвы в период вегетации культуры при различных способах основной обработки почвы.



Рисунок 1 – Корневая система кукурузы на зерно при различных способах основной обработки почвы (1 – система Strip-till; 2 – традиционная)

Figure 1 – The root system of corn for grain with various methods of primary tillage (1 – Strip-till system; 2 – traditional)

Установлено большее среднее значение показателя D $\text{cp} = 1,33$ системы Strip-till в сравнении с традиционной технологией, D $\text{cp} = 1,21$ (таблица 2), аналогичная закономерность отмечается по длине корней (L_{Σ}) и весу корней, при значительно большей высоте растений, разница составляет 10 см ($\text{HCP} = 7,9$ см; $F\phi > F_t$).

Таблица 2 – Морфометрия корневой системы кукурузы на зерно

Table 2 – Morphometry of the root system of corn for grain

Способ обработки почвы / The method of tillage	Повторности / Repetitions	K_b	K_l	D_r	L_{Σ} , см	Вес, г / Weight, g	Высота 10 растений, см / Height of 10 plants, cm
Традиционный / Traditional	1	6,6	3,1	1,7	168	11,6	215
	3	2,07	2,7	0,73	60	3,09	
Strip – till	1	6,6	2,6	1,9	172	13,0	205
	3	0,48	2,6	0,77	69	5,28	

Следовательно, чем больше запас продуктивной влаги в период вегетации кукурузы на зерно и меньше плотность почвы в корнеобитаемом слое, при различных способах основной обработки почвы, тем интенсивнее почвенное пространство заполняется корневыми системами, тем выше и значение фрактальной размерности D .

Анализ урожайных данных показал тенденцию к увеличению урожайности кукурузы на зерно при технологии Strip-Till, разница с традиционной технологией составляет 0,26 т/га (НСР = 0,84 т/га; $F_{ф} < F_{т}$). При этом основные затраты на средства защиты по технологии Strip-Till связаны с 3-х кратной обработкой стерни «Раундапом» в осенний и весенний периоды. При большем объеме трудозатрат по традиционной технологии в связи с большим объемом обработок почвы, разница составляет 2662 руб./га или 10 %.

Выводы. Анализ интенсивности развития корневой системы кукурузы на зерно при традиционном и комбинированном способе основной обработки с внедрением элементов технологии Strip-Till, имеющей большее среднее значение показателя $D_{ср.} = 1,33$, показал преимущество внедрения комбинированного способа обработки почвы с повышением урожайности на 0,26 т/га в сравнении с традиционной технологией.

Библиографический список

1. Балханов В. К. Основы фрактальной геометрии и фрактального исчисления / от. ред. Ю. Б. Башкуев. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского госуниверситета. 2013. 224 с.
2. Векленко В. И., Силаева Л. П., Каблучков Е. Ю. Основные направления повышения эффективности производства зерна кукурузы // Вестник Курской ГСХА. 2014. №5. С. 7-10.
3. Влияние агротехнических факторов на плодородие почвы и урожайность кукурузы на зерно / А. Н. Воронин, В. Д. Соловichenко, Е. В. Навольнева, С. А. Дмитриенко // Кукуруза и сорго. 2015. №1. С. 9-14.
4. Горянин О. И. Дифференцированная система обработки почвы как элемент адаптивной системы земледелия Самарской области // Известия Оренбургского ГАУ. 2014. №5 (49). С. 23-25.
5. Кузыченко Ю. А. Минимализация систем обработки почвы под пропашные культуры в Ставропольском крае // Аграрный вестник Урала. 2013. №1 (107). С. 10-13.
6. Навальцев В. В., Никитин В. В., Соловichenко В. Д. Эффективность способов обработки и уровней удобренности на продуктивность кукурузы на зерно в Центрально-Черноземном регионе // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. №1 (43). Часть 3. С. 21-24.
7. Особенности формирования посева кукурузы на зерно при технологиях No-till и Strip-till в условиях лесостепи Центрально-Черноземного региона / Л. А. Наумкина, Е. Л. Сильванчук, А. М. Хлопьяников, А. Н. Крюков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. №2 (10). С. 77-80.
8. Перспективы новых технологий Strip-till и No-till при возделывании кукурузы на зерно в условиях Белгородской области / Л. А. Наумкина, Е. Л. Сильванчук, А. Н. Крюков, А. М. Хлопьяников // Вестник Курской ГСХА. 2016. №3. С. 49-51.
9. Филин Ф. И., Михин Б. В. Реакция среднеранних гибридов кукурузы на способ обработки южного чернозема и густоту посева в степной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. №4 (36). С. 68-74.
10. Широ В. Н., Пархоменко Г. Г. Применение теории размерностей и подобия при определении параметров и режимов работы машин для обработки почвы // Научный журнал Кубанского ГАУ. 2015. № 110 (06). С. 2-14.
11. Ширяев А. В., Кузнецова Л. Н. Влияние систем обработки почвы на рост и развитие кукурузы на зерно // Вестник Курской ГСХА. 2014. №9. С. 38-40.
12. Dudenhoefter C. J., Nelson K. A. Utility of Phosphorus Enhancers and Strip – Tillage for Corn Production // Journal of Agricultural. 2013. №2. P. 37-46.
13. Mikova A., Alexandrova P., Dimitrov I. Maize Grain Yield Response to N Fertilization, Climate and Hybrids // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2013. № 19 (3). P. 454-460.
14. Sarauskis E., Vaitauskiene K. Research in strip tillage machine row cleaner technology process // Engineering for rural development. 2015. №20. P. 51-56.
15. Canales E., Bergtold J. S., Williams J. R. Modeling the Choice of Tillage Used for Dryland Corn, Wheat and Soybean Production by Farmers in Kansas // Agricultural and resource economics review. 2018. Vol. 47. P. 90-117.

Conclusions. Analysis of the intensity of the development of the root system of corn for grain in the traditional and combined method of main processing with the introduction of elements of the Strip-Till technology, which has a higher average value of the $Dav. = 1.33$, showed the advantage of introducing a combined method of cultivating the soil with an increase in yield of $260 \text{ kg} / \text{m} \cdot 10^4$ in comparison with traditional technology.

References

1. Balhanov V. K. Osnovy fraktal'noj geometrii i fraktal'nogo ischisleniya / ot. red. Yu. B. Bashkuev. Ulan-UdJ: Izd-vo Buryatskogo gosuniversiteta. 2013. 224 s.
2. Veklenko V. I., Silaeva L. P., Kabluchkov E. Yu. Osnovnye napravleniya povysheniya jeffektivnosti proizvodstva zerna kukuruzy // Vestnik Kurskoj GSXA. 2014. №5. P. 7-10.
3. Vliyanie agrotehnicheskikh faktorov na plodorodie pochvy i urozhajnost' kukuruzy na zerno / A. N. Voronin, V. D. Solovichenko, E. V. Navol'neva, S. A. Dmitrienko // Kukuruza i sorgo. 2015. №1. P. 9-14.
4. Goryanin O. I. Differencirovannaya sistema obrabotki pochvy kak jelement adaptivnoj sistemy zemledeliya Samarskoj oblasti // Izvestiya Orenburgskogo GAU. 2014. №5 (49). P. 23-25.
5. Kuzychenko Yu. A. Minimalizaciya sistem obrabotki pochvy pod propashnye kul'tury v Stavropol'skom krae // Agrarnyj vestnik Urala. 2013. №1 (107). P. 10-13.
6. Naval'cev V. V., Nikitin V. V., Solovichenko V. D. Jefferktivnost' sposobov obrabotki i urovnej udobrennosti na produktivnost' kukuruzy na zerno v Central'no-Chernozemnom regione // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2016. №1 (43). Chast' 3. P. 21-24.
7. Osobennosti formirovaniya poseva kukuruzy na zerno pri tehnologiyah No-till i Strip-till v usloviyah lesostepi Central'no-Chernozemnogo regiona / L. A. Naumkina, E. L. Sil'vanchuk, A. M. Hlopyanikov, A. N. Kryukov // Innovacii v APK: problemy i perspektivy. 2016. №2 (10). P. 77-80.
8. Perspektivy novyh tehnologij Strip-till i No-till pri vzdelyvanii kukuruzy na zerno v usloviyah Belgorodskoj oblasti / L. A. Naumkina, E. L. Sil'vanchuk, A. N. Kryukov, A. M. Hlopyanikov // Vestnik Kurskoj GSXA. 2016. №3. P. 49-51.
9. Filin F. I., Mihin B. V. Reakciya srednerannih gibridov kukuruzy na sposob obrabotki yuzhnogo chernozema i gustotu poseva v stepnoj zone Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2014. №4 (36). P. 68-74.
10. Shirov V. N., Parhomenko G. G. Primenenie teorii razmernostej i podobiya pri opredelenii parametrov i rezhimov raboty mashin dlya obrabotki pochvy // Nauchnyj zhurnal Kubanskogo GAU. 2015. № 110 (06). P. 2-14.
11. Shiryayev A. V., Kuznecova L. N. Vliyanie sistem obrabotki pochvy na rost i razvitie kukuruzy na zerno // Vestnik Kurskoj GSXA. 2014. №9. P. 38-40.
12. Dudenhoefter C. J., Nelson K. A. Utility of Phosphorus Enhancers and Strip – Tillage for Corn Production // Journal of Agricultural. 2013. №2. P. 37-46.
13. Mikova A., Alexandrova P., Dimitrov I. Maize Grain Yield Response to N Fertilization, Climate and Hybrids // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2013. № 19 (3). P. 454-460.
14. Sarauskis E., Vaitauskiene K. Research in strip tillage machine row cleaner technology process // Engineering for rural development. 2015. №20. P. 51-56.
15. Canales E., Bergtold J. S., Williams J. R. Modeling the Choice of Tillage Used for Dryland Corn, Wheat and Soybean Production by Farmers in Kansas // Agricultural and resource economics review. 2018. Vol. 47. P. 90-117.

Authors Information

Kuzichenko Yuri Alekseevich, chief researcher of the soil processing laboratory of the department of agro-landscape agriculture of the Federal State Budgetary Scientific Institution “North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center” (Russian Federation, 356241, Mikhailovsk, 49 Nikonova St.), Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: www://orcid.org/0000-0002-6394-2447, E-mail: smc.yuka@yandex.ru

Stukalov Roman Sergeevich, Head of the Laboratory of Soil Processing, Federal State Budgetary Institution “North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center” (Russian Federation, 356241, Mikhailovsk, 49 Nikonova St.), candidate of agricultural sciences, ORCID: www://orcid.org/0000-0001-5721-4606, E-mail: stukalov.roma@mail.ru

Gadzhumarov Rasul Gadzhumarovich, Head of the Laboratory of Agricultural Crop Cultivation Technologies, Federal State Budgetary Institution "North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center" (49, Nikonov St., Mikhailovsk, 356241, Russia), Researcher, ORCID: www://orcid.org/0000-0002-4220-623X, E-mail: ra-sul_agro@mail.ru

Информация об авторах

Кузыченко Юрий Алексеевич, главный научный сотрудник лаборатории обработки почвы отдела агроландшафтного земледелия ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (РФ, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: www://orcid.org/0000-0002-6394-2447, E-mail: smc.yuka@yandex.ru

Стукалов Роман Сергеевич, заведующий лабораторией обработки почвы ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (РФ, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: www://orcid.org/0000-0001-5721-4606, E-mail: stuka-lov.roma@mail.ru

Гаджиумаров Расул Гаджиумарович, заведующий лабораторией технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (РФ, 356241, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), научный сотрудник, ORCID: www://orcid.org/0000-0002-4220-623X, E-mail: rasul_agro@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-08

FEATURES OF GROWING PEPPER ON VEGETABLE PLANTATIONS IN THE VOLGOGRAD REGION

A. Yu. Moskvichev, I. A. Korzhenko, D. L. Korolev

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 12.01.2020

Submitted 14.02.2020

Summary

The article considers crops of three varieties of pepper for the incidence of the main diseases of this crop and the fight against them in order to increase its productivity. All this is carried out through foliar application of natural modified mineral (bishopr) and bacterial preparations (azotovit and bacto-fosfin) on pepper crops, which ensure the production of environmentally safe products.

Abstract

Introduction. In order to increase the productivity of vegetable crops and, in particular, pepper, its plants must be properly protected from the main diseases that can cause a serious shortage of this valuable product. At the same time, the issue of obtaining environmentally safe products is very problematic for vegetable growers. We see the solution to these problems in the use of biological products and natural minerals in the planting of this crop. **Object.** The object of research is planting peppers of 3 varieties of domestic selection and the use of bacterial preparations (azotovit and bactophosphine) and natural mineral (bishopr) in the fight against diseases of this crop and increasing its productivity during the growing season. **Materials and methods.** Observations were carried out on production plantings of pepper of the farm "Solokhina S. I." of the gorodishchensky district in the natural zone of Volgograd using generally accepted methods. **Results and conclusions.** Studies have found that when cultivating a vegetable crop – pepper, it is necessary to take into account two factors: its high productivity and environmental safety of products. All this can be achieved by using pepper plantations using biological products and the natural mineral bishopra in the fight against the main diseases of pepper with appropriate measures of protection from the main pests of this culture. Studies have found that the most harmful diseases of pepper are Fusarium wilt and macrosporiosis (fungal origin), bacterial cancer (bacterial), mosaic (viral) and stolbur (Mycoplasma). The most resistant to these diseases were grade califor-nescoc a miracle. In addition, these diseases had a significant impact on the geometric parameters of plants and on the biochemical composition of pepper fruits in comparison with non-infected plants. The greatest influence on reducing the susceptibility of plant diseases and increase productivity of fruit pepper has had joint application of natural mineral bisocor (modified) with biologics (azotovit and lactophosphate), where were obtained the highest harvesting (26% more than the untreated plot). This option also shows the highest economic efficiency.

Key words: *culture-pepper, main diseases, natural mineral – bishopr, biological products.*

Citation. Moskvichev A. Yu., Korzhenko I. A., Korolev D. L. Features of pepper cultivation on vegetable plantations of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 81-88 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-08.

Author's contribution. All the authors of this study were directly involved in field experiments, conducting, observing, and processing the obtained materials. All the authors of this article have read and agreed on the presentation of the final version.

Conflict of interest. The authors claim that there is no conflict of interest or opinion.

УДК 635.649 (470.45)

ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ПЕРЦА НА ОВОЩНЫХ ПЛАНТАЦИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Ю. Москвичев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

И. А. Корженко, старший преподаватель

Д. Л. Королев, магистрант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.01.2020

Дата принятия к печати 14.02.2020

Актуальность. В деле повышения продуктивности овощных культур, в частности перца, надлежащим образом должна осуществляться защита растений от основных заболеваний, которые могут вызвать серьезный недобор этой ценной продукции. В то же время вопрос получения экологически безопасной продукции является весьма проблематичным для овощеводов-практиков. Решение этих задач мы видим в применении биопрепаратов и природного минерала в посадках этой культуры. **Объект.** Объектом исследований являются посадки перца трех сортов отечественной селекции и применение на них в период вегетации бактериальных препаратов (азотовит и бактофосфин) и природного минерала (бишокупр) в борьбе с болезнями этой культуры и повышения ее продуктивности. **Материалы и методы.** Наблюдения проводились на производственных посадках перца КФХ «Солохина С. И.» Городищенского района в природной зоне г. Волгограда по общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** Исследованиями было установлено, что при возделывании овощной культуры – перца – необходимо учитывать два фактора: его высокую продуктивность и экологическую безопасность продукции. Всего этого можно достичь использованием на плантациях перца биопрепаратов и природного минерала бишокупра в борьбе с основными болезнями перца при соответствующих мерах защиты от основных вредителей этой культуры. Исследованиями было установлено, что наиболее вредоносными заболеваниями перца являются фузариозное увядание и макроспориоз (грибного происхождения), бактериальный рак (бактериальное), мозаика (вирусное) и столбур (микоплазменное). Наиболее устойчивым к этим заболеваниям оказался сорт «Калифорнийское чудо». К тому же эти заболевания оказали существенное влияние на геометрические параметры растений и на биохимический состав плодов перца в сравнении с непораженными растениями. Наибольшее влияние на снижение поражаемости болезнями растений и повышение продуктивности плодов перца оказало совместное применение природного минерала бишокупра (модифицированного) с биопрепаратами (азотовит и бактофосфин), где был получен наибольший сбор плодов (на 26 % больше, чем на необработанном участке). На этом же варианте отмечена и наибольшая экономическая эффективность.

Ключевые слова: *перец, болезни перца, природные минералы, бишокупр, биопрепараты.*

Цитирование. Москвичев А. Ю., Корженко И. А., Королев Д. Л. Особенности выращивания перца на овощных плантациях Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 81-88. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-08.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в закладке полевых опытов, проведении, наблюдении и обработке полученных материалов. Все авторы настоящей статьи ознакомились и пришли к единому мнению по изложению окончательного варианта.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и мнений.

Введение. По посевным площадям и валовому сбору овощей Россия входит в десятку ведущих стран. Однако по урожайности овощей в целом она находится на 57 месте [2]. В настоящее время в России основной объем производства овощей сосредоточен в личных подсобных хозяйствах, которые дают до 80% этой продукции [10]. Перед овощеводами Волгоградской области поставлена конкретная цель – добиться получения сбора продукции не менее одного миллиона тонн за один сезон, а в этом объеме существенную роль играет такая ценная культура, как перец. Предопределяет его важную роль в рационе питания жителей страны, тот факт, что на конец сезона поступает порядка 12 кг овощей вместо рекомендованных 38 кг на одного человека, определенных Институтом питания Академии медицинских наук [6].

Материалы и методы. В опытах возделывались довольно известные отечественные сорта этой культуры: «Подарок Молдовы», «Богатырь», «Калифорнийское чудо». Агротехника возделывания в опытах не отличилась от производственной и была следующей: основная обработка почвы включала в себя лущение стерни и зяблевую отвальную вспашку на глубину 0,25-0,27 м. Выбор площади питания – один из наиболее важных вопросов при разработке агротехники овощных культур [7, 12].

По весне проводилось покровное боронование средними боронами. В последующем на овощных полях проводились предпосевная культивация и посев. В период вегетации уход заключался в применении средств химизации, междурядных обработках посевов и в ручных прополках в рядах перца [2, 7, 11].

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Контроль (без внесения препаратов).
2. Бишокупр (3 л/га).
3. Азотовит+бактофосфин (0,2 л/га+0,2 л/га).
4. Бишокупр (3 л/га) + азотовит+бактофосфин (0,2 л/га+0,2 л/га).

Основная цель наших исследований заключалась в изучении эффективности применения бактериальных препаратов и природного минерала бишокупра (видоизмененного бишофита) для борьбы с основными заболеваниями перца с задачей получения максимальных сборов плодов этой ценной овощной культуры и экологически безопасной продукции. Действие биопрепаратов состояло в следующем: азотовит, в который входили бактерии, способные усваивать азот из атмосферы и переводить его в минеральное состояние для почвы в виде соли аммония, а также бактофосфин, содержащий бактерии, способные переводить доступный для растений фосфор из малорастворимых его соединений из почвенных запасов. В целом действие этих бактериальных препаратов обогащало почву доступными элементами питания для перца порядка 30 кг д.в. азота, подвижного фосфора, включая обменный калий по отдельности, что соответствует внесению $N_{30}P_{30}K_{30}$ в виде минеральных удобрений [4, 9].

Наноструктурированный бишокупр получен из природного минерала – бишофита путем электролиза с помощью медьсодержащих электродов для обогащения ионами Cu^{++} раствора, содержащего порядка 15 наиболее значимых микроэлементов (цинк, кобальт, молибден, железо, медь и др.). Именно они влияют на снижение вредоносности грибных, бактериальных и вирусных заболеваний перца и значительно увеличивают его продуктивность и качество получаемой продукции [1, 8].

Биопрепараты азотовит и бактофосфин применялись путем опрыскивания почвы до посева этой культуры с нормой расхода по 0,2 л/га каждого препарата с расходом рабочего раствора в 150 л/га. Бишокупр применялся опрыскиванием вегетирующих растений в виде внекорневого питания три раза, и срок последней обработки заканчивался за 20 дней до сбора плодов. Норма расхода его составляла 3 л/га, расход рабочего состава был равен 150 л/га [3, 5].

Опыты закладывались в трехкратной повторности, общая площадь делянок – 50 м², учетная – 10 м². Сбор урожая плодов проводился вручную с одновременным взвешиванием. Качественные показатели плодов перца определялись в лаборатории по общепринятым методикам. На рассматриваемых участках с посевами перца были отмечены следующие заболевания, которые резко снижали его продуктивность: фузариозное увядание, бактериальный рак, столбур и другие болезни (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная оценка возделываемых сортов перца на распространенность заболеваний за 2017-2018 гг.

Table 1 – Comparative evaluation of cultivated pepper varieties on the prevalence of diseases for 2017-2018.

Название заболеваний / Title diseases'	Возбудитель болезней / Pathogen diseases'	Распространенность болезней по сортам, % / Prevalence of diseases by variety, %		
		Подарок Молдовы / Gift Moldovan's	Богатырь / Bogatyr	Калифорнийское чудо / California miracle
Фузариозное увядание / Fusarium wilt	Fusarium oxurparum	8,1	5,9	2,6
Мучнистая роса / Powdery mildew	Ordiopsis taurica Saim	21,1	19,2	15,6
Бактериальный рак / Bacterial cancer	Corynebacterium michiganense	15,5	14,2	15,0
Мозаика / Mosaic	Cucumis virus	4,7	2,3	1,5
Столбур / Stolbur	Микоплазмы	15,8	13,1	11,2

Результаты и обсуждение. Делая анализ таблицы 1, следует отметить, что на перце отмечены как грибные, так и бактериальные, вирусные и микоплазменные заболевания. Возделываемые сорта этой культуры имели различную устойчивость к комплексу заболеваний, где заметно выделялся сорт «Калифорнийское чудо», у которого, в основном, были самые низкие значения по распространенности этих заболеваний.

Больное и здоровое растения перца отличались друг от друга по геометрическим показателям и по возделываемым сортам. Так, средняя высота куста у больного растения сорта «Подарок Молдовы» составляла 0,76 м, среднее количество плодов на одно растение – 7 шт., размер плода – 0,11 м, диаметр плода – 0,032 м, продуктивность одного растения – 0,81 кг, осемененность плода была равной 136,2 шт., в то время как у здорового растения соответственно 0,82 м, 10 шт., 14 см, 4,3 см, 1,14 кг и 188,6 шт.

Делая анализ таблицы 3, следует отметить, что на контроле без применения препаратов сухая масса составила 6,1 %, сумма сахаров – 3,1, кислотность – 0,27, сахарный индекс – 8,5, аскорбиновая кислота – 13 мг/100 г, каротин – 0,12 мг/100 г в % на сырую массу. Использование бактериальной закваски (азотовита и бактофосфина) совместно с природным минералом (бишокупр) повышали качественные показатели плодов перца, и они соответственно составляли: 7,5; 4,2; 0,29; 91; 18,7; 0,29.

Таблица 2 – Влияние заболеваний на геометрические параметры растений и продуктивность перца по сортам, среднее за 2 года

Table 2 – Influence of diseases on geometric parameters plants and pepper productivity by varieties, average for 2 years

Сорта / Varieties	Средняя высота ку- ста, м / Average height of the bush, m	Среднее количество плодов на растение, шт. / Average number of fruits per plant, ps.	Размер плода, м / The size of the fetus, m	Диаметр плода, м / Diameter of the fruit, m	Сбор плодов с одно- го растения, кг / Fruit collection from one plant, kg	Количество семян в плоде, шт. / Number of seeds in the fruit, ps.
Больные растения / Sick plant						
Подарок Молдовы / Gift Moldovan's	0,76	7	0,11	0,032	0,81	136,2
Богатырь / Bogatyr	0,81	8	0,12	0,038	0,99	169,4
Калифорнийское чудо / California miracle	0,82	8	0,13	0,044	1,78	166,3
Здоровые растения / Healthy plant						
Подарок Молдовы / Gift Moldovan's	0,82	10	0,14	0,043	1,14	188,6
Богатырь / Bogatyr	0,86	12	0,17	0,055	1,29	200,4
Калифорнийское чудо / California miracle	0,87	15	0,16	0,054	2,67	215,2

Таблица 3 – Воздействие изучаемых факторов на биохимический состав плодов перца (% на сырую массу)

Table 3 – Effect of the studied factors on the biochemical composition of pepper fruits (% on raw weight)

Варианты / Options	Сухая масса, % / Dry mass, %	Сумма сахаров / The amount of sugars	Кислотность / Acidity	Сахар индекс / The sugar index	Аскорбиновая кислота, мг/100 г / Ascorbic acid, mg/ 100 g	Каротин, мг/100 г / Carotene, mg/100 g
Контроль / Control	6,1	3,1	0,27	8,5	13,1	0,12
Азотовит+Бактофосфин / Azotovit+Bactofungin	6,5	3,9	0,27	8,9	18,3	0,14
Бишокупр / Biskup	6,8	4,0	0,28	9,0	18,4	0,28
Бишокупр+Азотовит+Бактофосфин / Biskup+Azotovit+Bactofungin	7,5	4,2	0,29	9,1	18,7	0,29

Рассматривая данные таблицы 4, нужно отметить, что наибольшая распространенность основных заболеваний наблюдалась на контрольном варианте (35,4 %), тогда как применение биопрепаратов и природного минерала значительно снижало их вредность. Все это сказалось и на урожайности плодов перца. Так, на контроле она составила 20,07 т/га, совместное внесение азотовита и бактофосфина увеличивало его продуктивность на 1,91 т/га, внекорневое применение бишокупра на 3,60 т/га, а совместное использование бишокупра и азотовита с бактофосфином повышало на 5,12 т/га, где был достигнут наибольший сбор плодов перца в 25,19 т/га.

Таблица 4 – Действие биопрепаратов и бишокупра на распространенность болезней и продуктивность перца, 2017-2018 гг. (среднее)

Table 4 – Effect of biological preparations and biskupa on the prevalence of disease and the productivity of pepper, 2017-2018 (secondary)

Вариант / Option	Распространенность болезней, % / Prevalence of diseases, %	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Прибавка урожая / Yield increase	
			т/га / t/ha	% / %
Контроль / Control	35,4	20,07	-	-
Азотовит+Бактофосфин / Azotovit+Bactofungin	27,2	21,98	1,91	9,5
Бишокупр / Biskup	23,1	23,67	3,60	18,0
Бишокупр +Азотовит+Бактофосфин / Biskup+Azotovit+Bactofungin	14,0	25,19	5,12	25,5

Таблица 5 – Экономическая эффективность применения биопрепаратов и бишофита на посевах перца

Table 5 – Economic efficiency of using biologics and bischofite on pepper crops

Вариант / Option	Прибавка урожая, т/га / Yield increase, t/ha	Цена реализации 1 т, руб. / Price implementations 1 t, rub.	Стоимость прибавки с 1 га, руб. / The cost increase from 1 ha, rub.	Дополнительные затраты на 1 га, руб. / Additional costs per 1 ha, rub.	Дополнительная расчетная прибыль, руб. / The estimated additional profit, rub.	
					на 1 га / per 1 ha	на 1 руб. дополнительных затрат / for 1 rub. additional costs
Азотовит+Бактофосфин / Azotovit+Bactofungin	1,91	11000	21010,00	3011,40	17999,00	5,98
Бишокупр / Biskup	3,60	11000	39600,00	5677,50	33922,50	5,97
Бишокупр+Азотовит+Бактофосфин / Biskup+Azotovit+Bactofungin	5,12	11000	56320,00	8100,90	48219,10	5,95

Давая экономическую оценку изучаемых факторов, следует отметить, что дополнительная расчетная прибыль на 1 га при использовании азотовита и бактофосфина составила 17 999,00 рублей, внекорневое опрыскивание бишокупром давало 33 922,50 рублей, а наибольший эффект был достигнут при совместном использовании биопрепаратов и природного минерала – 48 219,10 рублей. Дополнительная расчетная прибыль на 1 рубль дополнительных затрат соответственно составила по этим вариантам: 5,98; 5,97 и 5,95 рублей.

Выводы. Исходя из вышеизложенного сельхозпроизводителям следует рекомендовать при выращивании перца использование биопрепаратов азотовит и бактофосфин совместно с наноструктурированным природным минералом бишокупром для внекорневой подкормки с целью получения максимальных урожаев этой культуры с минимальным уровнем заболеваний и экологически безопасной продукцией.

Библиографический список

1. Бессменное выращивание перца сладкого / В. В. Огнев, Т. А. Чернова, Е. Н. Габибова, С. С. Авдеенко, Н. В. Гераскина // Картофель и овощи. 2016 №2. С 13-15.

2. Буренин В. И., Артемьева А. М. Роль сорта при импортозамещении (на примере овощных культур) // Овощи России. 2018. №2(40). С. 10-14.
3. Курбанов С. А., Магомедова Д. С., Шуаев М. М. Факторы высокой урожайности сладкого перца // Картофель и овощи. 2015. № 8. С. 21-24.
4. Литвинов С. С., Шатилов М. В. Овощеводству – новый импульс развития // Картофель и овощи. 2014. № 9. С. 2-4.
5. Москвичев А. Ю., Шарапова Е. А. Повышение урожайности картофеля при обработке клубней мизорином и подкормке бишофитом на фоне разной обработки светло-каштановых почв Нижней Волги // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). С. 49-55.
6. Москвичев А. Ю., Карпова Т. Л., Егоров С. А. Совершенствование технологии возделывания продовольственного картофеля при использовании препаратов от комплекса болезней и вредителей в условиях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. №1 (49). С. 36-43.
7. Расулов Ф. Ф. Схемы посадки перца сладкого летнего срока возделывания // Овощи России. 2017. №5(38). С. 45-46.
8. Список пестицидов и агрохимикатов разрешенных к применению на территории РФ, 2018. - 258 с.
9. Удобрение перца сладкого / В. А. Борисов, А. М. Меньших, В. С. Соснов, Г. Ф. Монахос // Картофель и овощи. 2018 №3. С.16-18.
10. Чекмарев П. А., Мамедов М. И. Современное состояние производства овощей в Российской Федерации // Овощи России. 2015. №1(26). С. 3-7.
11. Экологически безопасная продукция перца сладкого в весенних теплицах / В. В. Огнев, Т. В. Чернова, А. Н. Костенко, Е. Н. Габимова, В. К. Мухоморова, С. С. Авдеев // Картофель и овощи. 2019. №1. С. 13-15.
12. Chin J. Determination of Plant Growth Regulators in Vegetable by High Performance Liquid Chromatography // Journal of Agriculture and Food Chemistry. 2015. №43(3). P. 419–423.

Conclusions. Based on the above, agricultural producers should recommend the use of biological products azotovit and bactofosfin in conjunction with the nanostructured natural mineral bishopr for non-root feeding in order to obtain maximum yields of this crop with a minimum level of diseases and environmentally safe products.

References

1. Bessmennoe vyraschivanie perca sladkogo / V. V. Ognev, T. A. Chernova, E. N. Gabimova, S. S. Avdeenko, N. V. Geras'kina // Kartofel' i ovoschi. 2016. №2. P 13-15.
2. Burenin V. I., Artem'eva A. M. Rol' sorta pri importozameschenii (na primere ovoschnyh kul'tur) // Ovoschi Rossii. 2018. №2(40). P. 10-14.
3. Kurbanov S. A., Magomedova D. S., Shuaev M. M. Faktory vysokoj urozhajnosti sladkogo perca // Kartofel' i ovoschi. 2015. № 8. P. 21-24.
4. Litvinov S. S., Shatilov M. V. Ovoshevodstvu - novyj impul's razvitiya // Kartofel' i ovoschi. 2014. № 9. P. 2-4.
5. Moskvichev A. Yu., Sharapova E. A. Povyshenie urozhajnosti kartofelya pri obrabotke klubnej mizorinom i podkormke bishofitom na fone raznoj obrabotki svetlo-kashtanovykh pochv Nizhnej Volgi // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 3 (43). P. 49-55.
6. Moskvichev A. Yu., Karpova T. L., Egorov S. A. Sovershenstvovanie tehnologii vozde-lyvaniya prodovol'stvennogo kartofelya pri ispol'zovanii preparatov ot kompleksa boleznej i vreditel'ej v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. №1 (49). P. 36-43.
7. Rasulov F. F. Sxemy posadki perca sladkogo letnego sroka vozde-lyvaniya // Ovoschi Ros-sii. 2017. №5(38). P. 45-46.
8. Spisok pesticidov i agrohimi-katov razreshennyh k primeneniyu na territorii RF, 2018. - 258 p.

9. Udobrenie perca sladkogo / V. A. Borisov, A. M. Men'shih, V. S. Sosnov, G. F. Monahos // Kartofel' i ovoschi. 2018 №3. P.16-18.
10. Chekmarev P. A., Mamedov M. I. Sovremennoe sostoyanie proizvodstva ovoschej v Rossijskoj Federacii // Ovoschi Rossii. 2015. №1(26). P. 3-7.
11. Jekologicheski bezopasnaya produkcija perca sladkogo v vesennih teplicah / V. V. Ognev, T. V. Chernova, A. N. Kostenko, E. N. Gabibova, V. K. Muhortova, S. S. Avdeenko // Kartofel' i ovoschi. 2019. №1.P. 13-15.
12. Chin J. Determination of Plant Growth Regulators in Vegetable by High Performance Liquid Chromatography // Journal of Agriculture and Food Chemistry. 2015. №43(3). P. 419–423.

Authors Information

Moskvichev Alexander Yurievich, Professor of the Department of horticulture and plant protection at the Volgograd state agrarian University (26, Universitetskij Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation).), doctor of agricultural Sciences, Professor.

E-mail: moskvichev56@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9309-2885>

Korzhenko Inna Anatolievna, senior lecturer at the Department of horticulture and plant protection at the Volgograd state agrarian University (26, Universitetskij Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation).).

E-mail: KorzhenkoIA@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1113-6678>

Korolev Dmitry Leonidovich, master's student of the Department of horticulture and plant protection of the Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskij Ave., 26.).

E-mail: mitia.korolev@yandex.ru

Информация об авторах

Москвичев Александр Юрьевич, профессор кафедры «Садоводство и защита растений» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

E-mail: moskvichev56@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9309-2885>

Корженко Инна Анатольевна, старший преподаватель кафедры «Садоводство и защита растений» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.).

E-mail: KorzhenkoIA@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1113-6678>

Королев Дмитрий Леонидович, магистрант кафедры «Садоводство и защиты растений» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.). **E-mail:** mitia.korolev@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-09

IMPROVEMENT OF THE BASIC TILLAGE SYSTEM FOR SPRING BARLEY CULTIVATION

Yu. N. Pleskachev^{1,2}, S. I. Voronov², R. S. Grabov¹

¹Volgograd State Agrarian University

² Federal research center «Nemchinovka»,

Moscow Region. Odintsovo District, settlement Novoivanovskoye

Received 17.12.2019

Submitted 04.02.2020

Summary

The systems of the main tillage during the cultivation of spring barley on light chestnut soils of the Lower Volga are considered.

Abstract

Introduction. The use of unjustified quantities of mineral fertilizers, herbicides, fungicides and insecticides, and especially when used ineptly, as an alternative to mechanical processing, poses a threat to the environment and agricultural products with chemicals with unpredictable consequences for human health and nature in general. The transition to resource-saving soil cultivation systems in zonal crop rotation must be combined with various basic cultivation methods, a set of agrotechnical measures to effectively clean the fields from weed seeds, and not just suppress the development of weeds in crops using herbicides. **Materials and methods.** In long-term experiments, the following were studied: the usual dump system of soil treatment performed by a plow PN-4-35 to a depth of 0.20-0.22 m; combined, performed by chisel working bodies, with a reservoir turnover to a depth of 0.15 m and loosen-

ing to 0.35 m; mulching chisel processing by working bodies of ROP with loosening to 0.35 m and small disk processing with a disk harrow BDT-3 to a depth of 0.10-0.12 m. Prairie and Volgograd 08 varieties were selected as research objects. **Results and conclusion.** As a result of research, it was found that the greatest porosity of the arable layer in the autumn after soil treatment and throughout the growing season of barley was fixed on plots with small disk processing. Before cleaning, it was 1.37 t / m³, which is higher than the optimal values. The largest amount of available moisture in the meter layer of soil was observed on plots of chisel processing by Ranch workers with a reservoir turnover to a depth of 0.15 m and loosening up to 0.35 m. In spring, during the period of barley germination, it was 160.6 mm. the Maximum yield of spring barley was formed in the Volgograd 08 variety on the variant of combined chisel processing with the formation turnover. On average, over the years of research, it was 2.82 t/ha. the Prairie variety had a yield of 0.24 t / ha less on this version of soil treatment systems. The lowest yield of spring barley was formed on plots with small disk processing. In the Volgograd 08 variety, it was equal to 2.15 t / ha, in the Prairie variety-1.90 t / ha.

Key words: agriculture, basic tillage systems, dump, combined, deep chisel, small disc, spring barley, yield.

Citation. Pleskachev Yu. N., Voronov S. I., Grabov R. S. Improvement of the basic soil treatment system for the cultivation of spring barley. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 88-95 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-09.

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

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

УДК 631.51:633.16"321"(470.44/.47)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

Ю. Н. Плескачев^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
С. И. Воронов², доктор биологических наук,
Р. С. Грабов¹, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград

²Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»,
Московская область. Одинцовский район, пос. Новоивановское

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 04.02.2020

Введение. Рассмотрены системы основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. **Материалы и методы.** В многолетних опытах изучались: обычная отвальная система обработки почвы, выполняемая плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м; комбинированная, выполняемая чизельными рабочими органами Ранчо с оборотом пласта на глубину 0,15 м и рыхлением до 0,35 м; мульчирующая чизельная обработка рабочими органами Ропы с рыхлением до 0,35 м и мелкая дисковая обработка дисковой бороной БДТ-3 на глубину 0,10-0,12 м. В качестве объектов исследований были выбраны сорта Прерия и Волгоградский 08. **Результаты и выводы.** В результате исследований установлено, что наибольшая порозность пахотного слоя осенью после обработки почвы и на протяжении всего вегетационного периода ячменя фиксировалась на делянках с мелкой дисковой обработкой. Перед уборкой она составляла 1,37 т/м³, что выше оптимальных значений. Наибольший запас доступной влаги в метровом слое почвы наблюдался на делянках чизельной обработки рабочими органами Ранчо с оборотом пласта на глубину 0,15 м и рыхлением до 0,35 м. Весной в период всходов ячменя он составлял 160,6 мм. Максимальная урожайность ярового ячменя формировалась у сорта Волгоградский 08 на варианте комбинированной чизельной обработки с оборотом пласта. В среднем за годы исследований она составляла 2,82 т/га. У сорта Прерия на данном варианте систем обработки почвы урожайность была на 0,24 т/га меньше. Наименьшая урожайность ярового ячменя формировалась на делянках с мелкой дисковой обработкой. У сорта Волгоградский 08 она равнялась 2,15 т/га, у сорта Прерия – 1,90 т/га.

Ключевые слова: земледелие, системы основной обработки почвы, отвальная обработка почвы, комбинированная обработка почвы, глубокая чизельная обработка почвы, мелкая дисковая обработка почвы, яровой ячмень, урожайность ярового ячменя.

Цитирование. Плескачѳв Ю. Н., Воронов С. И., Грабов Р. С. Совершенствование системы основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 88-95. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-09.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Применение в необоснованных количествах минеральных удобрений, гербицидов, фунгицидов и инсектицидов, и в особенности при неумелом их использовании как альтернативы механической обработке, создает угрозу заражения окружающей среды и продуктов сельского хозяйства химическими веществами с непредсказуемыми последствиями для здоровья людей и природы в целом [1].

Переход на ресурсосберегающие системы обработки почвы в зональных севооборотах необходимо сочетать с различными способами основной обработки, проведением комплекса агротехнических мероприятий по эффективной очистке полей от семян сорняков, а не просто подавлять развитие сорных растений в посевах, применяя гербициды [2].

Механический переход на минимальную или «нулевую» обработку, особенно на полях, имеющих высокие запасы семян сорняков в почве, всегда будет способствовать интенсивному росту засорѳнности посевов. Поэтому необходимо осваивать новые системы основной обработки почвы, которые должны носить зональный характер [12].

Изучение плотности почвы как фактора плодородия на различных почвах в России и за рубежом в многочисленных исследованиях показало, что оптимум ее для большинства полевых культур на разных почвах находится в пределах 1,1-1,3 т/м³ [6, 8-11].

Сложение плотности почвы на поле определяет способ и глубину его обработки. Правильным выбором способа и глубины основной обработки почвы создаются оптимальные условия для роста культурных растений, что позволяет им в какой-то мере компенсировать неблагоприятные почвенно-климатические условия [7].

К вопросу обработки почвы нельзя подходить как к догме, механически переносить системы обработки почвы одного региона в другой. В каждой природной зоне имеются свои факторы, ограничивающие получение высоких и устойчивых урожаев [5].

Исходя из всего этого на светло-каштановых почвах опытного поля Волгоградского ГАУ в УНПЦ «Горная Поляна» в 2014 году были заложены многолетние полевые эксперименты по влиянию систем основной обработки почвы на продуктивность ярового ячменя.

Материалы и методы. В опыте рассматривались обычная отвальная система обработки почвы, выполняемая плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м, комбинированная, выполняемая чизельными рабочими органами Ранчо с оборотом пласта на глубину 0,15 м и рыхлением до 0,35 м, мульчирующая чизельная обработка рабочими органами Ропы с рыхлением до 0,35 м и мелкая дисковая обработка дисковой бороной БДТ-3 на глубину 0,10-0,12 м.

Данные виды основной обработки почвы апробировались на двух сортах ярового ячменя – Прерия и Волгоградский 08.

Повторность опыта трехкратная. Размер посевных делянок первого порядка 40 х 14,5 м, площадь 580 м², второго порядка 40 х 7,2 м, площадь 288 м². Площадь учетных делянок 160 м².

Результаты и обсуждение. Наблюдения за порозностью почвы показали, что в среднем за годы исследований осенью через неделю после проведения основной обработки почвы порозность пахотного слоя находилась в пределах от 1,0 т/м³ на варианте мульчирующей чизельной обработки рабочими органами Ропа до 1,08 т/м³ на варианте мелкой дисковой обработки.

За зимний период происходило незначительное увеличение порозности почвы. Перед посевом ячменя в среднем за годы исследований порозность пахотного слоя находилась в пределах от 1,04 т/м³ на вариантах глубокого чизельного рыхления как рабочими органами Ранчо, так и рабочими органами Ропа до 1,11 т/м³ на варианте мелкой дисковой обработки.

В период вегетации ячменя с момента его сева и до уборки наблюдалось значительное увеличение порозности почвы во всех горизонтах и на всех вариантах. Но следует отметить, что если на вариантах отвальной, комбинированной и мульчирующей чизельной обработок порозность в пахотном слое 0-0,3 м не выходила за пределы оптимальных значений, то на варианте мелкой дисковой обработки она равнялась 1,37 т/м³.

Таблица 1 – Влияние систем основной обработки на порозность почвы т/м³
(среднее за 2015 - 2017 гг.)

Table 1 – Effect of primary tillage systems on soil porosity t / m³ (average for 2015-2017)

Системы основной обработки почвы / Basic Processing Systems the soil	Слой почвы, м / Layer of soil, m	Осенью после обработки / In autumn after treatment	Весной перед посевом / In spring before sowing	Перед уборкой / Before harvesting
Отвальная система обработки почвы (контроль) / Soil tillage system (control)	0 - 0,1	0,96	1,02	1,24
	0,1 - 0,2	1,01	1,07	1,29
	0,2 - 0,3	1,14	1,16	1,37
	0 - 0,3	1,04	1,08	1,30
Комбинированная, с оборотом пласта на глубину 0,15 м и рыхлением до 0,35 м / Combined, with a turnover of the formation to a depth of 0,15 m and loosening up to 0,35 m	0-0,1	0,98	0,99	1,21
	0,1-0,2	1,05	1,07	1,20
	0,2-0,3	1,04	1,06	1,26
	0-0,3	1,02	1,04	1,22
Мульчирующая чизельная обработка с рыхлением до 0,35 м / Mulching chisel treatment with loosening up to 0,35 m	0-0,1	0,96	1,00	1,12
	0,1-0,2	1,02	1,06	1,22
	0,2-0,3	1,02	1,07	1,27
	0-0,3	1,00	1,04	1,20
Мелкая дисковая на глубину 0,10 - 0,12 м / Shallow disk to a depth of 0,10 – 0,12 m	0-0,1	0,97	1,05	1,31
	0,1-0,2	1,12	1,12	1,39
	0,2-0,3	1,15	1,16	1,42
	0-0,3	1,08	1,11	1,37

В результате проведения наших опытов было выявлено, что самый большой запас доступной влаги весной в период всходов ячменя наблюдался на вариантах чизельного рыхления рабочими органами “РАНЧО” до глубины 0,35 м с оборотом пласта на 0,15 м и мульчирующей чизельной обработки ресурсосберегающим органом “РОПА” на глубину 0,35 - 160,6 мм и 155,5 мм соответственно. При отвальной обработке плугом на глубину 0,20 - 0,22 м в метровом слое почвы аккумулировалось 137,1 мм продуктивной влаги, а при мелкой дисковой обработке БДТ-3 на глубину 0,10 - 0,12 м - 121,2 мм.

К фазе кущения ячменя количество влаги в метровом слое почвы за счёт транспирации растений и диффузного испарения снижалось на всех вариантах. На варианте мелкой дисковой обработки оно снизилось до 94,1 мм, на варианте отвальной обработки доступной влаги сохранилось на 14,3 мм больше, на варианте мульчирующей чизельной обработки на 23,2 мм больше, а на варианте чизельной обработки с частичным оборотом пласта на 31,6 мм больше. В фазу колошения количество доступной влаги продолжало снижаться. На варианте мелкой дисковой обработки оно снизилось до 25,1 мм, на варианте отвальной обработки доступной влаги сохранилось на 15,1 мм больше, на варианте мульчирующей чизельной обработки на 23,5 мм больше, а на варианте чизельной обработки с частичным оборотом пласта на 29,8 мм больше. К фазе полной спелости ячменя доступная влага была практически израсходована на всех исследуемых вариантах систем обработки почвы (рисунок 1).

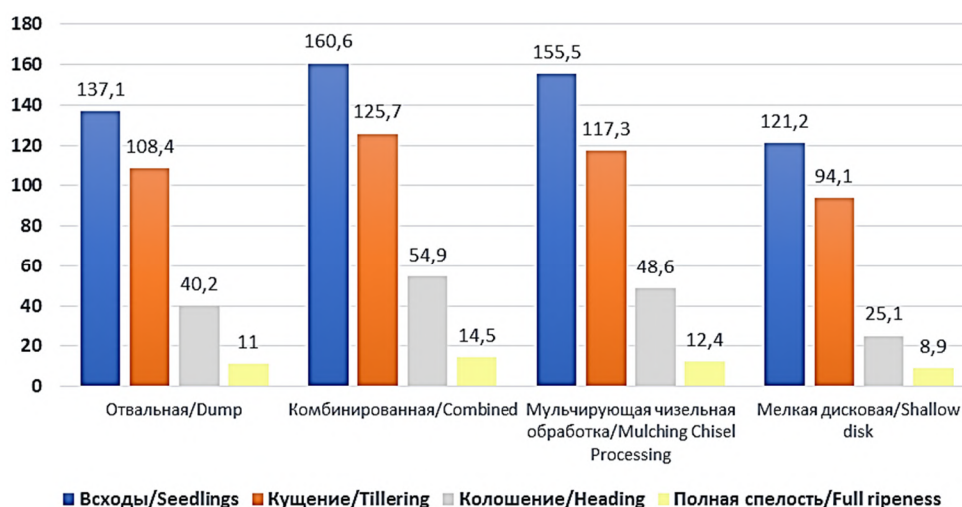


Рисунок 1 – Динамика доступной влаги в посевах ярового ячменя в метровом слое почвы в 2015-2017 гг., мм

Figure 1 – Dynamics of available moisture in crops of spring barley in a meter soil layer in 2015-2017, mm

Исследования потенциальной засоренности посевов ячменя показали, что наибольший запас семян сорняков в пахотном слое наблюдался на варианте мелкой дисковой обработки. В среднем за годы исследований он составлял 10,9 млн шт. семян сорняков на гектар. Минимальный запас семян сорняков наблюдался на варианте отвальной обработки плугом ПН-4-35 и равнялся 8,0 млн шт./га. На варианте комбинированного чизельного рыхления рабочим органом “РАНЧО” с оборотом пласта разница в запасе семян сорных растений с вариантом отвальной обработки была 1,2 млн шт./га в сторону увеличения потенциальной засорённости. На варианте системы мульчирующей чизельной обработки рабочими органами “РОПА” без оборота пласта количество семян сорняков было на 0,8 млн шт./га больше, чем на варианте чизельного рыхления рабочим органом “РАНЧО” с оборотом пласта и на 1,1 млн шт. семян/га меньше, чем на варианте мелкой дисковой обработки.

Урожайность ярового ячменя как сорта Прерия, так и сорта Волгоградский 08 во все годы исследований оказалась наибольшей на делянках с системой комбинированной обработки, выполняемой чизельными рабочими органами Ранчо с оборотом пласта на глубину 0,15 м и рыхлением до 0,35 м.

Таблица 2 – Количественный состав семян сорняков в посевах ячменя в зависимости от способа обработки почвы (млн шт./га) (в среднем за 2015-2017 гг.)

Table 2 – The quantitative composition of weed seeds in barley crops, depending on the method of tillage (million units / ha) (average for 2015-2017)

Системы основной обработки почвы / Basic Processing Systems the soil	Слой, м / Layer, m	Однолетних / Annuals	Многолетних / Perennial	Всего семян / Total seed
Отвальная система обработки почвы (контроль) / Soil tillage system (control)	0-0,10	2,4	0,2	2,6
	0,10-0,20	3,9	0,1	4,0
	0,20-0,30	1,2	0,2	1,4
	0-0,30	7,5	0,5	8,0
Комбинированная, с оборотом пласта на глубину 0,15 м и рыхлением до 0,35 м / Combined, with a turnover of the formation to a depth of 0,15 m and loosening up to 0,35 m	0-0,10	3,0	0,2	3,2
	0,10-0,20	4,0	0,3	4,3
	0,20-0,30	1,5	0,2	1,7
	0-0,30	8,5	0,7	9,2
Мульчирующая чизельная обработка с рыхлением до 0,35 м / Mulching chisel treatment with loosening up to 0,35 m	0-0,10	3,2	0,2	3,4
	0,10-0,20	4,2	0,2	4,4
	0,20-0,30	1,8	0,2	2,0
	0-0,30	9,2	0,6	9,8
Мелкая дисковая на глубину 0,10-0,12 м / Shallow disk to a depth of 0,10-0,12 m	0-0,10	3,6	0,4	4,0
	0,10-0,20	4,5	0,3	4,8
	0,20-0,30	1,8	0,3	2,1
	0-0,30	9,9	1,0	10,9

На делянках с системой мульчирующей чизельной обработки рабочими органами Ропа с рыхлением до 0,35 м, урожайность ярового ячменя в зависимости от сортов была в среднем за 2015-2017 годы на 0,17-0,18 т/га меньше. На делянках с системой отвальной обработки, выполняемой плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м, урожайность ячменя была на 0,32-0,33 т/га меньше. На делянках мелкой дисковой обработкой БДТ-3 на глубину 0,10-0,12 м урожайность ячменя была самой низкой и находилась в пределах от 1,90 до 2,15 т/га.

Таблица 3 – Влияние систем основной обработки светло-каштановой почвы на урожайность ячменя сортов Прерия и Волгоградский 08, т/га

Table 3 – The influence of the systems of the main processing of light chestnut soil on the productivity of barley varieties Prairie and Volgogradsky 08, t / ha

Сорт / Varietie	Система обработки / Processing System	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Среднее / Average
Прерия / Prairie	Вспашка плугом (контроль) / Plowing (control)	1,69	2,85	2,25	2,26
	Чизельная «РАНЧО» / Chisel «RANCH»	1,99	3,12	2,63	2,58
	Чизельная «Ропа» / Chisel «Ropa»	1,72	3,02	2,49	2,41
	Мелкая дисковая / Shallow disk	1,11	2,55	2,05	1,90
Волгоградский 08 / Volgogradsky 08	Вспашка плугом (контроль) / Plowing (control)	1,93	2,98	2,57	2,49
	Чизельная «РАНЧО» / Chisel «RANCH»	2,27	3,25	2,94	2,82
	Чизельная «Ропа» / Chisel «Ropa»	1,98	3,15	2,79	2,64
	Мелкая дисковая / Shallow disk	1,34	2,75	2,36	2,15
	НСП ₀₅ А	0,06	0,12	0,10	
	НСП ₀₅ В	0,10	0,12	0,14	
	НСП ₀₅ АВ	0,09	0,10	0,12	

Из двух сортов, изучаемых в опыте, во все годы исследований, причём на всех вариантах систем основной обработки почвы, урожайность ярового ячменя была выше у более современного сорта Волгоградский 08, чем у сорта Прерия, в среднем на 0,23-0,25 т/га.

Выводы. Таким образом, исследования по совершенствованию систем основной обработки почвы при возделывании различных сортов ярового ячменя в подзоне светло-каштановых почв Нижнего Поволжья показали, что наиболее оптимальным вариантом в агротехническом плане является чизельная обработка, выполняемая рабочими органами Ранчо с оборотом пласта на глубину 0,15 м и рыхлением до 0,35 м.

Библиографический список

1. Беленков А. И., Дмитриевская И. И. Регулирование фитосанитарного состояния посевов зерновых культур на полигоне точного земледелия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (148) С. 5-10.
2. Инновационные способы обработки почв при возделывании ячменя / Ю. Н. Плескачев, И. Б. Борисенко, В. Ю. Мисюрязев, И. А. Кошечев // Плодородие. 2012. № 6. С.18-19.
3. Матюк Н. С., Полин В. Д., Николаев В. А. Изменение агрофизических свойств почвы под действием приемов обработки и удобрений // Владимирский земледелец. 2015. № 2 (72). С. 12-14.
4. Матюк Н. С., Николаев В. А., Щигрова Л. И. Влияние разных систем обработки почвы на динамику содержания элементов питания в растениях ячменя // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3. С. 154-161.
5. Николаев В. А., Беленков А. И. Влияние разных приемов обработки дерновоподзолистой почвы на ее сложение и урожайность ячменя // Известия ТСХА. 2014. Вып. 5. С. 103-109.
6. Селиванова В. Ю. Влагообеспеченность яровых культур в севообороте с различными обработками почвы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1. С. 154-161.
7. Упанов А. К., Будажапов Л. В. Продуктивность каштановой почвы в зависимости от условий увлажнения при многолетнем воздействии севооборотов, приёмов основной обработки и удобрений в степи // Земледелие. 2019. № 1. С. 36-39.
8. Чурзин В. Н., Кубраков Е. В. Влияние способов основной обработки на изменение агрофизических показателей, формирование запасов влаги в почве и урожайность озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2. С. 54-61.
9. Hatfield J. L., Jeffries A. T. Zone tillage // Encyclopedia of Soils in the Environment. 2005. 373 p.
10. Long-term variations in soil organic matter under different tillage intensities / G. Valboa, A. Lagomarsino, G. Brandi, A. E. Agnelli, S. Simoncini, R. Papini, N. Vignozzi, S. Pellegrini // Soil and Tillage Research. 2015. Vol. 154. P. 126-135.
11. Nouwakpoa S. K., Songb J., Gonzalez J. M. Soil structural stability assessment with the fluidized bed, aggregate stability, and rainfall simulation/on long-term tillage and crop rotation systems // Soil and Tillage Research. 2018. Vol. 178. P. 65-71.
12. Zelenev A. V., Pleskachev Y. N., Seminchenko E. V. Crop rotations ensuring the greatest yields under dry conditions of the lower Volga region water – saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga – Don interfluvium // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2018. Том. 13. №3. С. 216-223.

Conclusion. Thus, studies to improve the main tillage systems for cultivating various varieties of spring barley in the subzone of light chestnut soils of the Lower Volga region showed that the most optimal option in agronomic terms is chisel processing performed by the working bodies of the Ranch with a layer revolution of 0.15 m and loosening up to 0.35 m

References

1. Belenkov A. I., Dmitrevskaya I. I. Regulirovanie fitosanitarnogo sostoyaniya posevov zernovykh kul'tur na poligone tochnogo zemledeliya // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 2 (148) P. 5-10.

2. Innovacionnye sposoby obrabotki pochv pri vozdeystvii yachmenya / Yu. N. Pleskachjov, I. B. Borisenko, V. Yu. Misyuryaev, I. A. Koscheev // Plodorodie. 2012. № 6. P. 18-19.
3. Matyuk N. S., Polin V. D., Nikolaev V. A. Izmenenie agrofizicheskikh svoystv pochvy pod deystviem priemov obrabotki i udobrenij // Vladimirskij zemledec. 2015. № 2 (72). P. 12-14.
4. Matyuk N. S., Nikolaev V. A., Schigrova L. I. Vliyanie raznyh sistem obrabotki pochvy na dinamiku soderzhaniya elementov pitaniya v rasteniyah yachmenya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 3. P. 154-161.
5. Nikolaev V. A., Belenkov A. I. Vliyanie raznyh priemov obrabotki dernovopodzolistoj pochvy na ee slozhenie i urozhajnost' yachmenya // Izvestiya TSXA. 2014. Vol. 5. P. 103-109.
6. Selivanova V. Yu. Vlogoobespechennost' yarovyh kul'tur v sevooborote s razlichnymi obrabotkami pochvy v suhostepnoj zone Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1. P. 154-161.
7. Upanov A. K., Budazhapov L. V. Produktivnost' kashtanovoj pochvy v zavisimosti ot uslovij uvlazhneniya pri mnogoletnem vozdeystvii sevooborotov, priyemov osnovnoj obrabotki i udobrenij v stepi // Zemledelie. 2019. № 1. P. 36-39.
8. Churzin V. N., Kubrakov E. V. Vliyanie sposobov osnovnoj obrabotki na izmenenie agrofizicheskikh pokazatelej, formirovanie zapasov vlagi v pochve i urozhajnost' ozimoy pshenicy na svetlo-kashtanovykh pochvakh Volgo-Donskogo mezhdurech'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 2. P. 54-61.
9. Hatfield J. L., Jeffries A. T. Zone tillage // Encyclopedia of Soils in the Environment. 2005. 373 p.
10. Long-term variations in soil organic matter under different tillage intensities / G. Valboa, A. Lagomarsino, G. Brandi, A. E. Agnelli, S. Simoncini, R. Papini, N. Vignozzi, S. Pellegrini // Soil and Tillage Research. 2015. Vol. 154. P. 126-135.
11. Nouwakpoa S. K., Songb J., Gonzalez J. M. Soil structural stability assessment with the fluidized bed, aggregate stability, and rainfall simulation/on long-term tillage and crop rotation systems // Soil and Tillage Research. 2018. Vol. 178. P. 65-71.
12. Zelenev A. V., Pleskachev Y. N., Seminchenko E. V. Crop rotations ensuring the greatest yields under dry conditions of the lower Volga region water – saving irrigation regimes for vegetable crop production under conditions of Volga – Don interfluvium // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2018. Vol. 13. №3. P. 216-223.

Authors Information

Pleskachev Yuri Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Center for Agriculture, Chief Researcher of the Federal Research Center Nemchinovka: (143026 Moscow Region. Odintsovo District, Novoivanovskoye Village, Kalinina St. 1.), E-mail: pleskachiov@yandex.ru

Voronov Sergey Ivanovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the Federal Research Center Nemchinovka: (143026 Moscow Region. Odintsovo District, settlement Novoivanovskoye, Kalinin St., 1.), E-mail: vsi08@mail.ru

Grabov Roman Sergeevich, Researcher, Postgraduate Student, Volgograd State Agrarian University Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26.), E-mail: rgrabov@yandex.ru

Информация об авторах

Плескачёв Юрий Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель центра по земледелию, главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Немчиновка» (143026 Московская область, Одинцовский район, пос. Новоивановское, ул. Калинина, 1.), E-mail: pleskachiov@yandex.ru

Воронов Сергей Иванович, доктор биологических наук, профессор, директор Федерального исследовательского центра «Немчиновка» (143026 Московская область. Одинцовский район, пос. Новоивановское, ул. Калинина, 1.), E-mail: vsi08@mail.ru

Грабов Роман Сергеевич, научный сотрудник, аспирант, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: rgrabov@yandex.ru

THE EFFICIENCY OF STOCK-CONTROLLING AND WATER-PROTECTED PLANTS OF RIVER POOLS

V. G. Yuferev, N. A. Tkachenko

Federal state budget scientific institution

«Federal Scientific Centre for agroecology, complex melioration and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd

Received 11.02.2020

Submitted 10.03.2020

The paper was carried out with the financial support of the RFBR and the Volgograd region in the framework of the scientific project No. 19-45-340003 «Scientific justification and regularities of changes in the state of landscapes of the Maly Syrt - Caspian lowland ecotone in the Volgograd Zavolzhye»

Summary

The paper presents the results of evaluating the effectiveness of flow control and water protection of forest plantations. The results of research have shown that the effectiveness of protecting water bodies from contamination by erosion washout products depends on the state of such plantings. However, most of the forest belts and plantations in the research area do not perform their functions to protect the watershed, and therefore it is necessary to carry out work on their restoration, reconstruction and creation of new ones.

Abstract

Introduction. The prevention of pollution of water areas of hydrographic network using biological barriers is an actual problem that is solved by flow regulatory and water-protection forest plantations, which perform the functions of limiting the volume and speed of surface flow of polluted melt water and heavy rainwater. This method is the main one for preventing of pollution of water by flushing products - soil particles, chemical substances, and various types of the waste. **Object.** Forest plantations are a framework linking all the elements of anti-erosion protection of watersheds into a single system. Determining the safety of forest plantations by remote assessment methods makes it possible to identify not only the general condition, but also the exact coordinates of the places of degradation (deposition), which makes it possible to the economically substantiated protection of waterway from pollution by erosion products. **Materials and methods.** Definition of the state of flow-regulating and water-protection forest plantations using computer and GIS technologies was carried out on the basis of analysis of aerospace information. For this purpose, local spatial databases were created that include ultra-high-resolution space photos. The use of this method of research is due to the relevance and reliability of aerial and space photos, and the accuracy of the spatial topology of research objects. **Results and conclusion.** The As a result of the investigation of the test area "Second Urakovka" of the Volga watershed on the basis of the space images of large scale (resolution of images 1-10 m) using GIS technologies, low safety of protective belts was established. On a total area of more than 489 hectares, 22 forest belts out of 36 were completely destroyed (the level of degradation "catastrophe") or 59,6 % of the area of plantings, and together with degraded belts with the level "crisis", their share is more than 60%. In a normal state there are only 4 forest belts occupying 18,1 % of the area of plantings. Since most of the forest belts and forest on the test area do not perform their functions to protect the watershed, it is necessary to work on their restoration, reconstruction and formation of new ones.

Key words: *pollution, river basin, erosion, protection, forest plantations, forest belt, erosion, soil washout.*

Citation. Yuferev V. G., Tkachenko N. A. The efficiency of stock-controlling and water-protected plants of river pools. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 96-105 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-10.

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

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

УДК 556.555.8:630*116.9:502.51

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТОКОРЕГУЛИРУЮЩИХ И ВОДООХРАННЫХ НАСАЖДЕНИЙ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ

В. Г. Юферев, доктор сельскохозяйственных наук

Н. А. Ткаченко, кандидат сельскохозяйственных наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, Россия*

Дата поступления в редакцию 11.02.2020

Дата принятия к печати 10.03.2020

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Волгоградской области
в рамках научного проекта № 19-45-340003 «Научное обоснование и закономерности
изменения состояния ландшафтов экотона Малый Сырт - Прикаспийская низменность
в Волгоградском Заволжье»*

Актуальность. Предотвращение загрязнения водоемов гидрографической сети с использованием биологических барьеров является актуальной проблемой, которую решают стокорегулирующие и водоохранные лесные насаждения, осуществляющие функции ограничения объема и скорости поверхностного стока загрязненных талых и ливневых вод. Такой способ является основным для предотвращения загрязнения вод продуктами смыва: почвенными частицами, химическими веществами, отходами различного типа, вовлекаемыми в поток воды в результате эрозийных процессов. **Объект.** Лесные насаждения являются каркасом, увязывающим в единую систему все элементы противозерозионной защиты водосборов. Определение сохранности лесных насаждений методами дистанционной оценки дает возможность выявления не только общего состояния, но и точных координат мест деградации (выпадов), что делает экономически обоснованной защиту водотоков от загрязнения продуктами эрозии. **Материалы и методы.** Оценка состояния стокорегулирующих и водоохранных лесных насаждений с использованием компьютерных и ГИС-технологий осуществлялась на основе анализа аэрокосмической информации. Для этого были созданы локальные пространственные базы данных, включающие космоснимки сверхвысокого разрешения [7, 8]. Применение такого метода исследований продиктовано актуальностью и достоверностью аэро- и космоснимков, точностью пространственной топологии объектов исследований. **Результаты и выводы.** В результате исследования тестового полигона «Вторая Ураковка» Волжского водосбора на основе космоснимков крупного масштаба (разрешение снимков 1-10 м) с использованием ГИС-технологий выявлена низкая сохранность полейзащитных полос. На полигоне общей площадью более 489 га полностью распались 22 лесные полосы из 36 (уровень деградации «Бедствие»), или 59,6 % от площади насаждений, а вместе с деградированными полосами с уровнем «Кризис» их доля составляет более 60 %. В нормальном состоянии находятся только 4 лесные полосы, занимающие 18,1 % площади насаждений. Так как большинство лесных полос и массивов на тестовом полигоне не выполняет своих функций по защите водосбора, необходимо проведение работ по их восстановлению, реконструкции и созданию новых.

Ключевые слова: загрязнение речных бассейнов, речные бассейны, эрозия почв, защита лесных насаждений, лесные насаждения.

Цитирование. Юферев В. Г., Ткаченко Н. А. Эффективность стокорегулирующих и водоохранных насаждений речных бассейнов. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 96-105. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-10.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Из-за интенсивного антропогенного и техногенного воздействия на природные ландшафты, связанного с сельскохозяйственным использованием территорий водосборов и строительством путей транспорта, в настоящее время возникла необходимость защиты русел рек от развития эрозионных процессов и загрязнений их продуктами смыва. Эрозия приводит к снижению плодородия почв, смыву почвенных частиц в гидросеть и, как следствие, к заилению русел рек, что обуславливает необходимость прогнозирования эрозионных процессов и разработки мер по защите земель от деградации [1, 4-6, 11].

К потенциально опасным участкам водосборов с точки зрения выноса продуктов смыва в водотоки можно отнести:

- эрозионноопасные участки склонов, с крутизной более 1°;
- эрозионноопасные, не защищенные противозерозионными лесными насаждениями участки пашни или поверхности без растительного покрова;
- используемые для выращивания сельскохозяйственной продукции участки при отсутствии систем защиты от эрозии;
- водосборы с неблагоприятными условиями: недостаточное количество осадков, легкий гранулометрический состав почв, засоление и др.;
- водосборы, нарушенные в результате природно-антропогенных явлений (прорыв дамбы, наводнения, ливни и др.).

Защита гидрографической сети с использованием стокорегулирующих и водоохраных защитных лесных насаждений (ЗЛН), осуществляющих функции ограничения объема и скорости поверхностного стока талых и ливневых вод, является основным способом предотвращения ее загрязнения продуктами смыва – почвенными частицами, химическими веществами, отходами различного типа, вовлекаемыми в поток воды в результате эрозионных процессов [2, 3, 10, 12].

Состояние противозерозионных и водорегулирующих лесных насаждений непосредственно влияет на величину смыва и уровень загрязнения продуктами выноса притоков и основных водотоков гидрографической сети. Вместе с частицами почвы при стоке с пашни одновременно выносятся до 30 % вносимых химикатов, что негативно отражается на качестве поверхностных вод.

Определение состояния и эффективности ЗЛН речного бассейна является самостоятельной задачей, решение которой позволит оценить качество их функционирования, осуществить прогноз смыва почвы, связанного с уровнями деградации таких насаждений в будущем и своевременно применить систему мер по поддержанию функционального режима водоохраных насаждений. Поставленную задачу призвана решить система критериев, позволяющих выявить эффективность защитных функций с использованием геоинформационных систем (ГИС), базирующихся на них геоинформационных технологий современного уровня и передовых методов анализа и обработки данных аэрокосмических съемок и дистанционного зондирования Земли. Дистанционная съемка защитных насаждений позволяет осуществлять непрерывный мониторинг и оценивать динамику их экологического состояния.

Материалы и методы. Оценка состояния стокорегулирующих и водоохраных лесных насаждений с использованием компьютерных и ГИС-технологий осуществлялась на основе анализа аэрокосмической информации. Для этого были созданы локальные пространственные базы данных, включающие космоснимки сверхвысокого разрешения [7, 8]. Применение такого метода исследований продиктовано актуальностью и достоверностью аэро- и космоснимков, точностью пространственной топологии объектов исследований [7].

Цифровое изображение лесных насаждений, полученное в результате цветового синтеза спектральнональных снимков, содержит основные диапазоны отраженных световых волн, в основном красный, зеленый и синий. Защитные лесные насаждения на космоснимках имеют темно-зеленый цвет, что отличает их от окружающих объектов.

Анализ раstra космоснимка позволяет выявить распределение пикселей и средний цветовой тон для полога древостоя [9].

Для оценки деградации лесонасаждения используется фотоэталон уровня деградации, который устанавливается по экспертно выбранной части полога древостоя. Сохранность является обобщающим критерием уровня деградации лесного насаждения. Определить сохранность $Y(I)$ можно по площади полога (S_{nn}) к площади всего насаждения (S_n):

$$Y = S_{nn} / S_n (I).$$

В общем случае различным уровням деградации полога будут соответствовать значения Y , приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Значение критерия χ для уровней деградации лесонасаждений

Table 1 – Value of the χ criterion for degradation levels of the forest plantations

Уровень деградации / Degradation level	χ
«Норма» / «Norm»	0,81 – 1,00
«Риск» / «Risk»	0,71 – 0,80
«Кризис» / «Crisis»	0,51 – 0,70
«Бедствие» / «Disaster»	$\leq 0,5$

Выявление эрозионных процессов, идущих в водосборах речного бассейна, является необходимым для выявления места проявления процесса и планирования лесомелиоративных мероприятий с целью предотвращения попадания продуктов смыва в водотоки. На космоснимках овражно-балочных систем водосборов речного бассейна дешифровочными признаками эрозионных процессов являются:

- изменение тона на изображении ландшафта в связи с различным тоном пикселей растрового изображения как почв, так и растительности (рисунок 1 а);
- характерная структура изображения линейных форм эрозии, которая отражена на снимках локальными формами с ярко выделенным изменением земной поверхности и формированием эрозионных форм (промоины, овраги и т.д.) (рисунок 1 б);
- характерное отображение плоскостного смыва, представленного ориентированными вдоль склона очагами светлого тона.



Рисунок 1 – Космоснимок на тестовом полигоне «Вторая Ураковка»:
а – эрозионного ландшафта; б – смыва почвы

Figure 1 – Space photo at the test polygon «Vtoraya Urakovka»:
a – of the erosion landscape; b – of the soil washout

Результаты и обсуждение. Для проведения исследований был выбран характерный для южной части Приволжской возвышенности тестовый полигон «Вторая Ураковка» площадью около 4000 га. Максимальная высота на полигоне 258 м, перепад высот 206 м. Максимальная крутизна склона 14°. Средняя расчлененность полигона 1,5 км/км².

Геоинформационный анализ тематических слоев показал незавершенность системы защиты водотоков от последствий эрозии. Система защитных лесных насаждений представлена 36 противоэрозионными лесными полосами и 5 массивами лесных насаждений общей площадью 138 га (рисунок 2).

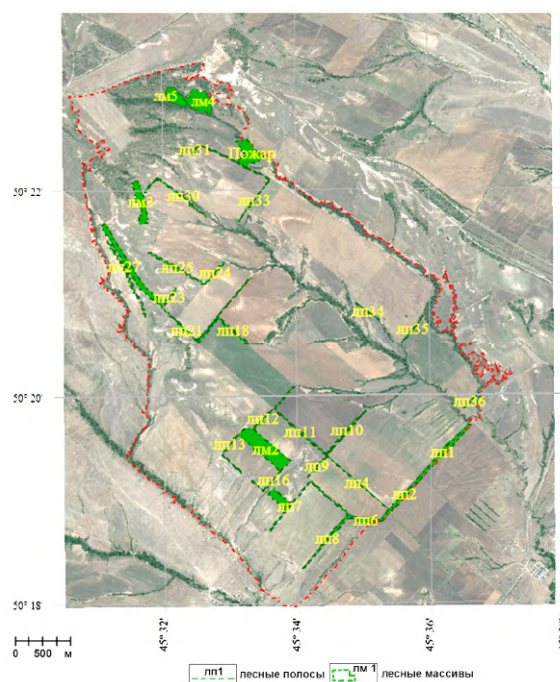


Рисунок 2 – Космокарта комплекса лесных насаждений

Figure 2 – Space map of the forest plantings complex

В результате исследований определена сохранность лесных насаждений, установлены и распределены их площади по уровням деградации (таблица 2).

Таблица 2 – Сохранность лесных насаждений на полигоне «Вторая Ураковка»

Table 2 – Safety of the forest plantations at the test polygon «Vtoraya Urakovka»

Характеристика/ Characteristic	Уровень деградации / Degradation level				Всего / Total
	Норма / Norm	Риск / Risk	Кризис / Crisis	Бедствие / Disaster	
Количество лесных полос, шт. / Number of forest belts, pcs.	4,0	3,0	8,0	22,0	37,0
Площадь лесных полос, га / Area of forest belts, ha	14,6	5,6	12,4	49,5	82,1
Количество лесных массивов, шт. / Number of forest plantations pcs.	0	0	4,0	3,0	7,0
Площадь лесных массивов, га / Area of forest plantations, ha	0	0	49,8	21,7	71,5
Площадь естественных насаждений, га / Area of natural forest plantation, ha					514,0

Полностью выпали 22 лесных насаждения площадью около 490 га или 60 % от всей площади насаждений. Удовлетворяют проектным нормам только 4 полосы (18 % всей площади насаждений).

Оценка 30 лесных массивов также показала их низкую сохранность. Площадь лесных массивов с сохранностью древостоя до 50% составила 30% всей площади массивов.

Таким образом, общая сохранность системы искусственных насаждений очень низкая, основная часть лесных полос и массивов находится в бедственном положении, они не выполняют защитных функций и нуждаются в срочном планировании и выполнении работ по их восстановлению.

Исследование пространственного расположения лесных насаждений показывает, что часть насаждений (16 из 37) была высажена вдоль склонов с углами наклона более 3°, более 70 % из этих насаждений деградировало до уровня «Бедствие».

Визуализация цифровой трехмерной модели ландшафта показала наличие зоны смыва на склоне, не защищенном лесной полосой, расположенной примерно в середине склона, а при наличии защитных полос зоны смыва расположены ниже лесной полосы в местах выпадов древостоя (рисунок 3).

Максимальную энергию на незащищенном склоне поток приобретает в точке максимального ускорения, которое можно рассчитать по максимуму первой производной уравнения формы склона.

Для защищенных склонов максимальный смыв наблюдается непосредственно за полосой, что вызвано прорывом накопившейся воды через участки ЛП. В этом случае наибольшая энергия будет у концентрированного потока, далее по склону она будет резко снижаться за счет распределения по простирацию склона.



Рисунок 3 – Зоны смыва почвы в местах выпад насаждений

Figure 3 – The Soil washout zones in the areas of plant degradation

Примерно такой же механизм работы потока и при наличии выпадов в насаждении, при этом сконцентрированный полосой поток прорывается через незащищенное пространство и интенсивно смывает плодородный слой. Необходимо отметить, что в целом смытость защищенной пашни с наличием даже расстроенных насаждений меньше, чем незащищенной.

В результате исследования установлена необходимость реконструкции существующей системы защитных лесных насаждений, предложены план рубежей размещения лесомелиоративных насаждений (рисунок 4) и, при необходимости, создание гидротехнических сооружений.

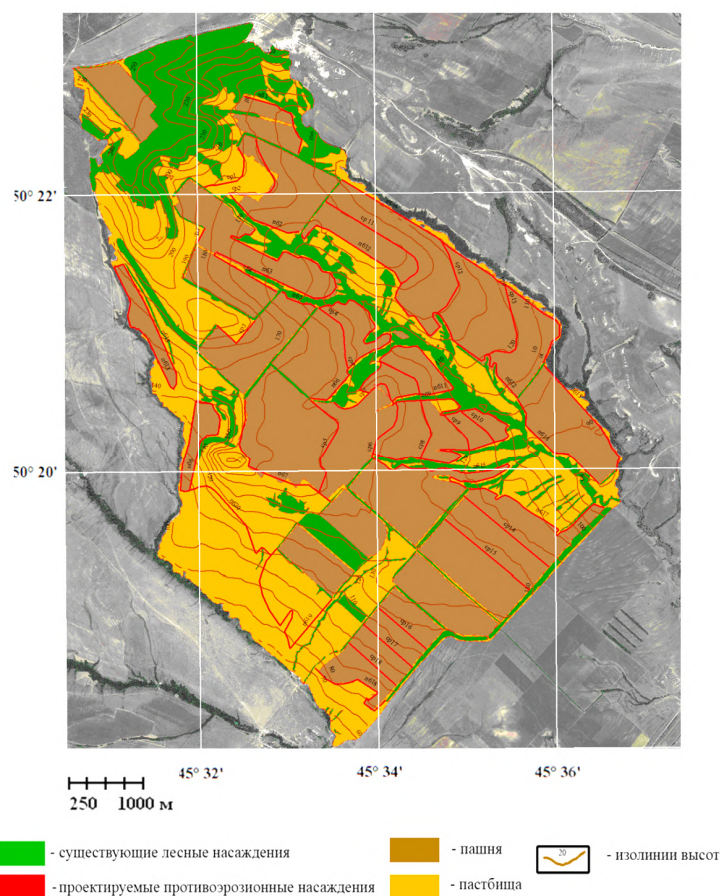


Рисунок 4 – Карта дополнительного размещения противоэрозионных лесных насаждений на полигоне «Вторая Ураковка»

Figure 4 – The map of additional placement of erosion-prevention afforest at the test polygon «Vtoraya Urakovka»

Выводы. Эрозионные процессы в ландшафтах как комплекс процессов смыва и размыва почв водными потоками являются источником загрязнения водотоков продуктами смыва.

Система защиты гидрографической сети от продуктов эрозии на землях сельскохозяйственного назначения формируется при помощи стокорегулирующих, прибалочных и водоохранных лесных насаждений. Они обеспечивают управление поверхностным стоком, то есть ограничивают скорость потока и предотвращают его концентрацию, переводят часть стока из наземного в подземный, распределяют непоглощенную часть стока на большую площадь, задерживают продукты смыва для предотвращения загрязнения основных водотоков гидрографической сети. Поэтому в настоящее время актуальной задачей является определение состояния и эффективности лесных насаждений речного бассейна.

Выявление сохранности лесных насаждений методами дистанционной оценки обеспечивает выявление не только общего состояния, но и точных координат мест деградации, что дает возможность организовать экономически обоснованную защиту водотоков от загрязнения продуктами эрозии.

Использование геоинформационных систем для дешифрирования, анализа и обработки космоснимков позволяет создавать тематические электронные карты с оценкой деградации существующих лесных насаждений, оперативно определять произошедшие на

объектах изменения. Использование таких карт обеспечивает необходимой информацией проектные работы, связанные с восстановлением, реконструкцией и созданием новых защитных лесных насаждений.

Противоэрозионная лесомелиорация, используемая для уменьшения смыва и размыва почв, выноса продуктов водной эрозии в водотоки, является одним из главных направлений лесомелиоративного обустройства речных бассейнов.

Библиографический список

1. Барабанов А. Т. Научные основы противоэрозионной мелиорации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 23-30.
2. Безухов Д. А., Голосов В. Н., Панин А. В. Оценка коэффициента доставки наносов малых водосборов в лесостепных и степных районах Восточно-Европейской равнины // Известия Российской академии наук. Серия Географическая. 2019. №4 С. 73-84. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019473-84>
3. Вавин В. С., Тунякин В. Д., Рыбалкина Н. В. О долголети и жизнеспособности искусственно созданных водоохранных лесонасаждений // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7. №4 (28). С. 25-32. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5a3ce881730750.55989198
4. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2016 году / Сост. Ж. Ю. Захарова. М.: Министерство экономического развития Российской Федерации. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии, 2017. 220 с.
5. Кулик К. Н., Барабанов А. Т., Панов В. И. Оригинальная теория рельефообразования и основы противоэрозионной мелиорации А. С. Козменко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 76-83.
6. Кулик К. Н., Дубенок Н. Н., Барабанов А. Т. Стокорегулирующая и противоэрозионная эффективность агротехнических противоэрозионных мероприятий в системе адаптивно-ландшафтного земледелия // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2017. №1 (30). С. 47-52.
7. Кулик К. Н., Кошелев А. В. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга // Лесотехнический журнал. 2017. №3 (27). С. 107-114. DOI: https://doi.org/10.12737/article_59c22527885b57.91268039
8. Титкова Т. Б. Изменение климатических условий формирования зимнего стока в бассейне верхнего Дона по спутниковым и наземным данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т.1. №1. С. 147-157. DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-1-147-157>
9. Degradation of landscapes in the south of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Yu. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // Journal of Forest Science. 2019. №65. P. 195-202. DOI: <https://doi.org/10.17221/141/2018-JFS>
10. Impacts of forests and forestation on hydrological services in the Andes: A systematic review / Vivien Bonnesoeur, Bruno Locatelli, Manuel R. Guariguata, Boris F. Ochoa-Tocachi, Veerle Vanacker, Zhun Mao, Alexia Stokes, Sarah-Lan Mathez-Stiefel // Forest Ecology and Management. 2019. Volume 433. P. 569-584. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.033>
11. Impacts of forest restoration on soil erosion in the Three Gorges Reservoir area, China / Mingjun Teng, Chunbo Huang, Pengcheng Wang, Lixiong Zeng, Zhixiang Zhou, Wenfa Xiao, Zhilin Huang, Changfu Liu // Science of The Total Environment. 2019. Volume 697. P. 134-164. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134164>
12. Soil erosion and water retention varies with plantation type and age / Dan Sun, Weixin Zhang, Yongbiao Lin, Zhanfeng Liu, Weijun Shen, Lixia Zhou, Xingquan Rao, Suping Liu, Xi-an Cai, Dan He, Shenglei Fu // Forest Ecology and Management. 2018. Volume 422. P. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.048>

Conclusions. The erosion processes in landscapes, as a complex of processes of flushing and erosion of soils by water flows, are the source of pollution of watercourses by flushing products.

The system of protection of the hydrographic network from erosion products on agricultural lands is formed with the help of flow-regulating, near beam and water protection forest belts. They provide control of the surface flow, that is, they limit the flow speed and prevent its concentration, transfer part of the flow from the ground to the underground, distribute the unabsorbed part of the flow over a large area, and delay washout products to prevent contamination of the main watercourses of the hydrographic network. Therefore, the current task is to determine the state and efficiency of forest plantations in the river basin.

Detection of the forest plantations safety by remote estimation methods provides identification not only of the General state, but also determination of the exact coordinates of degradation sites, which makes it possible to organize an economically validity protection of the watercourses from pollution by erosion products.

The use of geographic information system for decoding, analyzing and processing of the space photos allows creating thematic electronic maps with an estimate of the degradation of existing forest plantations, and quickly determining changes that have occurred on objects. The use of such maps provides the necessary information for project work related to the restoration, reconstruction and creation of new protective forest plantations.

The erosion-prevention forest reclamation, which is used to reduce the washout and flushing, and the removal of water erosion products in to water streams, is one of the main directions of forest reclamation in river basins.

References

1. Barabanov A. T. Nauchnye osnovy protivojerozionnoj melioracii // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2 (50). P. 23-30.
2. Bezuhov D. A., Golosov V. N., Panin A. V. Ocenka koeficienta dostavki nanosov malyh vodosborov v lesostepnyh i stepnyh rajonah Vostochno-Evropejskoj ravniny // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya Geograficheskaya. 2019. №4 P. 73-84. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019473-84>
3. Vavin V. S., Tunyakin V. D., Rybalkina N. V. O dolgoletii i zhiznesposobnosti iskusstvenno sozdannyh vodoohrannyh lesonasazhdenij // Lesotekhnicheskij zhurnal. 2017. T. 7. №4 (28). P. 25-32. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5a3ce881730750.55989198
4. Gosudarstvennyj (nacional'nyj) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossijskoj Federacii v 2016 godu / Sost. Zh. Yu. Zaharova. M.: Ministerstvo jekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj registracii, kadastra i kartografii, 2017. 220 p.
5. Kulik K. N., Barabanov A. T., Panov V. I. Original'naya teoriya rel'efoobrazovaniya i osnovy protivojerozionnoj melioracii A. S. Kozmenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3 (51). P. 76-83.
6. Kulik K. N., Dubenok N. N., Barabanov A. T. Stokoreguliruyushchaya i protivojerozionnaya jeffektivnost' agrotehnicheskix protivojerozionnyx meropriyatij v sisteme adaptivno-landshaftnogo zemledeliya // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. 2017. №1 (30). P. 47-52.
7. Kulik K. N., Koshelev A. V. Metodicheskaya osnova agrolesomeliorativnoj ocenki zaschitnyx lesnyx nasazhdenij po dannym distancionnogo monitoringa // Lesotekhnicheskij zhurnal. 2017. №3 (27). P. 107-114. DOI: https://doi.org/10.12737/article_59c22527885b57.91268039
8. Titkova T. B. Izmenenie klimaticheskix uslovij formirovaniya zimnego stoka v bassejne verhnego Dona po sputnikovym i nazemnym dannym // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2019. T.1. №1. P. 147-157. DOI: <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2019-16-1-147-157>.

9. Degradation of landscapes in the south of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Yu. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // Journal of Forest Science. 2019. №65. P. 195-202. DOI: <https://doi.org/10.17221/141/2018-JFS>

10. Impacts of forests and forestation on hydrological services in the Andes: A systematic review / Vivien Bonnesoeur, Bruno Locatelli, Manuel R. Guariguata, Boris F. Ochoa-Tocachi, Veerle Vanacker, Zhun Mao, Alexia Stokes, Sarah-Lan Mathez-Stiefel // Forest Ecology and Management. 2019. Volume 433. P. 569-584. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.033>

11. Impacts of forest restoration on soil erosion in the Three Gorges Reservoir area, China / Mingjun Teng, Chunbo Huang, Pengcheng Wang, Lixiong Zeng, Zhixiang Zhou, Wenfa Xiao, Zhilin Huang, Changfu Liu // Science of The Total Environment. 2019. Volume 697. P. 134-164. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134164>

12. Soil erosion and water retention varies with plantation type and age / Dan Sun, Weixin Zhang, Yongbiao Lin, Zhanfeng Liu, Weijun Shen, Lixia Zhou, Xingquan Rao, Suping Liu, Xi-an Cai, Dan He, Shenglei Fu // Forest Ecology and Management. 2018. Volume 422. P. 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.048>

Authors Information

Yuferev Valery Grigorievich, principal research scientist, head of laboratory of GIS modeling and mapping of agroforest landscape FSC of agroecology RAS (Russia, 400062, Volgograd, University ave., 97), doctor of agricultural sciences

E-mail: yuferevv@vfanc.ru

Tkachenko Natalya Aleksandrovna, research associate of laboratory of GIS modeling and mapping of agroforest landscape FSC of agroecology RAS (Russia, 400062, Volgograd, University ave., 97), candidate of agricultural sciences

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4526-5195> E-mail: natulyat@mail.ru

Информация об авторах

Юфереv Валерий Григорьевич, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук

E-mail: yuferevv@vfanc.ru

Ткаченко Наталья Александровна, научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4526-5195> E-mail: natulyat@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-11

INFLUENCE OF SHRUB PROTECTIVE BANDS USING *TAMARIX RAMOSISSIMA* LED. TO SEMI-EMPTY PASTURE ECOSYSTEM

G. K. Bulakhtina, N. I. Kudryashova, Yu. N. Podoprigorov

Federal Public Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», village Solenoye Zaymishche, Astrakhan region, Russia

Received 15.01.2020

Submitted 11.03.2020

Summary

The article presents the results of the study of the impact of the planting of the kulis shrub *Tamarix ramosissima* on the semi-empty pasture. Studies have shown that the scenes created affect the uniform distribution of snow and its accumulation in shrubs, resulting in a higher species variety of grass cover, yield and nutritional value.

Abstract

Introduction. In arid regions of southern Russia, the main causes of desertification are climate and anthropogenic stress. An adaptive and landscape approach is needed to exploit natural landscapes without disrupting the foundations of their ecosystems. We have developed and created new pasture land with protective feed plantations on the deposit lands. **Object.** The object of the research is shrub scenes using *Tamarix ramosissima* Led., and an ecosystem of adjacent semi-empty degraded pasture.

Materials and methods. Research was carried out on the deposit lands of the tribal reproduction of sheep of LLC "KH" BagMas, "Chernoyar district of Astrakhan region, where in 1998-2002 the crops of melon crops were located under irrigation. The meliorative role of the film was determined by VNIALMI techniques. **Results and conclusion.** It was found that the protective plantations in the process of growth and development acquired an agile structure and have a reliable length of leeward plume up to 4H (10 m), and windy plume - up to 2H (5 m), which affected the uniform distribution of snow over the adjacent pasture and its accumulation in shrubs. The yield of the new fodder exceeded the control in spring by 4.7-6.8 times, and in autumn - by 6.4-8.6 times. The nutritional value of the feed was also higher than 1.3-2.3 times, due to an increase in species diversity within 1.5-2.5 m of the scenes of herbs such as *Elytrigia repens*, *Bromopsis inermis* and *Atriplex tatarica*. The new pasture was tested on the sheep of the Edilbaean breed (hound overhang to insemination). Animals grazing on a pasture with tamarix scenes had a total taste of 1 head 25 kg in 194 days (Gain per day - 129 g), and grazing on natural pasture - 15 kg (Gain in a day - 77 g.), as a result not only of a more nutritious set of grazing fodders, but also because in arid conditions of semi-empty for grazing animals shrubs the best microclimate (shelter from burning sun and wind) for rest was created.

Key words: *shrub scenes, zoomeliorative plantations, semi-empty pastures, Tamarix ramosissima.*

Citation. Bulakhtina G. K., Kudryashova N. I., Podoprogorov Yu. N. Influence of bush protective bands using *Tamarix ramosissima* Led. on semiempty pasture ecosystem. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 105-113 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-11.

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 631.6.02:630*268

ВЛИЯНИЕ КУСТАРНИКОВЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОЛОС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАМАРИКСА МНОГОВЕТВИСТОГО (*TAMARIX RAMOSISSIMA* LED.) НА ПОЛУПУСТЫННУЮ ПАСТИЩНУЮ ЭКОСИСТЕМУ

Г. К. Булахтина, кандидат сельскохозяйственных наук

Н. И. Кудряшова, кандидат сельскохозяйственных наук

Ю. Н. Подопригоров

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»,
село Солёное Займище, Астраханская область, Россия

Дата поступления в редакцию 15.01.2020

Дата принятия к печати 11.03.2020

Актуальность. В аридных регионах юга России основные причины опустынивания – климат и антропогенная нагрузка. Необходим адаптивно-ландшафтный подход для использования природных ландшафтов без нарушения основ их экосистем. Нами было разработано и создано на залежных землях новое пастбищное угодье с защитными кормовыми насаждениями. **Объект.** Объектом исследований являются кустарниковые кулисы с использованием тамарикса многоветвистого (*Tamarix ramosissima* Led.) и экосистема прилегающего полупустынного деградированного пастбища. **Материалы и методы.** Исследования проводились на залежных землях племенного репродуктора овец ООО «КХ «БагМас» Черноярского района Астраханской области, где в 1998-2002 годах были расположены посевы бахчевых культур под поливом. Мелиоративная роль кулис определялась по методикам ВНИАЛМИ. **Результаты и выводы.** Было выявлено, что защитные насаждения в процессе роста и развития приобрели ажурную конструкцию и имеют достоверную протяженность подветренного шлейфа до 4Н (10 м), а наветренного – до 2Н (5 м), что повлияло на равномерное распределение снега по прилегающему пастбищу и накопления его в кустарниках. Урожайность нового кормового угодья превышала по годам вегетации контроль весной в 4,7-6,8 раз, а осенью – в 6,4-8,6 раз. Питательная цен-

ность корма также была выше 1,3-2,3 раза, за счет увеличения видового разнообразия в пределах 1,5-2,5 м от кулис таких трав, как пырей ползучий, костер безостый и лебеда татарская. Новое пастбище было апробировано на овцах эдильбаевской породы (нагул переярок к осеменению). Животные, выпасающиеся на пастбище с тамариковыми кулисами, за 194 дня имели общий привес 1 головы 25 кг (среднесуточный привес – 129 г), а выпасающиеся на естественном пастбище – 15 кг (среднесуточный привес – 77 г), в результате не только более питательного набора пастбищных кормов, но и потому, что в аридных условиях полупустыни для выпасающихся животных кустарниками был создан лучший микроклимат (укрытие от палящего солнца и ветра) для отдыха.

Ключевые слова: кустарниковые кулисы, зоомелиоративные насаждения, полупустынные пастбища, тамарикс многоветвистый.

Цитирование. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подопрigorov Ю. Н. Влияние кустарниковых защитных полос с использованием тамарикса многоветвистого (*Tamarix ramosissima* led.) на полупустынную пастбищную экосистему. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 105-113. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-11.

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. Основные причины опустынивания – климат и антропогенная нагрузка [6]. Это проблемы не только природопользования нашей страны, но и мира в целом. Так, большинство американских пастбищ в аридном климате деградирует из-за засух и нагрузки выпасаемых животных [13].

В современном природопользовании активно пропагандируется применение адаптивно-ландшафтного подхода. Целью его является обеспечение высокой продуктивности используемых природных ландшафтов без нарушения основ экосистемы [2, 12].

Учеными-лесомелиораторами уже доказана устойчивость полевых агроландшафтов с применением защитных лесных насаждений (ЗЛН), размещаемых по границам полей. Эти насаждения сохраняют почвенное плодородие и предотвращают эрозионные процессы. Они выполняют функции регулирования снегоотложения, способствуя дополнительному снегозадержанию в зоне их влияния, уменьшению глубины промерзания почвы [3, 7, 11]. При этом в настоящее время большая часть таких насаждений (около 75 %) находится в крайне угнетенном состоянии по причине климатических и антропогенных факторов [5, 10, 14].

Поэтому в аридных регионах юга России ведется активная работа по защитному лесоразведению на пастбищных землях [8]. Существуют специальные насаждения на пастбищах, называемые зоолесомелиоративными, которые используются для животноводства. Эти насаждения начинают функционировать в 3-4-летнем возрасте и быстро окупаются, так как сами используются животными в качестве корма [1].

Зоолесомелиоративные насаждения можно создавать как деревьями, так и кустарниками на отдельных участках низкоурожайных истощенных пустынных и полупустынных пастбищ.

В ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» совместно с племенным репродуктором эдильбаевской породы овец ООО «Крестьянское хозяйство «БагМас» Черноярского района Астраханской области проводились многолетние исследования по влиянию кустарниковых кулис с использованием тамарикса многоветвистого (*Tamarix ramosissima* Led.) на полупустынное деградированное пастбище.

Материалы и методы. Новое кормовое угодье создавалось на залежных землях, где в 1998-2002 годах были расположены посевы бахчевых культур под поливом. Рельеф участка – выровненный с микрозападинами. Почвы – светло-каштановые солонцеватые тяжелосуглинистые. Содержание гумуса от 0,5 до 1,0 %.

Для создания зоомелиоративных насаждений из тамарикса были использованы старые водные каналы (водогоны) оросительной системы бывших бахчей, в которые осенью (ноябрь) в 2008 году были разложены черенки с плодами (поскольку тамарикс очень плохо всходит после посева семенами), по которым несколько раз прогонялась отара овец. За контрольный участок были взяты залежные земли без кулис.

Кустарниковые кулисы расположены в направлении север-юг, перпендикулярно по отношению к господствующим ветрам. Общая площадь созданных пастбищ с зоомелиоративными насаждениями составила 150 га.

Ботанический состав залежи: мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L.), мортук восточный (*Eremopyrum orientale* L.), рогац песчаный (*Ceratocarpus arenarius* L.), сорные однолетники (клоповник мусорный, пастушья сумка, дискурения софы, бурачок пустынный, седобассия очитковидная), ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana* Trin. & Rupr.).

Мелиоративная роль кулис и их влияние на распределение снежного покрова на прилегающем пастбище определялась по методике Ивонина В. М. (2003). Урожайность – укосным методом ВНИИ кормов. Данные обрабатывались методами математической статистики, дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение. К четвертому году жизни, когда кустарники достигли максимальной высоты 2,5-3 м, конструкция кулис была определена как ажурная (в облиственном состоянии в пределах всего вертикального профиля имеют более или менее равномерно расположенные просветы) [9]. На пастбище между кулисами было отмечено увеличение видового разнообразия травостоя, а именно в каналах под покровом кустарника и на удалении 1,5-2,5 м разрослись хорошо поедаемые и высокопитательные травы: пырей, лебеда, костер.

На пятый год вегетации тамарикса ботанический состав пастбища с кулисами был следующий: тамарикс многоветвистый (*Tamarix ramosissima* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* L.), лебеда татарская (*Atriplex tatarica* L.), мятлик луковичный (*Poa bulbosa* L.), полынь белая (*Artemisia lерcheana* Weber ex Stechm.), костер безостый (*Bromopsis inermis* L.), мортук восточный (*Eremopyrum orientale* L.), седобассия очитковидная (*Sedobassia sedoides* Pall.), рогац песчаный (*Ceratocarpus arenarius* L.), ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana* Trin. & Rupr.) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Растительный покров пастбища с кустарниковыми кулисами (май 2019 г., фото авторов)

Figure 1 – Plant cover pasture with shrubs (May, 2019, authors photos)

Для того чтобы определить, как кустарниковые кулисы влияют на условия произрастания пастбищной растительности, в зимний период нами были проведены замеры глубины снежного покрова (рисунок 2). Результаты измерений показали, что ажурные кулисы пропускают через себя снег, как через сито, и он равномерно распределяется по пастбищу. При этом часть снега скапливается в канале между кустами и влияет на промачивание почвы и сохранение в ней влаги [4]. В наших исследованиях было выявлено, что кулисы тамарикса имеют достоверную (разность больше HCP_{05}) протяженность подветренного шлейфа до 4Н (10 м), а наветренного – до 2Н (5 м), где Н – высота кустарника.

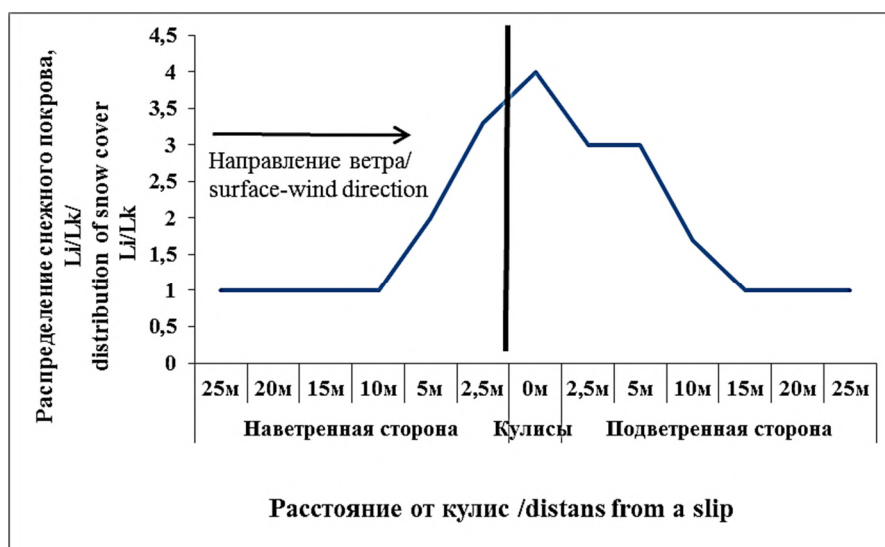


Рисунок 2 – Влияние кустарниковых кулис тамарикса на распределение снежного покрова (зима 2016-2019 гг.)

Figure 2 – Influence of tamarix shrubs on snow cover distribution (winter 2016-2009)

Для характеристики кормовой ценности было определено содержание питательных веществ в кормовой массе пастбищ по вариантам (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание питательных веществ в пастбищной растительности (% абсолютно сухого вещества)*

Table 1 – Nutrient content of grazing vegetation (% of total dry matter)*

Вариант / variant	Сухое Вещество / Dry substance	Сырой протеин / Crude protein	Сырой Жир/ Crude fat	Сырая Клетчатка / Crude cellulose	Сырая зола / Crude ashes	Кормовые единицы в 1 кг корма / Fodder units In 1 kg of fodder
Пастбищная растительность с кулисами тамарикса / Grazing vegetation with tamarix scenes	92,3	9,4	4,7	16,7	12,9	0,76
Контроль (пастбище без кулис) / Control (a pasture without a slip)	91,8	4,0	3,4	12,6	9,7	0,52

*Средние данные за 2012, 2014, 2017 гг., т.к. разность по годам была недостоверна (меньше HCP_{05})

* Average data for 2012. 2014, 2017, as the difference by year was unreliable (less than HCP_{05})

По результатам агрохимического анализа было установлено, что пастбищная растительность на участке с зоомелиоративными насаждениями отличается от контрольного пастбища по всем основным показателям питательности корма, а именно превышает ее в 1,3-2,3 раза.

В течение шести лет были произведены сравнительные исследования урожайности кормового угодья с зоомелиоративным насаждением и без него (рисунок 3).

Таким образом, было отмечено, что урожайность полупустынного кормового угодья с зоомелиоративным насаждением тамарикса достоверно превышала по годам вегетации пастбище без кулис весной в 4,7-6,8 раз, а осенью – в 6,4-8,6 раз (разность больше НСР05).

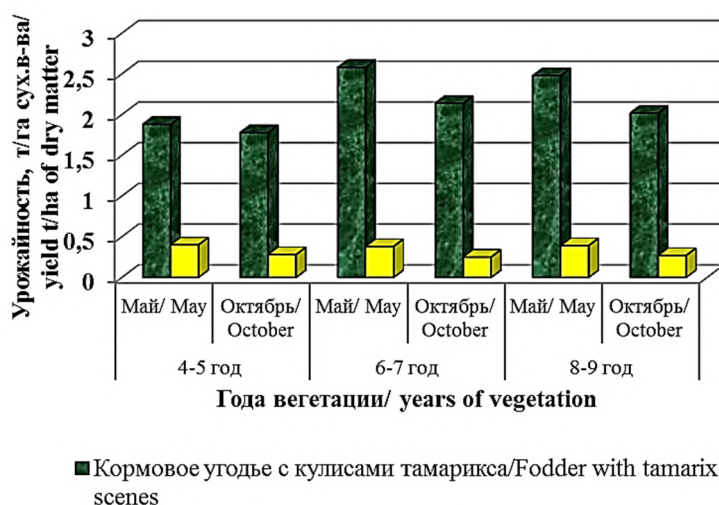


Рисунок 3 – Сравнительная динамика урожайности кормовой массы (т/га, сухого вещества) на естественном пастбище и кормовом угодье с зоомелиоративным насаждением тамарикса

Figure 3 – Comparative dynamics of fodder mass yield (t/ha, dry matter) on natural pasture and fodder with zoomeliorative tamarix planting

На основании данных по питательности и с учетом доли участия кустарника тамарикса в формировании общего урожая были рассчитаны кормовые характеристики пастбищных кормов (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительная характеристика питательной ценности кормовой массы пастбищных кормовых угодий по годам вегетации

Table 2 – Comparative characteristic of nutritional value of the fodder mass of pasture fodders by year of vegetation

Годы вегетации тамарикса / Years of vegetation of a tamariks	Варианты пастбищ / Options of pastures	На 1 га т к.ед. / Per 1 ha t of k.ed.	
		Май / May	Сентябрь / September
4-5	Пастбище с кулисами тамарикса/ Pasture with tamarix scenes	1,43	1,36
	Контрольное пастбище/ Control pasture	0,21	0,15
6-7	Пастбище с кулисами тамарикса/ Pasture with tamarix scenes	1,96	1,63
	Контрольное пастбище/ Control pasture	0,20	0,13
8-9	Пастбище с кулисами тамарикса/ Pasture with tamarix scenes	1,89	1,54
	Контрольное пастбище/ Control pasture	0,21	0,14

Вышеизложенные результаты дают основание утверждать, что пастбищные агрофитоценозы с зоомелиоративным насаждением тамарикса превосходят контрольные пастбищные корма не только по валовой продукции фитомассы (рисунок 3), но и по ее питательной ценности (кормовым единицам) в весенний период в 6,8-9,8 раз, а осенью – в 9-12,5 раз.

Апробация нового пастбища с зоомелиоративным насаждением тамарикса проводилась на овцах эдильбаевской породы. Были исследованы 2 группы переярок в возрасте 1,5 года по 100 голов. Одна группа выпасалась на контрольном участке, а другая – на пастбище с кулисами. Выпас производился с 20 марта по 1 октября (194 дня). Суточный рацион овец состоял из пастбищной травы, концентрированных кормов (0,1 кг), соли – лизунца.

В итоге было выявлено, что животные, выпасающиеся на пастбище с тамариковыми кулисами, к осеменению (1 октября) имели общий привес за время нагула 1 головы 25 кг (среднесуточный привес – 129 г), а выпасающиеся на естественном пастбище – 15 кг (среднесуточный привес – 77 г). Оценка первой группы животных по упитанности была определена как высшая, а второй группы – средняя.

Проведенная апробация пастбищного корма показала, что лучший результат по выращиванию переярок при подготовке их к осеменению отмечен на пастбище с зоомелиоративным насаждением тамарикса, так как растительный покров пастбища с кулисами отличался от контрольного набором высокопитательных трав (пырей, костер, лебеда), а также для выпасающихся животных кустарниками был создан лучший микроклимат (укрытие от палящего солнца, ветра) для отдыха. Поголовье переярок, откормленное на новом пастбище, раньше, чем вторая группа, были осеменены без прохолостов за 5 дней.

Выводы. По результатам многолетних исследований было выявлено, что зоомелиоративные кустарниковые насаждения с использованием тамарикса многоветвистого имели ажурную конструкцию. Это, в свою очередь, влияет на равномерное распределение снега по прилегающему пастбищу. Кулисы тамарикса имеют достоверную протяженность подветренного шлейфа до 4Н (10 м), а наветренного – до 2Н (5 м).

Пастбищная растительность на участке с зоомелиоративными насаждениями отличается от природного пастбища по всем основным показателям питательности корма, а именно превышает ее в 1,3-2,3 раза.

Урожайность опытного кормового угодья с кулисами достоверно превышала по годам вегетации естественное пастбище весной в 4,7-6,8 раз, а осенью – в 6,4-8,6 раз.

Библиографический список

1. Барабанов А. Т. Теория и практика разработки систем агролесомелиоративных почвозащитных мероприятий в адаптивно-ландшафтном земледелии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (48). С. 28-31.
2. Барабанов А. Т. Роль и место агролесомелиорации в адаптивно-ландшафтном земледелии // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 2 (38). С. 22-31.
3. Барабанов А. Т., Кулик А. В. Эффективность применения кулис из сельскохозяйственных растений в системе стокорегулирующих лесополос // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. №1(53). С. 41-47. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-4
4. 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.
5. Кулик К. Н., Пугачева А. М. Лесомелиорация – основа создания устойчивых агроландшафтов в условиях недостаточного увлажнения // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 29-40.

6. Кулик К. Н. Геоинформационный анализ очагов опустынивания на территории Астраханской области // Аридные экосистемы. 2013. Т. 19. №3(56). С. 87-94.
7. Ловчиков А. П., Ловчиков В. П., Поздеев Е. А. К обоснованию закономерностей, характеризующих снегозадерживающую способность высокостерневой кулисы // Актуальные проблемы науки XXI века: сб. ст. Международная исследовательская организация «Cognitio», 2017. С. 59-65.
8. Сорокина О. А., Петрова Л. Е. Современное состояние полей защитных лесных насаждений в Российской Федерации // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2014. № 12 (120). С. 23-27.
9. Танюкевич В. В., Ивонин В. М. Фитонасыщенность полей защитных лесных полос как фактор их мелиоративного влияния [Электронный ресурс] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. Новочеркасск: РосНИИМП. 2014. № 2 (14). С. 25-41. Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=252&id=255>
10. Effect of Protective Forest Strip on the Crop Productivity in the Central Fore-Caucasus / A. N. Esaulko, L. V. Trubacheva, O. I. Vlasova, I. A. Volters, V. M. Perederieva // Biosciences biotechnology research Asia. 2016. Vol. 13(1). P. 129-134.
11. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics / S. T. Zhang, J. Z. Zhang, Y. Liu et all. // Hydrology research. 2018. Vol. 49. Iss.6. P. 1991-2001.
12. Gao J., Bian H. The impact of the Plains Afforestation Program and alternative land use scenarios on ecosystem services in an urbanizing watershed // Urban Forestry & Urban Greening. 2019. Available online 24 June 2019, 126373. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126373>.
13. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // Agriculture. 2013. -№3 (3). P. 443-463.
14. The multifunctional roles of vegetated strips around and within agricultural fields. A systematic map protocol / N. R. Haddaway, C. Brown, S. Eggers, J. Josefsson, B. Kronvang, N. Randall, J. U. Kampa // Environmental Evidence. 2016. N.5 (18). 11 p.

Conclusions. On the basis of the results of many years of research it was revealed that zoomeliorative shrub plantations using *Tamarix ramosissima* had an affective structure. This in turn affects the uniform distribution of snow across the adjacent pasture. *Tamarix* links have a reliable length of the windward plume up to 4H (10 m), and windward plume – up to 2H (5 m).

Grazing vegetation on a plot with zoomeliorative plantations differs from natural grazing in all the main indicators of feed nutrition, namely it exceeds it by 1.3-2.3 times.

Yield of experimental fodder with scenes reliably exceeded natural pasture in spring by 4.7-6.8 times, and in autumn – by 6.4-8.6 times.

References

1. Barabanov A. T. Teoriya i praktika razrabotki sistem agrolesomeliorativnyh pochvozaschitnyh meropriyatij v adaptivno-landshaftnom zemledelii // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 4 (48). P. 28-31.
2. Barabanov A. T. Rol' i mesto agrolesomelioracii v adaptivno-landshaftnom zemledelii // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. № 2 (38). P. 22-31.
3. Barabanov A. T., Kulik A. V. Jefferktivnost' primeneniya kulis iz sel'skohozyaj-stvennyh rastenij v sisteme stokoreguliruyuschih lesopolos // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. №1(53). P. 41-47. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-4
4. Dubenok N. N., Tanyukevich V. V., Zhuravleva A. V. Meliorativnoe vliyanie i fitonasychenost' osnovnyh polezaschitnyh nasazhdenij // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2016. № 4. P. 14-16.
5. Kulik K. N., Pugacheva A. M. Lesomelioraciya - osnova sozdaniya ustojchivyh agrolandschaftov v usloviyah nedostatochnogo uvlazhneniya // Lesotekhnicheskij zhurnal. 2016. Т. 6. № 3 (23). P. 29-40.
6. Kulik K. N. Geoinformacionnyj analiz ochagov opustynivaniya na territorii Astrahanskoj oblasti // Aridnye jekosistemy. 2013. Т. 19. №3(56). P. 87-94.

7. Lovchikov A. P., Lovchikov V. P., Pozdeev E. A. K obosnovaniyu zakonomernostej, harakterizuyuschih snegozaderzhivayuschuyu sposobnost' vysokosternevoj kulisy // Aktual'nye problemy nauki XXI veka: sb. st. Mezhdunarodnaya issledovatel'skaya organizaciya "Cognitio", 2017. P. 59-65.
8. Sorokina O. A., Petrova L. E. Sovremennoe sostoyanie polezaschitnyh lesnyh nasazhdenij v Rossijskoj Federacii // Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel'. 2014. № 12 (120). P. 23-27.
9. Tanyukevich V. V., Ivonin V. M. Fitonasyschennost' polezaschitnyh lesnyh polos kak faktor ih meliorativnogo vliyaniya [Jelektronnyj resurs] // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. Novocherkassk: RosNIIMP. 2014. № 2 (14). P. 25-41. Rezhim dostupa: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=252&id=255>
10. Effect of Protective Forest Strip on the Crop Productivity in the Central Fore-Caucasus / A. N. Esaulko, L. V. Trubacheva, O. I. Vlasova, I. A. Volters, V. M. Perederieva // Biosciences biotechnology research Asia. 2016. Vol. 13(1). P. 129-134.
11. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics / S. T. Zhang, J. Z. Zhang, Y. Liu et al. // Hydrology research. 2018. Vol. 49. Iss.6. P. 1991-2001.
12. Gao J., Bian H. The impact of the Plains Afforestation Program and alternative land use scenarios on ecosystem services in an urbanizing watershed // Urban Forestry & Urban Greening. 2019. Available online 24 June 2019, 126373. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126373>.
13. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // Agriculture. 2013. -№3 (3). P. 443-463.
14. The multifunctional roles of vegetated strips around and within agricultural fields. A systematic map protocol / N. R. Haddaway, C. Brown, S. Eggers, J. Josefsson, B. Kronvang, N. Randall, J. U. Kamppa // Environmental Evidence. 2016. N.5 (18). 11 p.

Authors Information

Bulakhtina Galina Konstantinovna, candidate of agricultural sciences, department of rational environmental management, the manager of department, federal public budgetary scientific institution "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, the Astrakhan region, Chernoyarsky district, page. Salty Zaymishche, quarter Northern, house 8), e-mail: gbulaht@mail.ru, ph. 89275532822

Kudryashova Natalya Ivanovna is a candidate of agricultural sciences, department of rational environmental management, the manager. laboratory of meadow and pasturable ecosystems, Federal public budgetary scientific institution "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsky district, page. Salty Zaymishche, quarter Northern, house 8), e-mail: STONE79.79@list.ru, ph. 79275594770

Podoprigorov Yury Nikolaevich, department of rational environmental management, the specialist of laboratory of meadow and pasturable ecosystems, Federal public budgetary scientific institution "Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, the Astrakhan region, Chernoyarsky district, page. Salty Zaymishche, quarter Northern, house 8), ph. 89275534566

Информация об авторах

Булахтина Галина Константиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, отдел рационального природопользования, заведующий отделом, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), e-mail: gbulaht@mail.ru, тел. 89275532822

Кудряшова Наталья Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, отдел рационального природопользования, зав. лабораторией луговых и пастбищных экосистем, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), e-mail: STONE79.79@list.ru, тел. +79275594770

Подопригоров Юрий Николаевич, отдел рационального природопользования, специалист лаборатории луговых и пастбищных экосистем, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), тел. 89275534566

THE FORMATION OF SYMBIOTIC PRODUCTIVITY OF SOYA VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

T. A. Zabarna, L. V. Pelekh

Vinnitsa National Agrarian University

Received 06.11.2019

Submitted 10.03.2020

The studies were carried out as part of the university-wide research direction «Alternative Bioenergy and Bioorganic Agrotechnologies» and the initiative topics of the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry “Features of the formation of crop productivity in a typical crop rotation system for climate change in the forest-steppe zone of Right-Bank Ukraine» during 2016-2018. (pre-registration and post-registration period) on the experimental field of Vinnitsa National Agrarian University

Summary

The article explores the processes of growth, development, symbiotic indicators and the productivity of soybean varieties Merlin and Kent, depending on the scheme of foliar feeding.

Abstract

Relevance. In terms of the scale of production in world agriculture, soybean is one of the first places among agricultural crops due to its valuable biological and economic properties. Soybean seeds contain more than 40% protein, which is well balanced in amino acid composition, up to 18% oil, 25-30% carbohydrates, a diverse set of vitamins and minerals, which makes it an excellent alternative to animal products. Soya is ahead of all other crops in terms of growth. sown area. In Ukraine over the past 10 years, soybean crops have grown almost ten times, increasing annually by an average of 30%. Today, the varietal composition has significantly enriched and the level of soybean grain yield has increased. However, the realization of the genetic potential of modern varieties remains quite low, and the average yield in Ukraine is 1.2-1.9 t/ha. **Object.** The processes of growth, development, symbiotic indicators and yield of soybean varieties Merlin and Kent, depending on the scheme of foliar top dressing. **Materials and methods.** Studies were conducted at the experimental site of VNAU using the following methods: field - to determine the action and interaction of agrotechnical factors, investigated; laboratory - conducting an agrochemical analysis of soil and plants and determining indicators of the chemical composition of soybean grain; measuring and weighing - determination of biometric indicators of the formation of soybean grain yield; mathematically - statistical - establishing the reliability of the results; settlement and comparative - determining the economic efficiency of soybean cultivation, depending on the factors studied. **Results and conclusions.** The maximum amount of biologically fixed nitrogen, 134.28 kg / ha, was noted on options with a double combination of foliar top dressing when growing Kent soybean. The maximum value of the number of nodules and their mass was reached at the end of the soybean flowering phase. With further development, there was a slight decrease in their number, which can be explained by the intense formation of beans. It is well known that over the past period for many world farmers, in particular Ukraine, the main high-margin culture is soy. The interest in this culture does not cease to grow, as more and more opportunities open up for its implementation abroad, and especially this applies to such a giant country as China, the largest importer of soybeans in the world. A well-selected variety is more than 50% success in production. It is important to determine and create optimal conditions for the implementation of the potential nitrogen-fixing activity of soybean of each variety in specific soil and climatic conditions. Under normal growing conditions, one soybean plant can form an average of 20 to 85 nodules or more. Field studies to study the formation of symbiotic productivity by different soybean varieties and its effect on yield indicators were carried out on the experimental field of Vinnitsa National Agrarian University during 2017-2018. Experimental studies included the study of the nitrogen-fixing ability of soybean varieties, the number and weight of nodules was studied and analyzed based on the influence of individual elements of the technology for growing the crop. The results of the study confirmed that the studied technology elements have an impact on the formation of symbiotic crop productivity. The final value in

the maximum realization of the genetic potential of soybean varieties is played by growing technology and weather conditions. But even with the instability of weather conditions in some years, leguminous crops, using soya as an example, have a scientific justification for effective cultivation technologies, which in the future will provide an increase in the level of soybean cultivation.

Key words: soy, development, foliar fertilizers, variety, symbiotic productivity, root nodules.

Citation. Zabarna T. A., Pelekh L. V. Formation of symbiotic productivity of soybean varieties in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 114-125 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-12.

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

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

УДК 633.34(477)

ФОРМИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СОРТОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ПРАВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

Т. А. Забарна, кандидат сельскохозяйственных наук

Л. В. Пелех, кандидат сельскохозяйственных наук

Винницкий национальный аграрный университет

Дата поступления в редакцию 06.11.2019

Дата принятия к печати 10.03.2020

Исследования проводились в рамках общеуниверситетского научного направления «Альтернативная биоэнергетика и биоорганические агротехнологии» и инициативной тематики кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии «Особенности формирования продуктивности сельскохозяйственных культур в системе типичного севооборота по изменению климата в условиях Лесостепи Правобережной Украины» на протяжении 2016-2018 гг. (дорегистрационные и послерегистрационный срок) на опытном поле ВНАУ

Актуальность. По масштабам производства в мировом земледелии соя занимает одно из первых мест среди сельскохозяйственных культур благодаря своим ценным биологическим и хозяйственным свойствам. В семенах сои содержится более 40 % белка, который хорошо сбалансирован по аминокислотному составу, до 18 % масла, 25-30 % углеводов, разнообразный набор витаминов и минеральных веществ, что делает ее отличной альтернативой продуктам животного происхождения. Соя опережает все другие культуры по темпам роста посевных площадей. В Украине за последние 10 лет посевы сои выросли почти в десять раз, увеличиваясь ежегодно в среднем на 30 %. На сегодня значительно обогатился сортовой состав и повысился уровень урожая зерна сои. Однако реализация генетического потенциала современных сортов остается достаточно низкой, а средняя урожайность в Украине составляет 1,2-1,9 т/га. **Объект.** Процессы роста, развития, симбиотические показатели и урожайность сортов сои Мерлин и Кент в зависимости от схемы проведения внекорневых подкормок. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке ВНАУ с применением таких методов, как полевой – для определения действия и взаимодействия агротехнических факторов, лабораторный – для проведения агрохимического анализа почвы и растений и определения показателей химического состава зерна сои; измерительно-весовой – для определения биометрических показателей формирования урожая зерна сои; математически-статистический – для установления достоверности полученных результатов; расчетно-сравнительный – для определения экономической эффективности выращивания сои в зависимости от исследуемых факторов. **Результаты и выводы.** Максимальное количество биологически фиксированного азота 134,28 кг/га было отмечено на вариантах с двукратным сочетанием внекорневых подкормок при выращивании сои сорта Кент. Максимальное значение количества клубеньков и их массы было достигнуто в конце фазы цветения сои. При дальнейшем развитии отмечалось некоторое снижение их количе-

ства, что можно объяснить интенсивным формированием бобов. Общеизвестно, что за последний период для многих мировых аграриев, в том числе аграриев Украины, основной высокомаржинальной культурой является соя. Заинтересованность этой культурой не перестает расти, поскольку открываются все новые и новые возможности для ее реализации за рубежом, и особенно это касается такой страны-гиганта, как Китай, – наибольшего импортера сои в мире. Удачно подобранный сорт составляет больше 50 % успеха в производстве. Важно определить и создать оптимальные условия для реализации потенциальной азотфиксирующей активности сои каждого сортотипа в конкретных почвенно-климатических условиях. При нормальных условиях выращивания одно растение сои способно сформировать в среднем от 20 до 85 клубеньков и больше. Полевые исследования по изучению формирования разными сортами сои симбиотической продуктивности и ее влияния на показатели урожайности проводили на опытном поле Винницкого национального аграрного университета на протяжении 2017-2018 годов. Экспериментальные исследования включали изучение азотфиксирующей способности сортов сои, исследованы и проанализированы количество и масса клубеньков на основе влияния отдельных элементов технологии выращивания культуры. Полученные результаты исследования подтвердили, что исследуемые элементы технологии имеют влияние на формирование симбиотической продуктивности культур. Окончательное значение в максимальной реализации генетического потенциала сортов сои играет технология выращивания и погодные условия. Но даже при нестабильности погодных условий в отдельные годы зернобобовые культуры на примере сои имеют научное обоснование эффективных технологий возделывания, что в будущем обеспечит повышение уровня культивирования сои.

Ключевые слова: *соя, развитие сои, внекорневые удобрения, сорта сои, симбиотическая продуктивность сои, корневые клубеньки сои.*

Цитирование. Забарна Т. А., Пелех Л. В. Формирование симбиотической продуктивности сортов сои в условиях Правобережной лесостепи Украины. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 114-125. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-12.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Общеизвестно, что за последний период для многих мировых аграриев, в том числе аграриев Украины, основной высокомаржинальной культурой является соя. Интерес к этой культуре не перестает расти, поскольку открываются все новые и новые возможности для ее реализации за рубежом, и особенно это касается такой страны-гиганта, как Китай – наибольшего импортера сои в мире. Удачно подобранный сорт составляет больше 50 % успеха в производстве. Важно определить и создать оптимальные условия для реализации потенциальной азотфиксирующей активности сои каждого сортотипа в конкретных почвенно-климатических условиях. При нормальных условиях выращивания одно растение сои способно сформировать в среднем от 20 до 85 клубеньков и больше. Полевые исследования по изучению формирования разными сортами сои симбиотической продуктивности и ее влияния на показатели урожайности проводили на опытном поле Винницкого национального аграрного университета на протяжении 2017-2018 годов. Экспериментальные исследования включали изучение азотфиксирующей способности сортов сои, исследованы и проанализированы количество и масса клубеньков на основе влияния отдельных элементов технологии выращивания культуры. Полученные результаты исследования подтвердили, что исследуемые элементы технологии имеют влияние на формирование симбиотической продуктивности культур. Огромную роль в максимальной реализации генетического потенциала сортов сои играет технология выращивания и погодные условия. Но даже при нестабиль-

ности погодных условий в отдельные годы зернобобовые культуры на примере сои имеют научное обоснование эффективных технологий возделывания, что в будущем обеспечит повышение уровня культивирования сои. Наиболее актуальной проблемой современности является интенсификация процесса симбиотической азотфиксации. Одним из перспективных путей ее решения может быть увеличение доли симбиотического азота в почве при обеспечении высокоэффективного симбиоза бобовых культур с соответствующими видами клубеньковых бактерий [5].

Широкомасштабное применение экологически целесообразных технологий с использованием микробных препаратов азотфиксирующих микроорганизмов, уменьшение агрохимической нагрузки является важной перспективой получения высококачественной конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции, сохранения плодородия почвы и окружающей среды [1].

Важнейшим параметром интенсивности фиксации атмосферного азота бобовыми культурами является количество клубеньков на корнях растений и их активность. Так, использование активных штаммов клубеньковых бактерий на нуте увеличивало их количество во всех вариантах. Лишь отдельные, не инокулированные растения нута образовывали единичные, очень большие клубеньки, которые, очевидно, попадали с семенами [8]. Оптимальные условия формирования азотфиксирующего симбиотического аппарата бобовых создаются при сочетании внесения удобрений и проведении инокуляции семян.

В условиях лесостепи Украины на серых лесных почвах интенсивность фиксации биологического азота атмосферы можно регулировать агротехническими приемами, в частности комплексным применением инокуляции. Отмечено, что уровень урожайности сои находится в прямой зависимости от количества биологически фиксированного азота. По результатам исследований Черной В. М. на вариантах, где отмечено максимальное накопление биологически фиксированного азота, в сортах сои КиВин – 112 кг/га, Княжна – 111 кг/га, Монада – 123 кг/га, отмечен и высокий уровень урожайности семян соответственно 2,13, 2,14, 2,39 т/га [9].

Анализируя результаты многолетних исследований научных работников (Господаренка Г. М., Дидоры В. Г.), можно утверждать, что соя – одна из основных зернобобовых культур, корневая система которой за период вегетации способна накапливать симбиотически фиксированный азот воздуха и оставлять его в почве. Изучение процесса формирования симбиотического аппарата сои показало, что на бедных ясно серых почвах Полесья количество и масса клубеньков растет начиная от фазы второго–третьего тройчатого листочка и достигая максимума в фазе полного цветения, а в период полного налива и созревания постепенно уменьшается [3, 4, 7, 8]. Симбиоз бобовых культур с клубеньковыми бактериями — одна из наиболее эффективных систем биологической азотфиксации, которая имеет большое экологическое и практическое значение [12]. В условиях Правобережной лесостепи Украины на черноземе оподзоленном проведение инокуляции семян нута препаратами азотфиксирующих бактерий должно быть обязательным агротехнологическим мероприятием [2]. Также доказано, что на серых лесных среднесуглинистых почвах лесостепи Украины бактериализация семян на основе штаммов *Bradyrhizobium japonicum* и *Enterobacter nimipressuralis* в сочетании с внекорневой подкормкой макро- и микроэлементами способствует улучшению фиксации биологического азота из атмосферы на 37,0–41,1 кг/га и увеличивает уровень урожайности семян на 0,75–0,76 т/га. Обоснована прямая зависимость и сильные положительные связи между количеством биологически фиксированного азота и урожайностью семян сортов сои [6].

Одним из показателей активной фиксации воздуха бобовыми культурами является масса активных клубеньков и длительность их функционирования. Результаты исследований Черной В. М. подтверждена аналогичная зависимость с динамикой массы активных клубеньков и активным симбиотическим потенциалом [9].

Учеными из Соединенных Штатов Америки установлено, что снижение кислотности почвы с pH 4,7 до 6,1 более эффективно влияет на развитие корневой системы клевера лугового и способствует увеличению количества клубеньков на ней, нежели повышение содержания кальция с 170 до 680 мг на 1 кг почвы [10].

Среди ученых существуют различные взгляды относительно оптимального соотношения минерального и симбиотического азотного питания для эффективного симбиоза и максимального сбора урожая бобовых культур. Trichant J. C. и Rigaud J. наблюдали снижение количества и массы пузырьков даже при внесении небольших доз азота [13], а в ряде случаев минеральный азот приводил к более позднему образованию клубеньков и ухудшению качества белка [11].

Материалы и методы. Опытное поле Винницкого национального аграрного университета расположено на территории ботанического сада «Подолье». По характеристикам климатических условий, рельефа местности и распространения почв эта территория отнесена к центральной подзоне Правобережной Лесостепи, и находится она в ее северной подпровинции, в пределах Винницко-Немировского подрайона агропочвенного района Винницкой области. Согласно геоморфологическому районированию Украины, эта территория принадлежит к Приднепровской возвышенности – Винницкой денудационно-аккумулятивной волновой равнине и относится к суббореальному (умеренно теплому) почвенно-географическому поясу в зоне лесостепи. По теплообеспечению и режиму атмосферного увлажнения Винницкий район относится к центральному агроклиматическому району.

Опытное поле представлено серыми лесными почвами, которые имеют легкий среднесуглинистый состав. Содержание гумуса в почве среднее (2,4 %).

Гидротермические условия в годы проведения исследований характеризовались определенными особенностями. Следует отметить, что в целом среднемесячные температуры воздуха и количество атмосферных осадков в течение вегетационного периода (апрель-сентябрь) были благоприятными для выращивания сои.

В течение вегетационного периода соя как в 2017 году, так и в 2018 была хорошо обеспечена теплом, по сравнению со среднемноголетними показателями. В период «посев - полные всходы» температура воздуха находилась в пределах 9,2-13,2 °C и была близка к среднемноголетним показателям, однако выпадение меньшего количества осадков привело к задержке появления всходов. Система удобрения предусматривала внесение фосфорных и калийных удобрений (суперфосфат простой гранулированный и 40% калийная соль) из расчета $P_{60}K_{60}$ кг/га д.в. под основную обработку почвы и азотных в форме аммиачной селитры (N_{30}) под предпосевную культивацию.

Проводили протравливание семян за 14 суток до посева протравителем Максим XL 035 FS (1 л/т семян). За день до посева проводили инокуляцию семян препаратом Оптимайз 200.

Посев сои проводили широкорядным способом в первой декаде мая сеялкой СУПН-6 при уровне термического режима 12 °C, с заделкой на глубину 3 см. Использовали различные по группам спелости сорта сои компании SAATBAU: Мерлин (100 дней) и Кент (120 дней) с рекомендуемыми нормами высева соответственно 650 и 550 тыс. шт./га. Сорта отличаются значительной и стабильной урожайностью и высоким качественным составом семян.

На соответствующих вариантах опыта вносили органо-минеральное удобрение Вуксал Микроплант с нормой 1,5 л/га. Данное удобрение рекомендуется для внекорневой подкормки культур, выращиваемых по интенсивной технологии. Исследования,

учеты и наблюдения проводились согласно широко апробированным методикам в растениеводстве. Фенологические наблюдения за ростом и развитием сои проводили в соответствии с общепринятыми методиками, учитывая такие показатели, как общее количество и масса клубеньков, количество и масса активных клубеньков.

Результаты и обсуждение. Биологическая фиксация у разных видов бобовых культур на 30-80 % удовлетворяет общие потребности растения в азоте. Одновременно на активность симбиотической азотфиксации влияет ряд факторов, таких как почвенно-климатические условия, условия влагообеспеченности, вид и сорт культуры, минеральное питание и другие элементы технологии выращивания. Однако важнейшим из показателей, определяющих активность симбиоза и величину симбиотического аппарата, является количество и масса клубеньков.

Анализируя полученные результаты, которые представлены в таблице 1, следует отметить постепенное увеличение количества клубеньков на корнях сои в процессе роста и развития культуры по фазам вегетации растений исследуемых сортов.

Таблица 1 – Динамика нарастания количества клубеньков на корнях растений сои сортов Мерлин и Кент зависимо от внекорневых подкормок, шт./растение* (среднее за 2017-2018 гг.)

Table 1 – Dynamics of nodule growth on the roots of soybean varieties Merlin and Kent depending on foliar feeding, pcs. / plant* (average for 2017-2018)

Сорт / Variety	Внекорневые подкормки / Foliar feeds	Фазы роста и развития растений / Plant growth and development phases			
		3-ий тройничный Листок / 3rd trigeminal leaf	начало цветения / beginning of flowering	конец цветения / end of flowering	полный налив семян / full filling
Мерлин / Merlin	без подкормки / unsupported	21,1/14,9	29,1/25,1	41,7/38,6	30,8/20,2
	в фазу бутонизации / into the budding phase	21,6/15,5	32,0/28,1	44,2/40,9	33,4/24,0
	в фазу образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	21,4/15,3	31,0/27,0	43,1/39,9	32,1/22,0
	в фазу бутонизации + в фазу образования зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	21,8/15,9	32,7/28,9	45,1/41,8	34,4/25,4
Кент / Kent	без подкормки / unsupported	21,1/14,7	28,2/24,2	41,0/37,9	29,9/19,0
	в фазу бутонизации / into the budding phase	21,8/15,8	33,1/29,3	44,9/41,5	34,2/25,2
	в фазу образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	21,2/15,3	30,3/26,4	42,5/39,3	31,5/21,5
	в фазу бутонизации + в фазу образования зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	22,3/16,8	36,3/32,7	48,0/44,4	37,4/29,9

*Примечание: в числителе – общее количество клубеньков, в знаменателе – количество активных клубеньков.

Наибольший показатель численности клубеньков был отмечен в конце фазы цветения сортов сои. В дальнейшем наблюдалось некоторое снижение их количества. Это можно объяснить началом интенсивного нарастания бобов, при котором пластические вещества, образующиеся в растениях, в основном поступают в генеративные органы.

Было установлено, что в фазе развития третьего тройничного листа численность клубеньков на корнях растений сои была почти одинаковой на всех вариантах исследований.

На растениях сои сорта Мерлин общее количество клубеньков на корнях составляло 21,1-21,8 шт./растение, в том числе из них активных – 14,9-15,9 шт./растение. Общее количество клубеньков на посевах сорта Кент за аналогичный период составляло 21,1-22,3 шт./растение, в том числе количество активных клубеньков находилось в пределах 14,7-16,8 шт./растение.

В начале фазы цветения сои сорта Мерлин общее количество клубеньков на корнях составляло 29,1-32,7 шт./растение, из них активных 25,1-28,9 шт./растение. При выращивании сои сорта Кент при аналогичных условиях в этой фазе общее количество клубеньков было на уровне 28,2-36,3 шт./растение, из которых активных было в пределах 24,2-32,7 шт./растение.

Наибольшие показатели количества клубеньков на корневой системе сортов сои были отмечены в конце фазы цветения. Так, для сорта Мерлин эти показатели находились в пределах 41,7-45,1 шт./растение, из них активных клубеньков было на уровне 38,6-41,8 шт./растение. Для сорта Кент общее количество клубеньков было на уровне 41,0-48,0 шт./растение, из них активных составляло 37,9-44,4 шт./растение.

В фазе полного налива семян наблюдалось снижение как общего количества клубеньков, так и количества активных клубеньков в сравнении с предыдущей фазой роста и развития сортов сои. Максимальное количество клубеньков было на варианте с двукратным внесением микроудобрений в фазах бутонизации и зеленых бобов. У сорта Мерлин общее количество клубеньков составляло 34,4 шт./растение, из них активных 25,4 шт./растение, тогда как у сорта Кент соответственно 37,4 и 29,9 шт./растение.

Анализируя и оценивая экспериментальные данные, мы отмечаем определенную разницу по массе общего количества клубеньков и массе активных клубеньков на корневой системе растений сои в течение периода вегетации (таблица 2).

На посевах сои сорта Мерлин на момент появления 3-го тройничного листа общая масса клубеньков составляла 192,1-198,1 мг/растение, из них масса активных клубеньков была в пределах 135,1-144,5 мг/растение. Общая масса клубеньков на корнях в посевах сои сорта Кент за этот же период составила 191,6-203,2 мг/растение, из которых 133,9-152,6 мг/растение была масса активных клубеньков.

В процессе роста и развития растений сои масса клубеньков увеличивалась. Высоких показателей она достигла к концу фазы цветения. В зависимости от схемы применения внекорневых подкормок общая масса клубеньков составляла 695,2-752,1 мг/растение у сорта Мерлин и 683,1-799,6 мг/растение – у сорта Кент. Масса активных клубеньков у растений сои сорта Мерлин при этом была в пределах 482,4-521,9 мг/растение, тогда как сорта Кент – 474,0-555,0 мг/растение.

В течение следующей фазы развития сои (полный налив семян) общая масса клубеньков сорта Мерлин уменьшилась до 439,8-491,0 мг/растение по сравнению с предыдущей фазой, а сорта Кент – к 426,5-534,0 мг/растение. Масса активных клубеньков у сортов сои Мерлин и Кент составляла соответственно 224,9-281,9 и 210,7-331,8 мг/растение.

Таблица 2 – Динамика массы клубеньков на корнях растений сои сортов Мерлин и Кент в зависимости от внекорневых подкормок, шт./растение* (среднее за 2017-2018 гг.)

Table 2 – Dynamics of nodule mass on the roots of soybean varieties Merlin and Kent depending on foliar feeding, pcs. (average for 2017-2018)

Сорт / Variety	Внекорневые Подкормки / Foliar feeds	Фазы роста и развития растений / Plant growth and development phases			
		3-й тройничный лист / 3-rd trigeminal leaf	начало цветения / beginning of flowering	конец цветения / end of flowering	полный налив семян / full filling
Мерлин / Merlin	без подкормки / unsupported	192,1/135,1	364,3/314,4	695,2/482,4	439,8/224,9
	в фазу бутонизации / into the budding phase	196,1/140,7	399,8/351,5	737,2/511,6	476,7/266,3
	в фазу образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	194,8/138,9	386,9/337,9	718,9/498,8	459,0/244,0
	в фазу бутонизации + в фазу образования зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	198,1/144,5	408,6/361,6	752,1/521,9	491,0/281,9
Кент / Kent	без подкормки / unsupported	191,6/133,9	352,9/301,9	683,1/474,0	426,5/210,7
	в фазу бутонизации / into the budding phase	197,8/143,8	413,7/366,1	748,4/519,4	488,1/279,6
	в фазу образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	192,4/138,8	379,0/329,8	708,6/491,7	450,0/238,4
	в фазу бутонизации + в фазу образования зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	203,2/152,6	453,5/408,7	799,6/555,0	534,0/331,8

*Примечание: в числителе – масса клубеньков, в знаменателе – масса активных клубеньков.

По результатам исследований можно утверждать, что на формирование симбиотического аппарата растений фитоценозов сои сортов Мерлин и Кент, а именно общее количество клубеньков, количество активных клубеньков и их массы на корневых системах сои, существенное влияние имели сортовые особенности культуры и внекорневые подкормки. Установлено, что лучшие условия для жизнедеятельности клубеньковых бактерий формируются при проведении двух внекорневых подкормок микроудобрениями Вуксал Микроплант.

Для более объективной оценки деятельности симбиотического аппарата сои были определены показатели общего (ОСП) и активного (АСП) симбиотического потенциалов. Данные показатели отражают массу клубеньков и продолжительность их деятельности. Определение показателей общего и активного симбиотического потенциалов проводили в отдельные периоды роста и развития растений сои. Полученные результаты исследований показали, что их величина зависела от сортовых особенностей культуры и внекорневых подкормок (таблица 3).

В межфазный период «всходы – третий тройничный листок» показатель ОСП в сое сорта Мерлин составлял 1,12-1,91 тыс. кг/га, тогда как у сорта Кент – 1,15-1,90 тыс. кг/га. Показатели АСП посевов сои сорта Мерлин в этой фазе роста и развития составляли 0,82-1,34 тыс. кг/га, сорта Кент – 0,87-1,33 тыс. кг/га.

Таблица 3 – Формирование общего и активного симбиотического потенциалов посевов сои, тыс. кг/га* (среднее за 2017-2018 гг.)

Table 3 – Formation of total and active symbiotic potential of soybean crops, thousand kg/ha* (average for 2017-2018)

Сорт / Variety	Внекорневые подкормки / Foliar feeds	Фаза развития / Development phase			
		полные всходы – 3-й тройничный листок / full sprouts-third threefold leaf	3-й тройничный листок – начало цветения / 3-rd trigeminal leaf - beginning of flowering	начало цветения – конец цветения / Blossoming start – end of flowering	конец цветения – налив семян / the end of flowering is the seed pouring
Мерлин / Merlin	без подкормки / unsupported	1,12/0,82	2,03/1,70	6,02/3,40	8,73/3,88
	в фазу бутонизации / into the budding phase	1,66/1,18	2,92/2,40	8,61/4,84	12,40/5,38
	в фазу образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	1,39/1,00	2,49/2,06	7,37/4,16	10,65/4,69
	в фазу бутонизации + в фазу образования зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	1,91/1,34	3,25/2,63	9,63/5,38	13,93/5,97
Кент / Kent	без подкормки / unsupported	1,15/0,87	3,16/2,71	8,10/4,11	12,73/5,81
	в фазу бутонизации / into the budding phase	1,64/1,18	4,13/3,39	10,54/5,25	16,60/7,18
	в фазу образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	1,40/1,02	3,68/3,07	9,39/4,72	14,76/6,54
	в фазу бутонизации + в фазу образования зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	1,90/1,33	4,59/3,68	11,72/5,79	18,54/7,85

*Примечание: в числителе – ОСП, в знаменателе – АСП

В межфазный период развития сои «3-й тройничный листок – начало цветения» было отмечено повышение показателей ОСП и АСП посевов обоих исследуемых сортов. При этом показатель ОСП в сое сорта Мерлин составлял 2,03-3,25 тыс. кг/га, тогда как у сорта Кент этот показатель был на уровне 3,16-4,59 тыс. кг/га. Показатели АСП посевов сои сорта Мерлин за этот период составили 1,70-2,63 тыс. кг/га, сорта Кент – 2,71-3,68 тыс. кг/га. В течение периода «начало цветения – конец цветения» показатели общего и активного симбиотического потенциалов посевов обоих исследуемых сортов сои возрастали. При выращивании сои сорта Мерлин показатели ОСП, в зависимости от схемы внекорневых подкормок в течение этого периода, составляли 6,02-9,63 тыс. кг/га, тогда как показатели АСП были в пределах 3,40-5,38 тыс. кг/га. При выращивании сои сорта Кент показатели ОСП в период «начало цветения – конец цветения» составляли 8,10-11,72 тыс. кг/га, тогда как данные АСП составляли 4,11-5,79 тыс. кг/га.

Наиболее благоприятным и продуктивным для формирования ОСП и АСП в годы проведения исследований был период от окончания цветения до состояния полного налива семян сои. При выращивании сортов сои с проведением двух внекорневых подкормок Вуксалом Микроплант в фазах бутонизации и зеленых бобов показатели ОСП и АСП посевов сорта Мерлин составили соответственно 13,93 и 5,97 тыс. кг/га, тогда как у сорта Кен этот показатель был на уровне 18,54 и 7,85 тыс. кг/га.

В наших исследованиях определение количества симбиотически фиксированного азота проводили по величине активного симбиотического потенциала и удельной активностью симбиоза (УАС). Удельная активность симбиоза – это такое количество азота воздуха, которое фиксируется одним килограммом клубеньков в сутки.

В среднем за годы исследований (2017-2018 гг.) удельная активность симбиоза в сое сортов Мерлин и Кент, соответственно, составила 7,4 и 7,2 г азота на 1 кг сырой массы активных клубеньков в сутки (таблица 4).

Установлено, что выращивание сои сорта Мерлин без применения внекорневых подкормок способствует показателям азотфиксации в пределах 72,52 кг/га.

На вариантах, где проводили подкормку в фазе бутонизации, количество биологически фиксированного азота составило 102,12 кг/га для сорта Мерлин, тогда как подкормка в фазе зеленых бобов способствовала накоплению азота на уровне 88,13 кг/га.

Двукратное применение микроудобрения Вуксал Микроплант в фазах бутонизации и зеленых бобов способствовало накоплению количества биологически фиксированного азота на данном варианте 113,37 кг/га.

Таблица 4 – Формирование показателей биологически фиксированного азота
(среднее за 2017-2018 гг.)

Table 4 – Formation of biologically fixed nitrogen indicators (average for 2017-2018)

Сорт / Variety	Внекорневые подкормки / Foliar feeds	Активный симбиотический потенциал тыс. кг/га/ Active symbiotic potential thousand kg/ha	Удельная активность симбиоза, г/кг/ Specific symbiosis activity, g/kg	Количество биологически фиксированного азота, кг/га/Amount of biologically fixed nitrogen, kg/ha
Мерлин / Merlin	без подкормки / unsupported	9,8	7,4	72,52
	в фазе бутонизации / budding phase	13,8	7,4	102,12
	в фазе образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	11,91	7,4	88,13
	в фазе бутонизации + в фазе образова- ния зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	15,32	7,4	113,37
Кент / Kent	без подкормки / unsupported	13,50	7,2	97,20
	в фазе бутонизации / budding phase	17,00	7,2	122,40
	в фазе образования зеленых бобов / in the green bean formation phase	15,35	7,2	110,52
	в фазе бутонизации + в фазе образова- ния зеленых бобов / in the budding + green bean formation phase	18,65	7,2	134,28

Выводы. Проанализировав полученные результаты проведенных исследований, мы установили, что выращивание сои сорта Кент на варианте без применения внекорневых подкормок обеспечило накопление 97,20 кг/га биологически фиксированного азота. Однократное применение микроудобрения в фазе бутонизации или в фазе зеленых бобов обеспечило фиксацию 122,40 и 110,52 кг/га азота соответственно. На вариантах, где было сочетание внекорневых подкормок при выращивании сои сорта Кент, получили наибольшее количество биологически фиксированного азота, а именно 134,28 кг/га, что позволяет в значительной степени использовать его в процессе формирования семенной продуктивности. Максимальное значение количества клубеньков и их массы было достигнуто в конце фазы цветения сои. При наступлении дальнейших фаз отмечалось некоторое снижение их количества, что можно объяснить интенсивным формированием бобов, при котором пластические вещества, образующиеся в растениях, в основном поступают в генеративные органы.

Бібліографічний список

1. Біологічний азот у системі землеробства / В. П. Патика, Т. Т. Гнатюк, Н. М. Булеца, Л. В. Кириленко // Землеробство. 2015. № 2. С. 12-20.
2. Господаренко Г. М., Прокопчук С. В. Формування симбіотичного апарату та врожай нуту залежно від мінерального живлення та інокуляції насіння // Агробіологія. 2013. № 11 (104). С. 158-160.
3. Дідора В. Г. Симбіотична продуктивність сої залежно від інокуляції насіння та удобрення // Наукові горизонти. 2018. № 1 (64). С. 23-28.
4. Миколаєвський В. П., Сергієнко В. Г., Титова Л. В. Вплив інокулянтів на формування симбіотичних систем, розвиток хвороб та продуктивність сої різних сортів // Мікробіологія і біотехнологія. 2016. № 3. С. 57-68.
5. Первачук М. В., Врадій О.І. Симбіотична фіксація азоту та роль мікроорганізмів в ґрунтоутворенні // Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2015. №1. С. 102-113.
6. Петриченко В. Ф., Кобак С. Я., Темрієнко О. О. Особливості симбіотрофного живлення та формування урожайності сортів сої в умовах Лісостепу Правобережного // Корми і кормо виробництво. 2018. Вип.86. С.77-86.
7. Симбіотична азотфіксація та врожай / Г. М. Господаренко, В. І. Невлад, І. В. Прокопчук, С. В. Прокопчук / За заг. ред. Г.М. Господаренка. Умань: Видавець «Сочінський М.М.». 2017. 324с.
8. Туріна О. Л., Турін Є. М. Ефективність нітрагінізації нуту в умовах степового Криму // Вісник аграрної науки. 2012. № 6. С. 26–28.
9. Чорна В. М. Симбіотична та насіннева продуктивність сої залежно від інокуляції та морфорегулятора в умовах лісостепу правобережного // Збірник наукових праць. ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2016. №3. С. 113-123.
10. Brauer D., Ritchey D., Belesky D. Effects of Lime and Calcium on Root Development and Nodulation of Clovers // Crop Science. 2002. Vol. 42. P. 1640 – 1646.
11. The acetylene – ethylene assay for N₂ – Fixation: laboratory and field evaluation / R. W. F. Hardy, R. D. Holsten, E. K. Jackson, R. C. Burns // Plant Physiol. 1968. Vol. 2. P. 481–487.
12. The effect of fertilizer system on soybean productivity in conditions of right bank forest-steppe / Didur I. M., Tsyhanskyi V. I., Tsyhanska O.I., et all // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. № 9(1). P. 76-80.
13. Trinchant J., Rigaud J. Nitrite inhibition of nitrogenase from soybean bacteroids // Arch. Microbiol. 1980. Vol. 124. № 1. P. 49–54.

Conclusion. Analyzing the results of the study it was found that the cultivation of soybean varieties of Kent in the variant without the use of foliar supplements provided the accumulation of 97.20 kg/ha biologically fixed nitrogen. Single application of microfertilizer in the phase of budding or in the phase of green beans ensured the fixation of 122,40 and 110,52 kg / ha of nitrogen, respectively. In the variants where there was a combination of foliar supplements, growing soybean varieties of Kent allowed to get the largest amount of bio-

logically fixed nitrogen, namely 134.28 kg/ha, which allows to use it to a large extent to form seed productivity. The maximum number and mass of tubers was reached at the end of the soybean flowering phase. At the onset of further phases there was some decrease in their quantity, which can be explained by the intensive formation of beans, in which the plastic substances formed in plants, mainly enter the generative organs.

References

1. Biological nitrogen in the system of agriculture / V. P. Patika, T. T. Hnatyuk, N. M. Buletsa, L. V. Kirilenko // Agriculture. 2015. № 2. P. 12-20.
2. Hostenko G. M., Prokopchuk S. V. Formation of symbiotic apparatus and chickpea yield depending on mineral nutrition and seed inoculation // Agrobiology. 2013. № 11 (104). P. 158-160.
3. Didor V. G. Symbiotic productivity of soybean depending on seed inoculation and fertilizer // Scientific horizons. 2018. № 1 (64). P. 23-28.
4. Nikolaevsky V. P., Sergienko V. G., Titova L. V. Influence of inoculants on the formation of symbiotic systems, development of diseases and productivity of soybeans of different varieties // Microbiology and biotechnology. 2016. № 3. P. 57-68.
5. Pervachuk M.V., Vradiy O. I. Symbiotic fixation of nitrogen and the role of microorganisms in soil formation // Collection of scientific works of VNAU. Agriculture and forestry. 2015. №1. P. 102-113.
6. Petrichenko V. F., Kobak S. Y., Temrienko O. O. Features of symbiotrophic nutrition and yield formation of soybean varieties in the conditions of the Right-bank Forest Steppe // Feeds and forage production. 2018. Issue 88. P.77-86.
7. Symbiotic nitrogen fixation and harvest / G. M. Gospodarenko, V. I. Nevlad, I. V. Prokopchuk, S. V. Prokopchuk / For the head. ed. AHEM. Mistress. Uman: Publisher Sochinsky M.M. 2017. 324 p.
8. Turina A. L., Turin E. M. Effectiveness of chickpea nitrogenization in the conditions of the steppe Crimea // Bulletin of agrarian science. 2012. № 6. P. 26–28.
9. Chorna V. M. Symbiotic and seminal productivity of soybean depending on inoculation and morpho-regulator in the conditions of the forest-steppe right-bank // Collection of scientific papers. VNAU. Agriculture and forestry. 2016. №3. P. 113-123.
10. Brauer D., Ritchey D., Belesky D. Effects of Lime and Calcium on Root Development and Nodulation of Clovers // Crop Science. 2002. Vol. 42. P. 1640 – 1646.
11. The acetylene – ethylene assay for N₂ – Fixation: laboratory and field evaluation / R. W. F. Hardy, R. D. Holsten, E. K. Jackson, R. C. Burns // Plant Physiol. 1968. Vol. 2. P. 481–487.
12. The effect of the fertilizer system on soybean productivity in the conditions of the right bank forest-steppe / Didur I. M., Tsyhanskyi V. I., Tsyhanska O. I. et all // Ukrainian Journal of Ecology. 2019. No. 9 (1). P. 76-80.
13. Trinchant J., Rigaud J. Nitrite inhibition of nitrogenase from soybean bacteroids // Arch. Microbiol. 1980. Vol. 124, № 1. P. 49–54.

Authors information

Zabarna Tetyana Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry of Vinnytsia National Agrarian University (21008, Ukraine, Vinnytsia, 3 Solnechnaya St.), **E-mail** zabarna-tanja@ukr.net . Link at <https://orcid.org/0000-0002-6796-7625> .

Pelekh Lyudmila Viktorovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer of the Department of Agriculture, Soil Science and Agrochemistry of Vinnytsia National Agrarian University. (21008, Ukraine, Vinnitsa, 3/2 Solnechnaya St.), **E-mail**: gogoluda69@gmail.com . Link at <https://orcid.org/0000-0003-0967-2121> .

Информация об авторах

Забарна Татьяна Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии Винницкого национального аграрного университета (21008, Украина, г. Винница, ул. Солнечная 3), **E-mail** zabarna-tanja@ukr.net. Ссылка на сайте <https://orcid.org/0000-0002-6796-7625>

Пелех Людмила Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры земледелия, почвоведения и агрохимии ВНАУ. (21008, Украина, г. Винница, ул. Солнечная 3/2), **E-mail**: gogoluda69@gmail.com. Ссылка на сайте <https://orcid.org/0000-0003-0967-2121>

HEXAPLOID TRITICALE, CREATED ON THE BASIS OF TURGID AND DURUM WHEAT

B. V. Romanov¹, K. I. Pimonov²

¹*Federal State Budgetary Scientific Institution*

«Rostov Federal Agricultural Research Centre», Rostov region, Aksay district, Rassvet village, Russia

²*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education*

«Don State Agrarian University», Persianovsky, Rostov region, Russia

Received 17.12.2019

Submitted 26.02.2020

Summary

The article presents the results of a comparative analysis of the production characteristics of triticale, created on the basis of solid (*T. durum*) and turgid (*T. turgidum*) millet. It is proved that the advantage of "turgid" triticale is due to the production characteristics of the original turgid wheat.

Abstract

Relevance. Triticale is a new synthetic crop that is getting more and more widespread, including in crop rotations in the southern Federal district. The greatest distribution was obtained by hexaploid triticale obtained during hybridization of durum wheat *Triticum durum* Desf. $2n=28$ with rye *Secale cereale* $2n=14$. Octaploid triticale created on the basis of soft wheat *T. aestivum* L. ($2n=42$) x *S. cereale* ($2n=14$) due to a larger gap in the number of chromosomes are less stable and therefore proved to be little in demand. Selection of hexaploid triticale goes mainly in two directions: feed and grain. Therefore, it is necessary to create an appropriate variety of varieties to meet the demand in terms of technological and target specialization and, thus, adapt to market demands. The forage variety should be characterized not only by a high yield of green mass in General, but also by an increased share of green leaves in this mass, a reduced rate of lignification of tissues, a longer period of use, and of course a high nutritional value. Varieties for baking should have flour and dough from it, close to food wheat. They can also be used in confectionery and broiler production. Obviously, triticale, which will be used in fermentation production, must have a higher carbohydrate component, compared with protein. That is, the selection of this variety, apparently, should be based on the high productivity of the original forms. In this regard, it is worth paying attention to the fact that, along with durum wheat, turgid wheat *T. turgidum* L. was also used in the creation of hexaploid triticale, which stands out for its higher production indicators. In particular, the mass of grain from the ear of *T. turgidum* is approximately 25% more than that of *T. durum*. **The purpose** of these studies is to conduct a comparative analysis of the production characteristics of triticale created on the basis of solid (*T. durum* $2n=28$ x *S. cereale* $2n=14$) and turgid (*T. turgidum* $2n=28$ x *S. cereale* $2n=14$) wheat, since differences in the production characteristics of such hexaploid triticales will be determined by wheat components. **Method.** The research was carried out on the experimental field of FGBNU FRANTZ in 2006-2007 and 2017-2018. The soils of the experimental site are represented by ordinary Chernozem. The cultivation of triticale were carried out in the zone of insufficient and unstable moistening. During the full ripeness phase, a structural analysis of the shoots was performed. **Results and discussion.** Using the different production potential of *T. turgidum* and *T. durum*, the comparison of production characteristics (grain mass from the ear) of a hexaploid triticale created on their basis is carried out. The production characteristics of triticale obtained on the basis of turgid wheat significantly exceeded the productivity indicators of triticale obtained on the basis of durum wheat. The weight of the grain from the ear is significantly higher (4.95 g at NSR0.05 = 0.73) and by $\frac{1}{4}$ (1.17 g) higher than the same indicator of the triticale created on the basis of durum wheat (3.78 g). The number of grains in the ear on the variant using *T. turgidum* as a wheat component was 97.7 PCs, which is more than the variant *T. durum* x *S. cereale* by 26.9 PCs, with NSR0.05 = 10.5. Based on the fact that turgid wheat was superior to solid wheat by the weight of grain per ear by about $\frac{1}{4}$ or 25 %, it is shown that the production characteristics of triticale produced on the basis of turgid wheat also significantly exceeded the productivity indicators of triticale produced on the basis of durum wheat. It produced significantly more spikelets and grains,

which affected the weight of the grain from the ear, which is about $\frac{1}{4}$ higher than the same indicator of the triticale created on the basis of durum wheat. In the future, the superiority of "turgid" triticale over "solid" was confirmed in subsequent experiments. In all experiments, the difference in the weight of the grain from the ear was in favor of the "turgid" triticale. What is characteristic of the superiority of "turgid" triticale on this indicator over "solid" triticale on average was within 25% or $\frac{1}{4}$. Obviously, this superiority was provided by the production indicators of turgid wheat. Along with individual forms, several triticale samples were used at once based on solid and turgid triticale, specially obtained from the VIR collection, to prove that the previously established gap in grain weight from the ear in $\frac{1}{4}$ between these types of wheat was also manifested in the status of hexaploid triticale. The superiority of "turgid" triticale (2.82 g) in this indicator over "solid" triticale (2.11 g) on average was also within 25%. **Conclusion.** Comparative analysis of the production characteristics of hexaploid triticale based on hard and turgid wheat showed the advantage of "turgid" triticale. It is shown that it was determined precisely due to the production characteristics of the original turgid wheat. Accordingly, to create a grain-feed hexaploid highly productive triticale, which can be used in fermentation industries, it is desirable to use turgid wheat as a 28-chromosomal source component.

Key words: hexaploid triticale, «turgid» triticale, «solid» triticale, *T. turgidum*, *T. durum*, production characteristics, grain weight from the ear.

Citation. Romanov B. V., Pimonov K. I. Hexaploid triticale, created on the basis of turgid and durum wheat. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 126-134 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-13.

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

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

УДК 633.112.9:631.523

ГЕКСАПЛОИДНОЕ ТРИТИКАЛЕ, СОЗДАННОЕ НА БАЗЕ ТУРГИДНОЙ И ТВЁРДОЙ ПШЕНИЦЫ

Б. В. Романов¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
К. И. Пимонов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», Ростовская обл., Аксайский район, п. Рассвет, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет», Ростовская область, п. Персиановский, Россия

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 26.02.2020

Актуальность. Тритикале – новая синтетическая культура, которая получает все большее распространение в том числе и в севооборотах Южного Федерального округа. Наибольшее распространение получило гексаплоидное тритикале, полученное при гибридизации твёрдой пшеницы *Triticum durum* Desf. $2n=28$ с рожью *Secale cereale* $2n=14$. Октаплоидное тритикале, созданное на базе мягкой пшеницы *T. aestivum* L ($2n=42$) x *S. cereale* ($2n=14$), из-за большого разрыва в числах хромосом получается менее стабильным, и поэтому оказалось маловостребованным. Селекция гексаплоидного тритикале идет в основном в двух направлениях: кормовом и зерновом. Поэтому необходимо создание соответствующего разнообразия сортов, чтобы удовлетворить востребованность в плане технологической и целевой специализации и, таким образом, приспособляться к запросам рынка. Кормовой сорт должен характеризоваться не только высоким урожаем зеленой массы вообще, но и повышенной долей в этой массе зеленых листьев, пониженным темпом лигнификации тканей, более продолжительным периодом использования и, конечно, высокой питательной ценностью. Сорта для хлебопечения должны иметь муку и тесто из него, близкие к продовольственной пшенице. Они же могут использоваться в конди-

терском и в бродильном производствах. Очевидно, тритикале, которое будет применяться в бродильных производствах, должно иметь более высокую углеводную составляющую по сравнению с белковой. То есть селекция такого сорта, по-видимому, должна базироваться на высокой продуктивности исходных форм. В связи с этим стоит обратить внимание на то, что, наряду с твёрдой пшеницей, в создании гексаплоидного тритикале использовалась и тургидная пшеница *T.turgidum* L., которая выделяется своими более высокими продукционными показателями. В частности, масса зерна с колоса у *T.turgidum* приблизительно на 25 % больше, чем у *T.durum*. **Цель** настоящих исследований: провести сравнительный анализ продукционных признаков тритикале, созданного на базе твёрдой (*T.durum* $2n=28 \times S.cereale$ $2n=14$) и тургидной (*T.turgidum* $2n=28 \times S.cereale$ $2n=14$) пшеницы, поскольку различия в продукционных признаках таких гексаплоидных тритикале будут определяться пшеничными компонентами. **Методика.** Исследования проводились на опытном поле ФГБНУ ФРАНИЦ в 2006-2007 гг. и 2017-2018 гг. Почвы опытного участка представлены чернозёмом обыкновенным. Выращивание тритикале проводилось в зоне недостаточного, неустойчивого увлажнения. В фазу полной спелости проводили структурный анализ побегов. **Результаты и обсуждение.** Используя разный продукционный потенциал *T. turgidum* и *T. durum*, мы провели сравнение продукционных признаков (массы зерна с колоса) гексаплоидного тритикале, созданного на их базе. Продукционные характеристики тритикале, полученного на базе тургидной пшеницы, достоверно превосходили показатели продуктивности тритикале, полученного на базе твёрдой пшеницы. Масса зерна с колоса достоверно больше (4,95 г при $НСР_{0,05} = 0,73$) и на $\frac{1}{4}$ (на 1,17 г) превышала аналогичный показатель тритикале, созданного на базе твёрдой пшеницы (3,78 г). Число зёрен в колосе на варианте с использованием в качестве пшеничного компонента *T. turgidum* составило 97,7 шт., что больше по сравнению с вариантом *T.durum* $\times S.cereale$ на 26,9 шт., при $НСР_{0,05} = 10,5$. Опираясь на факт, что тургидная пшеница превосходила твёрдую по массе зерна с колоса примерно на $\frac{1}{4}$, или 25 %, показали, что продукционные характеристики тритикале, полученного на базе тургидной пшеницы, также достоверно превосходили показатели продуктивности тритикале, полученного на базе твёрдой пшеницы. У него образовывалось значительно больше колосков и зерновок, что сказалось на массе зерна с колоса, которая примерно на $\frac{1}{4}$, превышала аналогичный показатель тритикале, созданного на базе твёрдой пшеницы. В дальнейшем превосходство «тургидного» тритикале над «твёрдым» было подтверждено в последующих опытах. Во всех опытах разница по массе зерна с колоса была в пользу «тургидного» тритикале. Характерно, что превосходство «тургидного» тритикале по данному показателю над «твёрдым» тритикале в среднем было в пределах 25 %, или $\frac{1}{4}$. Очевидно, это превосходство обеспечивалось продукционными показателями тургидной пшеницы. Наряду с отдельными формами использовали сразу несколько образцов тритикале, созданных на базе твёрдого и тургидного тритикале, специально полученных из коллекции ВИР, для доказательства того, что установленный ранее разрыв по массе зерна с колоса в $\frac{1}{4}$ между этими видами пшеницы проявлялся и в статусе гексаплоидного тритикале. Превосходство «тургидного» тритикале (2,82 г) по данному показателю над «твёрдым» тритикале (2,11 г) составило 0,71 г, что также в пределах 25 %. **Выводы.** Сравнительный анализ продукционных признаков гексаплоидного тритикале на базе твёрдой и тургидной пшеницы показал преимущество «тургидного» тритикале. При этом показано, что оно определялось именно благодаря продукционным признакам исходной тургидной пшеницы. Соответственно, для создания зернокармального гексаплоидного высокопродуктивного тритикале, которое можно использовать и в бродильных производствах, желательно в качестве 28-ми хромосомного исходного пшеничного компонента использовать тургидную пшеницу.

Ключевые слова: гексаплоидное тритикале, тургидное тритикале, твёрдое тритикале, *T. turgidum*, *T. durum*, продукционные признаки тритикале, масса зерна тритикале.

Цитирование. Романов Б. В., Пимонов К. И. Гексаплоидное тритикале, созданное на базе тургидной и твёрдой пшеницы. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 126-134. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-13.

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. Тритикале – новая синтетическая культура, возделываемая в полевом севообороте в Южном Федеральном округе. В настоящее время наибольшее распространение получило гексаплоидное тритикале, созданное при скрещивании твердой пшеницы и ржи. Первоначально октаплоидное тритикале, получаемое при гибридизации мягкой пшеницы с рожью, к сожалению, из-за ряда причин оказалось мало востребованным. Вместе с тем, благодаря своим некоторым положительным сторонам, таким как высокая зимостойкость, лучшее качество зерна и т.д., октаплоидная форма является ценным исходным материалом для рекомбинационной селекции.

Селекция тритикале идет в основном в двух направлениях: кормовом и зерновом [4]. По мнению А. И. Грабовца (2018), необходимо создание соответствующего разнообразия сортов, чтобы удовлетворить востребованность в плане технологической и целевой специализации и, таким образом, приспосабливаться к запросам рынка. Кормовой сорт должен характеризоваться не только высоким урожаем зеленой массы вообще, но и повышенной долей в этой массе зеленых листьев, пониженным темпом лигнификации тканей, более продолжительным периодом использования и, конечно, высокой питательной ценностью.

Сорта для хлебопечения должны иметь муку и тесто из него, близкие к продовольственной пшенице. Они же могут использоваться в кондитерском производстве и в бродильных производствах [4]. Для получения высококачественного зерна предложено создание шарозёрной формы тритикале [2]. Для бродильной промышленности следует создавать форму с повышенным содержанием крахмала и, соответственно, с низким содержанием белка, которая должна быть в пределах 10-11 %. При производстве комбикормов необходимо, наоборот, иметь высокобелковое зерно. Создаются также сорта зернокармального тритикале, и проводится работа над их улучшением [3].

Е. Д. Фараджев (2000) утверждает, что тритикале можно использовать в бродильных производствах (при получении спирта-ректификата и в пивоварении). Водка, созданная на основе спирта-ректификата из тритикале, получила довольно высокую оценку, у неё отмечены хороший аромат, мягкий приятный вкус, пониженное содержание сивушных масел и альдегидов. Опытные партии пива, произведённые из зерна тритикале, при дегустации отличались высокими вкусовыми свойствами. По мнению исследователей, возможно выведение сортов тритикале с маркетинговой ориентацией для использования в бродильной промышленности как при производстве этанола, так и в пивоварении.

Селекция такого сорта, по-видимому, должна базироваться на высокой продуктивности исходных форм. Современные подходы к повышению урожайности различных культур на сегодняшний день не вполне адекватно связывают с технологиями, основанными на методах культуры клеток и ткани [9, 11, 12]. Тем не менее, достижения в области молекулярной биологии и богатство генетических ресурсов пшеницы и ржи могут быть использованы для улучшения тритикале [13].

Известно, что чем выше продуктивность, тем ниже белковая составляющая в зерне и, соответственно, выше углеводная. Последнее выгодно для сырья, предназначенного для переработки в бродильной промышленности. Для создания высокопродуктивной гексаплоидной формы тритикале можно воспользоваться более высокой про-

дуктивностью *T.turgidum* L. Известны факты, характеризующие её как многоцветковую высокопродуктивную форму, у которой относительно меньшее содержание белка, по сравнению с той же твердой пшеницей (Пшеницы мира, 1987). В настоящее время нами уточнено и конкретизировано, за счет чего тургидная пшеница существенно превосходит по потенциальной продуктивности не только твердую, но и мягкую пшеницу [8]. В частности, установлено, что твердая пшеница обладает гексаплоидным, а тургидная пшеница – октаплоидным уровнями своих продукционных признаков и превосходство последней в массе зерна с колоса в пределах $\frac{1}{4}$, или 25 % [10]. Поэтому при синтезе тритикале с использованием твердой пшеницы, будет один уровень продуктивности, а с тургидной пшеницей – другой, поскольку в качестве ржаного компонента выступает одна и та же форма. Первые результаты сравнения местных сортов гексаплоидного тритикале на базе *T.durum* и форм созданных с использованием *T.turgidum*, показали превосходство последней [7]. Однако для большей объективности необходим больший набор образцов, созданных независимыми исследователями.

Цель настоящих исследований – провести сравнительный анализ продукционных признаков тритикале, созданного на базе твёрдой (*T. durum*) и тургидной (*T. turgidum*) пшеницы.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытном поле ФГБНУ ФРАНЦ в 2006-2007 гг. и 2017-2018 гг. Почва опытного участка представлена чернозёмом обыкновенным. Выращивание тритикале проводилось в зоне недостаточного, неустойчивого увлажнения. В 2006-2007 с.-х. году в качестве «тургидного» использовали тритикале Ростовской селекции, которое было создано на базе ветвистой тургидной пшеницы, в свое время привезенной нами в Ростов из Дагестанской опытной станции (ДОС) ВИР. Она имела своеобразный колос с признаками ветвистости. После воздействия на семена указанной формы тритикале нитрозометилмочевиной (N-НММ) и посева их под зиму в условиях Ростовской области получено большое количество разнообразных форм. В результате отбора были выделены высокопродуктивные мощные и высокорослые формы с высокой фертильностью и озёрнёностью колоса. В качестве гексаплоидного тритикале на базе твёрдой пшеницы использовали на первом этапе белорусский сорт тритикале Мара. В 2017-2018 с.-х. году опыт по изучению продукционных характеристик «тургидного» и «твёрдого» тритикале был проведён повторно. В качестве «тургидного» тритикале нами использовался образец Ростовской селекции, используемый в опыте, проведенном в 2006-2007 с.-х. году, а в качестве гексаплоидного «твёрдого» тритикале (на базе твёрдой пшеницы) использовали известный местный сорт озимого тритикале Зимогор. В параллельных опытах выращивали образцы тритикале, созданные на базе тургидной («тургидное» тритикале) и твёрдой («твёрдое» тритикале) пшеницы, полученные из коллекции ВИР. При проведении сравнительного анализа в полную спелость отбирали 25 продуктивных побегов каждого образца и после достижения зерновками стандартной влажности в лаборатории проводили структурный анализ. Статистическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову (1985) с использованием стандартных компьютерных программ Statistica 6,0; Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Исследованиями, проведенными в 2006-2007 сельскохозяйственном году, было установлено, что тритикале, созданное на базе тургидной пшеницы на 0,9 г превосходило по массе зерна с колоса тритикале, полученное с использованием твёрдой пшеницы, при НСР_{0,05} равной 0,7 (таблица 1).

Кроме того, при использовании схемы скрещивания *T. turgidum* x *S. cereale* было сформировано 82,6 зёрен в колосе, тогда как на варианте с использованием *T.durum* x *S.cereale*, завязалось на 6,2 шт. зёрен меньше. При этом преимущество «тургидного» над

«твёрдым» тритикале составило 24 %, что соответствует разнице между октаплоидным и гексаплоидным уровнями признаков. То есть оно было обеспечено разными видами пшеницы, поскольку в качестве второй стороны в обоих случаях выступала диплоидная рожь.

Таблица 1 – Продукционные характеристики колосьев гексаплоидного тритикале, созданного на базе тургидной (Ростовской селекции) и твёрдой пшеницы, 2006-2007 с.-х. год

Table 1 – Productive characteristics of ears of hexaploid triticale, breded on the basis of turgid (Rostov selection) and durum wheat, 2006-2007 agricultural year

Генотип / Genotype	Число, шт. / Number, piece		Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g
	колосков в колосе / spikelets in the ear	зёрен в колосе, шт. / grains in the ear	
<i>T. turgidum</i> x <i>S. cereale</i>	36,6	82,6	3,7
<i>T. durum</i> x <i>S. cereale</i> (сорт Мара) / <i>T. durum</i> x <i>S. cereale</i> (Mara variety)	32,4	76,4	2,8
HCP _{0,05} / SSD _{0,05}	3,3	15,8	0,7

Различия можно наблюдать по цифровым данным результатов исследований. Продукционные характеристики тритикале, полученного на базе тургидной пшеницы, достоверно превосходили показатели продуктивности тритикале, полученного на базе твёрдой пшеницы. У него значительно больше колосков и зерновок, что сказалось на массе зерна с колоса (таблица 2). Она также достоверно больше (4,95 г при HCP_{0,05} = 0,73) и на ¼ превышала аналогичный показатель тритикале созданного на базе твёрдой пшеницы (3,78 г). Число зёрен в колосе на варианте с использованием в качестве пшеничного компонента *T. turgidum* составило 97,7 шт, что больше по сравнению с вариантом *T. durum* x *S. cereale* на 26,9 шт., при HCP_{0,05} = 10,5.

Таблица 2 – Продукционные характеристики колосьев гексаплоидного «тургидного» тритикале (Ростовской селекции) и «твёрдого» тритикале, 2017-2018 с.-х. год

Table 2 – Production characteristics of ears of hexaploid «turgid» triticale (Rostov selection) and «solid» triticale, 2017-2018 agricultural year

Генотип / Genotype	Длина колоса, см / Length ear, cm	Число, шт. / Number, piece		Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g
		колосков в колосе / spikelets in the ear	зёрен в колосе / grains in the ear	
<i>T. turgidum</i> x <i>S. cereale</i>	15,1	36,6	97,7	4,95
<i>T. durum</i> x <i>S. cereale</i> (сорт Зимогор) / <i>T. durum</i> x <i>S. cereale</i> (Zimogor variety)	10,0	27,4	70,8	3,78
HCP _{0,05} / SSD _{0,05}	0,7	2,0	10,5	0,73

Различия можно наблюдать не только по цифрам, но и визуально. Как видно из представленных на фото колосьев, тритикале, созданное на базе тургидной пшеницы, весьма заметно превосходило аналогичное гексаплоидное тритикале, полученное с применением твёрдой пшеницы (рисунок 1). Несмотря на меньшую разницу в продукционных признаках колоса «тургидного» и «твёрдого» тритикале (в абсолютном выражении) в специальном опыте, когда использовали по несколько образцов, полученных из ВИРа, разница по массе зерна с колоса также была в пользу «тургидного» тритикале (таблица 3). Самое главное превосходство «тургидного» тритикале (2,82 г) по данному показателю над «твёрдым» тритикале (2,11 г) в среднем также было в пределах 25 %, или ¼. Очевидно, что это связано с превосходством по продукционным показателям тургидной над твёрдой пшеницей.

Следовательно, можно полагать, что различия (примерно в $\frac{1}{4}$), выявленные между тритикале, синтезированным на базе твёрдой и тургидной пшеницы, обеспечили эти использованные виды пшеницы и, соответственно, тритикале на базе тургидной пшеницы («тургидное» тритикале) будет превосходить в одинаковых условиях по продукционным показателям приблизительно на $\frac{1}{4}$ аналогичную форму, созданную с использованием твёрдой пшеницы («твёрдое» тритикале).



Рисунок 1 – Колосья гексаплоидного тритикале, созданного на базе разных видов тетраплоидной пшеницы: 1. *T. turgidum*, 2. *T. durum* (сорт Зимогор)

Figure 1 – Ears of hexaploid triticale, created on the basis of different types of tetraploid wheat: 1. *T. turgidum*, 2. *T. durum* (cultivar Zimogor)

Таблица 3 – Продукционные характеристики колосьев гексаплоидного тритикале, созданного на базе тургидной и твёрдой пшеницы из коллекции ВИР, 2017-2018 с.-х. год

Table 3 – Production characteristics of ears of hexaploid triticale created on the basis of turgid and durum wheat from the VIR collection, 2017-2018 agricultural year

Генотип / Genotype	Количество образцов / Quantity sample	Длина колоса, см / Length ear, cm	Число, шт. / Number, piece		Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g
			колосков в колосе / spikelets in the ear	зёрен в колосе / grains in the ear	
<i>T. turgidum</i> x <i>S. cereale</i>	2	12,0	25,7	56,3	2,82
<i>T. durum</i> x <i>S. cereale</i>	4	10,6	27,6	53,5	2,11

Выводы. Сравнительный анализ продукционных признаков гексаплоидного тритикале на базе твердой и тургидной пшеницы показал преимущество «тургидного» тритикале. При этом показано, что оно определялось именно благодаря продукционным признакам исходной тургидной пшеницы. Соответственно для создания зернокормового гексаплоидного высокопродуктивного тритикале, которое можно использовать и в бродильных производствах, желательно в качестве 28-ми хромосомного исходного пшеничного компонента использовать тургидную пшеницу.

Библиографический список

1. Бондаренко А. Н., Тютюма Н. В. Результаты интенсивной технологии возделывания озимой тритикале в условиях светло-каштановой солонцевой почвы Астраханской области. Известия НВ АУК. 2018. 4(52). С. 197-204. DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-28.
2. Боровик А. Н., Беспалова Л. А., Мирошниченко Т. Ю. Сорт Гирей – новый шаг в селекции тритикале сферококкум // Мат. 8-й межд. научн.-практ. конф. «Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов переработки». Ростов-на-Дону. 2018. С.22- 26.
3. Горянина Т. А. Сорта озимого тритикале на зернофураж в Среднем Поволжье // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. №5(67). С.42- 44.
4. Грабовец А. И., Крохмаль А. В. Тритикале: монография. Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «ЮГ», 2019. 440с.
5. Грабовец А. И. Тритикале – итоги селекции и проблемы использования // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. №1. С.32-36.
6. Кормовая ценность сортов озимой тритикале в Средневолжском регионе / С. Н. Пономарев, М. Л. Пономарева, С. И. Фомин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 7. С. 47–51.
7. Романов Б. В., Зеленская Г. М., Сорокина И. Ю. Сравнительная оценка озимых форм гексаплоидной тритикале на базе твердой и тургидной пшеницы // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2015. №2. С.33-36.
8. Романов, Б. В., Пимонов К. И. Феномогеномика продукционных признаков видов пшеницы: монография. Персиановский, 2018. 188 с.
9. Создание сорта мягкой яровой пшеницы Гренада с помощью инновационных технологий селекции на основе теории эколого-генетической организации количественных признаков / В. В. Новохатин, В. А. Драгавцев, Т. А. Леонова, Т. В. Шеломенцева // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т.54. №5. С. 905-919.
10. Теоретические основы геномной инженерии пшеницы / Б. В. Романов, В. Е. Зинченко, А. В. Гринько, Г. А. Козлечков, С. В. Пасько, И. Ю. Сорокина // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. №5. С.18-21.
11. Bridgen M. P., Van Houtven W., Eeckhaut T. Plant tissue culture techniques for breeding // In: Ornamental crops. Handbook of plant breeding. 2018. Vol.11. P. 127-144. (doi: 10.1007/978-3-319-90698-0_6).
12. Loyola-Vargas V. M., Ochoa-Alejo N. An introduction to plant tissue culture advances and perspectives // *Plant cell culture protocols. Methods in molecular biology*. 2018. Vol.1815. P. 3-13 (doi: 10.1007/978-1-4939-85-94-4_1).
13. Triticale improvement for forage and cover crop uses in the United States / H. Ayalew, T. T. Kumssa, T. J. Butler, X. F. Ma // *Front Plant Sci*. 2018. V. 9. P. 1130 (doi: 10/3389/fpls.2018.01130).

Conclusion. Comparative analysis of the production characteristics of hexaploid triticale based on hard and turgid wheat showed the advantage of "turgid" triticale. It is shown that it was determined precisely due to the production characteristics of the original turgid wheat. Accordingly, to create a grain-feed hexaploid highly productive triticale, which can be used in fermentation industries, it is desirable to use turgid wheat as a 28-chromosomal source component.

References

1. Bondarenko A. N., Tyutyuma N. V. Rezultaty intensivnoy tehnologii vozdelevaniya ozimoy tritikale v usloviyah svetlo-kashtanovoy soloncovoy pochvy Astrahanskoj oblasti. Izvestiya NV AUK. 2018. 4(52). P. 197-204. DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-28.
2. Borovik A. N., Bepalova L. A., Miroshnichenko T. Yu. Sort Girej - novyj shag v selekcii tritikale sferokokkum // Mat. 8-j mezhd. nauchn. -- prakt. konf. "Tritikale i stabilizaciya proizvodstva zerna, kormov i produktov pererabotki". Rostov-na-Donu. 2018. P.22- 26.
3. Goryanina T. A. Sorta ozimogo tritikale na zernofurazh v Srednem Povolzh'e // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. №5(67). P.42- 44.
4. Grabovec A. I., Krohmal' A. V. Tritikale: monografiya. Rostov-na-Donu: ООО "Izdatel'stvo "YuG", 2019. 440 p.

5. Grabovec A. I. Tritikale - itogi selekcii i problemy ispol'zovaniya // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2019. №1. P. 32-36.
6. Kormovaya cennost' sortov ozimoy tritikale v Srednevolzhskom regione / S. N. Ponomarev, M. L. Ponomareva, S. I. Fomin i dr. // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2018. T. 32. № 7. P. 47-51.
7. Romanov B. V., Zelenskaya G. M., Sorokina I. Yu. Sravnitel'naya ocenka ozimyh form geksaploidoy tritikale na baze tvjordoj i turgidnoj pshenicy // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2015. №2. P. 33-36.
8. Romanov, B. V., Pimonov K. I. Fenomogenomika produkcionnyh priznakov vidov pshenicy: monografiya. Persianovskij, 2018. 188 p.
9. Sozдание sorta myagkoj yarovoj pshenicy Grenada s pomosh'yu innovacionnyh tehnologij selekcii na osnove teorii jekologo-geneticheskoy organizacii kolichestvennyh priznakov / V. V. Novohatin, V. A. Dragavcev, T. A. Leonova, T. V. Shelomenceva // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2019. T.54. №5. P. 905-919.
10. Teoreticheskie osnovy genomnoj inzhenerii pshenicy / B. V. Romanov, V. E. Zinchenko, A. V. Grin'ko, G. A. Kozlechkov, S. V. Pas'ko, I. Yu. Sorokina // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2017. №5. P.18-21.
11. Bridgen M. P., Van Houtven W., Eeckhaut T. Plant tissue culture techniques for breeding // In: Ornamental crops. Handbook of plant breeding. 2018. Vol.11. P. 127-144. (doi: 10.1007/978-3-319-90698-0_6).
12. Loyola-Vargas V. M., Ochoa-Alejo N. An introduction to plant tissue culture advances and perspectives // *Plant cell culture protocols. Methods in molecular biology*. 2018. Vol.1815. P. 3-13 (doi: 10.1007/978-1-4939-85-94-4_1).
13. Triticale improvement for fogare and cover crop uses in the United States / H. Ayalew, T. T. Kumssa, T. J. Butler, X. F. Ma // Front Plant Sci. 2018. V. 9. P. 1130 (doi: 10/3389/fpls.2018.01130).

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, Krivoshlykova str., 24), doctor of agricultural Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0726-2583>, phone: +79882562700, e-mail: Konst.pimonov@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

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-14

ASSESSMENT OF RECLAMATION ACTIVITIES WHEN CARRYING OUT ENVIRONMENTAL REHABILITATION OF AQUATIC BIORESOURCES

I. A. Ulanova, N. B. Efimova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 20.01.2019

Submitted 11.03.2020

Summary

The article presents the results of ecological and economic assessment of reclamation measures during the ecological rehabilitation of a water body on the territory of the Volga-Akhtuba floodplain natural Park. The concept of «ecological rehabilitation of water bodies» has been clarified. Stages of complex

ecological rehabilitation of Erik Sukhodol in the Volgograd region have been developed. A scientific and research assessment of bioresources was carried out, and reclamation measures were proposed, namely technical and biological rehabilitation, which will lead to an increase in the fish productivity of the reservoir. The calculation of ecological and economic efficiency in the conditions of implementation of environmental protection measures is made.

Abstract

Introduction. The main factor that caused the need for rehabilitation of water objects in the territory of the Volga-Akhtuba floodplain is the environmental degradation resulting from changes in the hydrological regime flow regulation of the Volga river after the construction of the Volga hydroelectric power station that affect the geomorphological characteristics of the channels, their siltation and overgrowing. Therefore, the scientific and practical significance of the work aimed at improving the state of water nutrition of degraded water bodies. Such objects in the system of the Krasnoslobodsky tract include Erik Sukhodol, which is silted up in places, overgrown with alien shrub and tree vegetation, which led to the loss of a significant part of its ecosystem functions. **Object.** The object of research is the actual state of bioresources and land reclamation activities in relation to the dry land area of the Volgograd region. **Materials and methods.** The assessment of land reclamation measures was carried out on the basis of hydrological data, data on the state of aquatic bioresources and the ichthyofauna habitat, and selected environmental indicators according to the proposed stages of complex ecological rehabilitation of water bodies. **Results and conclusions.** Stages of complex ecological rehabilitation of Erik Sukhodol in the Volgograd region have been developed. A scientific and research assessment of bioresources was carried out, and reclamation measures were proposed, namely technical and biological rehabilitation, which will lead to an increase in the fish productivity of the reservoir. The technical stage of reclamation activities includes a set of works on geoplastics of the water body's topography and the surrounding area. The biological stage provides for compensatory reforestation, a set of agro-technical and reclamation works, and reclamation measures to improve the conditions for reproduction of aquatic bioresources. Indicators of growth of water bioresources as a result of qualitative changes in benthic components of Erik Sukhodol are calculated. The results of the research showed the ratio of environmental and prevented damage during the implementation of a set of environmental protection measures. The economic component of the evaluation of rehabilitation measures includes indicators of investment efficiency, the social effect of improving the quality of life of the population, and the environmental effectiveness of the target indicators. Thus, as a result of environmental rehabilitation of Erik Sukhodol, the following environmental targets will be achieved: restoration of tree and shrub communities in the disturbed area; creating plantings that are similar in composition and structure to natural communities; improving the hydrological and hydrochemical regime; preventing diffuse runoff from residential areas from entering the water body.

Key words: *environmental remediation, water resources of the Volga-Akhtuba floodplain, ecological and economic efficiency, reclamation of water bodies.*

Citation. Ulanova I. A., Efimova N. B. Assessment of reclamation activities when carrying out environmental rehabilitation of aquatic bioresources. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 134-147 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-14.

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

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

УДК 502.51(282):639.2/.3

ОЦЕНКА МЕЛИОРАТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

И. А. Уланова, кандидат экономических наук, доцент

Н. Б. Ефимова, кандидат экономических наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 20.01.2019

Дата принятия к печати 11.03.2020

Актуальность. Основным фактором, вызвавшим необходимость проведения реабилитации водных объектов на территории Волго-Ахтубинской поймы, является ухудшение экологической ситуации, возникшей в результате изменения гидрологического режима регулирования

нием стока р. Волги после строительства Волжской ГЭС, влияющей на геоморфологические характеристики ериков, их заиление и зарастание. Следовательно, научно-практическую значимость имеют работы, направленные на улучшение состояния водного питания деградированных водных объектов. К таким объектам в системе Краснослободского тракта можно отнести ерик Суходол, который местами заилился, зарос чужеродной кустарниковой и древесной растительностью, что привело к утрате значительной части его экосистемных функций. **Объект.** Объектом исследований является фактическое состояние биоресурсов и проведение мелиоративных мероприятий применительно к ерику Суходол Волгоградской области. **Материалы и методы.** Оценка мелиоративных мероприятий проводилась на основании гидрологических данных, данных о состоянии водных биоресурсов и среды обитания ихтиофауны, выделенных экологических показателей согласно предложенным этапам комплексной экологической реабилитации водных объектов. **Результаты и выводы.** Разработаны этапы комплексной экологической реабилитации ерика Суходол Волгоградской области. Проведена научно-исследовательская оценка биоресурсов, предложены мелиоративные мероприятия, а именно технической и биологической реабилитации, которые приведут к увеличению рыбопродуктивности водоема. Технический этап мелиоративных мероприятий включает в себя комплекс работ по геопластике рельефа водного объекта и прилегающей территории. Биологический этап предусматривает компенсационное лесовосстановление, комплекс агротехнических и рекультивационных работ, мелиоративных мероприятий по улучшению условий воспроизводства водных биоресурсов. Рассчитаны показатели прироста водных биоресурсов в результате качественного изменения бентосных компонентов ерика Суходол. Результаты исследований показали соотношение экологического и предотвращенного ущерба при реализации комплекса средозащитных мероприятий. Экономическая составляющая оценки реабилитационных мероприятий включает показатели эффективности инвестиций, социальный эффект от улучшения качества жизни населения, экологическую эффективность целевых показателей. Таким образом, в результате проведения экологической реабилитации ерика Суходол будут достигнуты следующие целевые экологические показатели: восстановление древесно-кустарниковых сообществ на нарушенной территории; создание насаждений, приближенных по составу и структуре к природным сообществам; улучшение гидрологического и гидрохимического режима; предотвращение поступление в водный объект диффузного стока с селитебных территорий.

Ключевые слова: экологическая реабилитация водных объектов, водные биоресурсы, Волго-Ахтубинская пойма, мелиорация водных объектов.

Цитирование. Уланова И. А., Ефимова Н. Б. Оценка мелиоративных мероприятий при проведении экологической реабилитации водных биоресурсов. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 134-147. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-14.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Участок нижнего течения р. Волги от Волгограда до Каспийского моря на настоящий момент является фактически единственным, сохранившим речной гидрологический режим на всем пространстве от Твери до волжского устья. Здесь активно «работают» процессы самоочищения реки, затрудненные в условиях малопроточных волжских водохранилищ, а также располагается уникальная по своему ландшафтному и рыбохозяйственному значению экосистема – Волго-Ахтубинская пойма.

Длительное в прошлом, до 2-3 месяцев в году, затопление поймы паводковыми водами создавало идеальные условия для воспроизводства пойменно-речной рыбы фитильной группы (более 2/3 всех промысловых видов Волго-Каспийского региона). В то же время протоки и основное русло Волги служили естественным миграционным путем для проходных осетровых, белорыбицы и др. Пагубные последствия зарегулирова-

ния волжского стока в Волго-Ахтубинской пойме проявились на рубеже 60-70 гг. Это выразилось в сокращении нерестовых пойменных угодий, потере озерами рыбохозяйственного значения вследствие резкого обмеления и зимних заморов.

Неблагоприятные изменения затронули и ерики, многие из которых потеряли свое значение как пути выхода рыбы из Волги на пойму в весенний период, а также ее нагула и зимовки. Пойма фактически потеряла свое значение как естественный рыбопитомник.

Цель данного исследования – провести эколого-экономическую оценку мелиоративных мероприятий экологической реабилитации водных объектов и биоресурсов Волго-Ахтубинской поймы.

Материалы и методы. Под экологической реабилитацией водного объекта понимается комплекс средозащитных мероприятий по восстановлению и устойчивому функционированию водных биоресурсов, включающих все звенья экологической системы водоема, а именно биологическое разнообразие флоры и фауны, оптимизация гидрорежима, повышение водообеспеченности посредством осуществления на основе научных данных мер по изучению, воспроизводству, рациональному использованию водных биоресурсов.

Авторами разработан алгоритм проведения комплексной экологической реабилитации водных объектов на примере ерика Суходол Волгоградской области (рисунок 1).

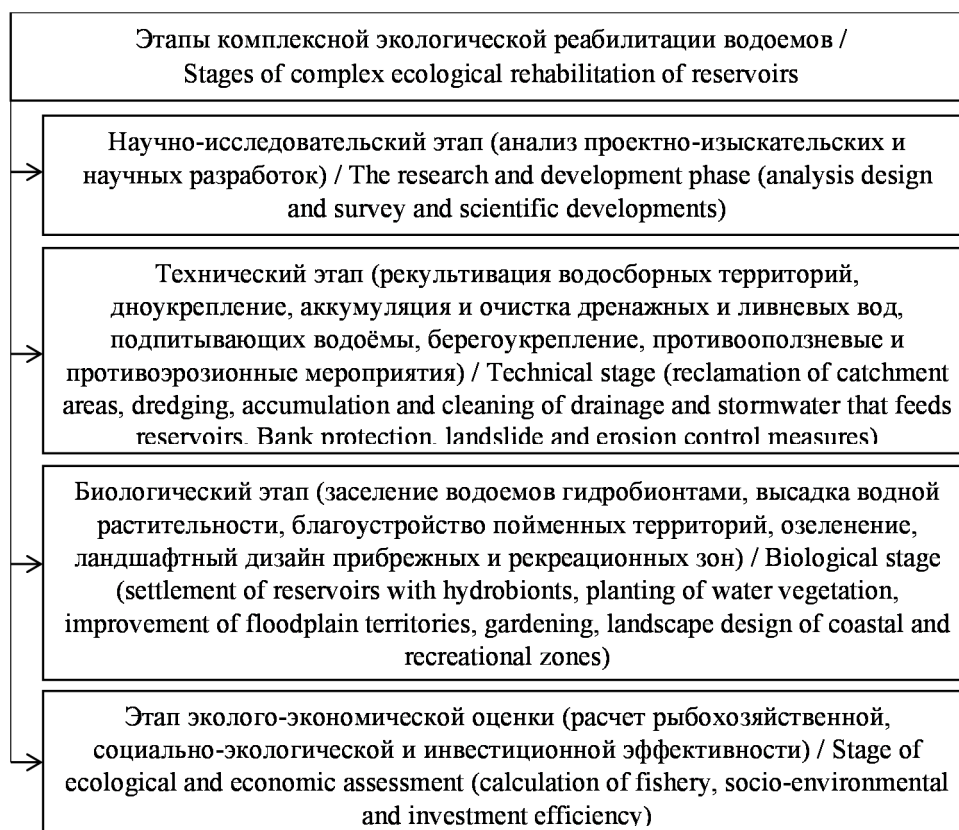


Рисунок 1 – Этапы комплексной экологической реабилитации водных объектов

Figure 1 – Stages of complex ecological rehabilitation of water bodies

Результаты и обсуждение. Ерик Суходол находится в Среднеахтубинском муниципальном районе Волгоградской области, на особо охраняемой природной территории «Природный парк «Волго-Ахтубинская пойма» на землях Суходольского сельского

поселения. Исток ерика Суходол расположен в 0,7 км восточнее пос. Красный. Ерик протекает в юго-восточном направлении мимо х. Кочетково, протекает через х. Суходол и оканчивается в оз. Кунак.

Протяженность 21 км. Отметки дна – 6,0-11,0 м. Имеются перекаты с отметками гребня до -4,0 м, плесы с отметками дна до -12,0 м (глубина в межень 3,5-4,0 м). Берега и места русла заросли деревьями и кустарниками.

Водоток сохранил воду в межень в плесовых котловинах от паводка 2018 г. Глубины воды в перечисленных плесах 1,0-4,0 м. Имеются еще несколько участков небольшой протяженности, где отмечено наличие воды глубиной 0,2-0,5 м. В паводок 2019 г. (03.05-07.05) вода в ерик Суходол не прошла.

Для повышения водообеспеченности ерика Суходол и питающихся от него озер, требуется удаление из русла ерика донных отложений на перекатах. Ерик является питающим для ряда ериков и озер (ерики Лещужный, Дудак, Огибной, Глинистый, Глухенький, Чапурник; озер Раскатное, Бугай, Кунак, Круглое Осиновское, Малышкино, Парфёново, Солёные плесы, Зайчиковы озера, Плакучее, Длинное Осиновское, Косо). Удаление из русла водотоков и ложа водоемов донных отложений будет способствовать улучшению обводнения обозначенных выше водных объектов.

Функциональное назначение экологической реабилитации водных объектов – сохранение и восстановление природной среды ландшафтного и биологического разнообразия, достаточного для поддержания способности природных систем к саморегуляции и компенсации последствий антропогенной деятельности.

Экологическая реабилитация водных объектов проводится в 2 этапа:

- этап технической реабилитации водоемов, предусматривающий в необходимых случаях механическую очистку русла водотоков или ложа водоемов от донных отложений и древесно-кустарниковой растительности;
- этап биологической реабилитации, предусматривающий восстановление сбалансированной экосистемы, в которой действуют механизмы самоочищения путем заселения водоемов живыми организмами – гидробионтами, микроорганизмами, беспозвоночными, моллюсками, которые позволяют восстановить гидроэкосистему водоемов.

При организации работ по очистке проток учитываются следующие особенности Волго-Ахтубинской поймы:

- работы ведутся на особо охраняемой территории Природный парк «Волго-Ахтубинская пойма»;
- с апреля до середины июля некоторые участки проток могут быть затоплены паводковыми водами;
- к берегам проток примыкают земли частных собственников, гослесфонда и с/х назначения.

Указанные особенности накладывают ограничения на сроки производства работ (с июля по март) и предъявляют особые требования к мероприятиям по охране окружающей среды.

Для восстановления ерика Суходол – природного водного объекта, представляющего собой сбалансированную экосистему, в которой действуют механизмы самоочищения, необходимо повышение его водообеспеченности, очистка от донных отложений и зарослей древесно-кустарниковой растительности, а также заселение водоемов гидробионтами, высадка водной растительности и создание береговой экосистемы.

Основные работы технического этапа реабилитации ерика Суходол представлены на рисунке 3.

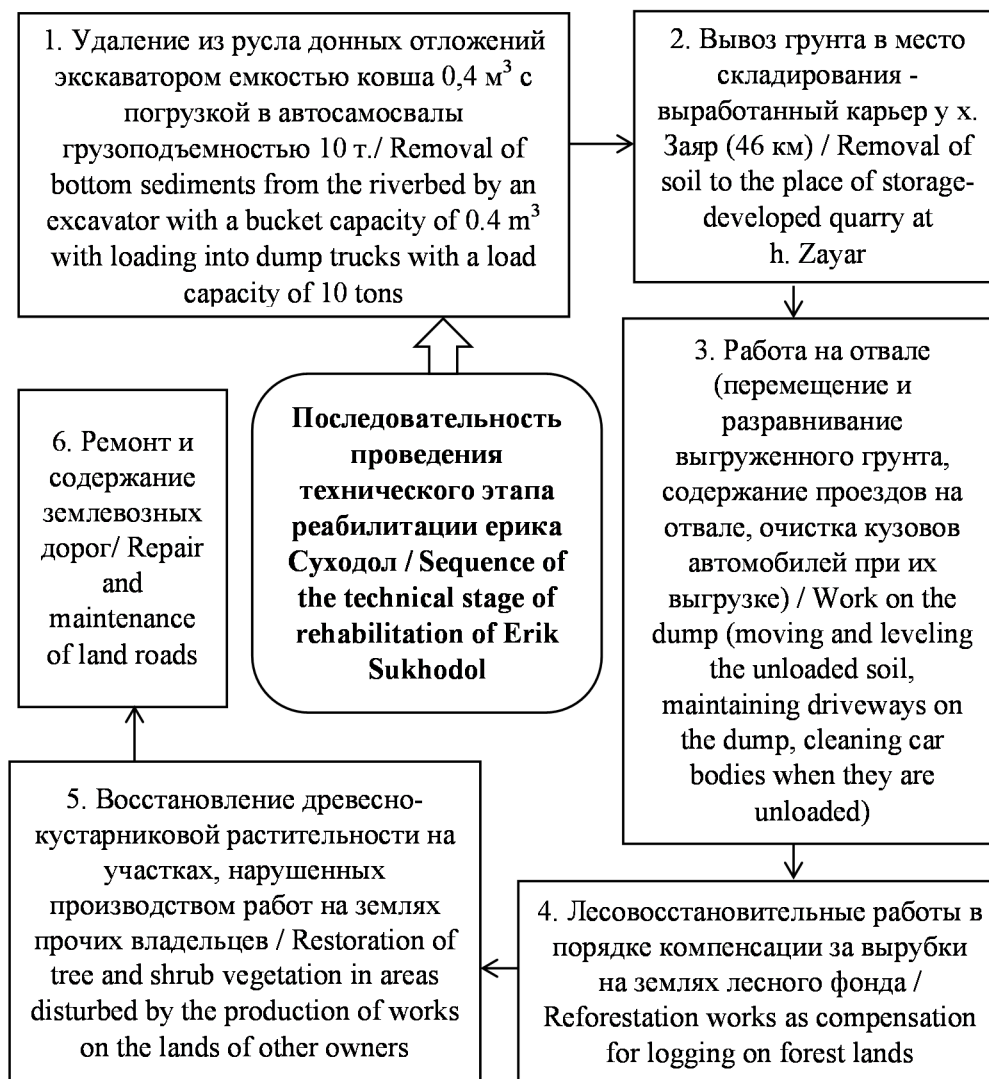


Рисунок 2 – Технический этап реабилитации ерика Суходол

Figure 2 - Technical stage of Erika Sukhodol's rehabilitation

Биологическим этапом реабилитации предусматривается:

1. Компенсационные и лесовосстановительные посадки древесно-кустарниковой растительности взамен вырубленной по трассе технологических проездов вдоль ерика Суходол на площади 11,062 га: деревья – 22 124 шт.; кустарники – 12 240 шт.

2. Агротехнический уход (полив, рыхление, внесение удобрений): предпосадочный полив деревьев – 30 л/дерево; полив при посадке – 30 л/дерево – 10 поливов за вегетационный период; предпосадочный полив кустарников – 10 л/куст; полив при посадке – 10 л/куст – 10 поливов за вегетационный период.

3. Биологическая рекультивация земель, разрушенных при производстве работ на площади 5,99 га технологических проездов.

4. Мелиоративные мероприятия по увеличению рыбопродуктивности водоема.

По своей сути планируемая хозяйственная деятельность является природоохранными мероприятиями, конечный результат которой предусматривает увеличение объема и площади системы ерика Суходол. За счет углубления части ерика улучшится гидрологическая обстановка, что обеспечит благополучную зимовку рыб в водоеме. В

целом рыбопродуктивность водоема повысится. Характеристика объекта и годовой прирост биоресурсов в результате проведения экологической реабилитации посредством мелиоративных мероприятий представлены в таблицах 1-7.

Таблица 1 – Характеристика озера (до и после проведения геопластики рельефа)

Table 1 – Characteristics of the lake (before and after geoplastics of the terrain)

Параметры / Parameters	До реабилитации / Before rehabilitation		После реабилитации / After rehabilitation	
	Площадь зеркала, м ² / Mirror area, m ²	Объем воды, м ³ / Water volume, m ³	Площадь зеркала, м ² / Mirror area, m ²	Объем воды, м ³ / Water volume, m ³
Показатели при среднем уровне воды, м / Indicators at average water level, m				
Среднее / Average	174 290	244 006	268 407	509 973
Эффективность / Efficiency			94117	265 967

Таблица 2 – Расчет годового прироста рыбной продукции от прироста планктонных компонентов кормовой базы рыб при увеличении полезного объема

Table 2 – Calculation of the annual increase in fish production from the increase in plankton components of the fish feed base with an increase in the useful volume

Группы организмов / Group of organisms	Биомасса, г/м ³ / Bio- mass, g/m ³	P/B	W, м ³	K _E	K ₃ /100	Прирост, кг / Increase, kg
Фитопланктон / Phyto- plankton	0,46	0,5	265966,54	0,02	1,5	1,835
Зоопланктон / Zooplank- ton	0,392	28	265966,54	0,125	0,6	218,944
Мелкие непромысловые виды рыб / Small non- commercial fish species	0,9	1,5	265966,54	0,25	0,6	53,858
Всего / Total						274,637

Таблица 3 – Расчет годового прироста рыбной продукции от прироста бентосных компонентов кормовой базы рыб при увеличении полезного объема

Table 3 – Calculation of the annual increase in fish production from the increase in benthic components of the fish feed base with an increase in the useful volume

Группы организ- мов / Group of or- ganisms	Биомасса, г/м ³ / Bio- mass, g/m ³	Площадь, м ² / Area, m ²	K ₂	P/B	K ₃	Прирост, кг / Increase, kg
Хирономиды / Chironomids	7,600	94 117	7	12,8	60	846,081
Олигохеты / Oli- gochaetes	0,120	94 117	7	6	60	6,776
Ракообразные / Crustaceans	0,150	94 117	5	8	60	15,247
Моллюски / Mol- lusca	6,600	94 117	10	4,8	60	216,167
Прочие / Other	7,160	94 117	7	6	60	404,325
Всего / Total	21,63					1488,597

Таблица 4 – Прирост молоди промысловых рыб в дополнительном объеме

Table 4 – Growth of young commercial fish in additional volume

Вид рыб / Kind of fish	Численность молоди, экз. / Number of juveniles, copies		Средняя масса особи промыслового размера (р), г / Average weight of an individual of commercial size (p), g	К - коэф. промвозврата, % / K-coef. the fish return rate, %	Средний возраст до- стижения пром. раз- меров, лет / The average age of reach- ing the prom. size, years	Прирост водных био- ресурсов, (N), кг / In- crease in water biore- sources, (N), kg
	шт./100 м³ / PCs/100 m³	в объеме / in volume, (265966,5 м³)				
Лещ / Bream	4	9840,76	600	0,6	5	35,427
Густера / Bream	8	21011,36	160	1,6	3	53,789
Плотва / Roach	20	52661,37	180	1,6	3	151,665
Карась / Crucian	16	41224,81	280	0,8	3	92,344
Окунь / Perch	6	17021,86	150	0,8	3	20,426
Линь / Line	1	3723,53	230	0,8	3	6,851
Красноперка / Rudd	2	5053,36	160	0,8	4	6,468
Щука / Pike	1	2393,70	900	2,6	4	56,013
Синец / Sinesc	1	531,93	190	0,8	3	0,809
Всего / Total	59	152930,8	—	—	—	423,791

Таблица 5 – Годовой прирост водных биоресурсов от улучшения условий воспроизводства

Table 5 – Annual growth of water bioresources from improved reproduction conditions

Виды рыб / Kind of fish	Средняя плотность заполнения произ- водителями нерес- тилища / Average density of spawning grounds filled by producers		Абсолютная плодотворность самок, ик- ринков / The absolute fecundity of fe- males, eggs	Коэф. промвозврата по икре (К1/100) / Coef. the fish return rate for caviar (K1/100)	Средняя масса половозрелой особи (р) / Average weight of a Mature individual (p), g	Доля самок в стаде / Percentage of females in the herd	Коэф. качества нерестилищ / Coef. quality of spawning grounds	Коэф. прироста воспроизводства / Coef. increase in reproduction	Прирост ВБР, кг / Increase in IBD, kg
	экз./га / ind./ha	на пло- щадь / on the square (9,4117 га)							
Лещ / Bream	6,45	60,674	135000	0,000016	800	0,5	6	0,5	26,21
Густера / Bream	22,57	212,440	50000	0,00002	150	0,5	4	0,5	7,97
Плотва / Roach	36,94	347,629	41000	0,00005	160	0,7	4	0,5	39,91
Язь / Ide	5,47	51,501	76000	0,00002	500	0,7	4	0,5	13,70
Окунь / Perch	30,78	289,691	52000	0,00005	500	0,5	3	0,5	94,15
Щука / Pike	3,61	33,958	150000	0,000015	1000	0,7	3	0,5	26,74
Красноперка / Rudd	10,55	99,300	34000	0,00002	200	0,7	4	0,5	4,73
Карась / Crucian	52,46	493,762	100000	0,00003	300	0,7	4	0,5	155,54
Всего / Total	168,8	1588,96	—	—	—	—	—	—	368,94

Таблица 6 – Годовой прирост водных биоресурсов от улучшения условий нагула

Table 6 – Annual growth of aquatic bioresources from improved feeding conditions

Виды рыб / Kind of fish	Численность молоди, экз. / Number of juveniles, copies		Средняя масса особи промыслового размера (р), г / Average weight of an individual of commercial size (p), g	Средний возраст достижения пром. размеров / The average age of reaching the prom. sizes'	Прирост водных биоресурсов, (N), кг / Increase in water bioresources, (N), kg
	шт./га / PCs / ha	на площади (9,4117 га) / on the square			
Лещ / Bream	15	139,293	600	5	83,58
Густера / Bream	32	297,408	160	3	47,59
Плотва / Roach	79	745,403	180	3	134,17
Карась / Crucian	62	583,523	280	3	163,39
Окунь / Perch	26	240,938	150	3	36,14
Линь / Line	6	52,705	230	3	12,12
Красноперка / Rudd	8	71,529	160	4	11,44
Щука / Pike	4	33,882	900	4	30,49
Синец / Sinesc	1	7,529	190	3	1,43
Всего / Total	233	2164,682	x	x	520,35

Таблица 7 – Сравнительная эффективность экологической реабилитации водные биоресурсы ерика Суходол, тыс. руб.

Table 7 – Comparative effectiveness of environmental rehabilitation Erika Sukhodol bioresources collection, thousand rub.

Показатели / Indicators	Экологический ущерб / Environmental damage			Предотвращенный ущерб (эффект мелиоративных мероприятий) / Prevented damage (effect of reclamation measures)		
	Кормовые организмы / Forage organisms	Ихтиофауна / Ichthyofauna	Итого / Subtotal	Кормовые организмы / Forage organisms	Ихтиофауна / Ichthyofauna	Итого / Subtotal
Зона сверхнормативной мутности / Zone of excess turbidity	5,922	11,702	17,624	6,751	12,638	19,389
Забор воды с грунтом / The diversion of water from the soil	50,928	93,417	144,345	55,002	106,495	161,497
Водоотлив насосом / Drainage by pump	1227,028	2286,504	3513,532	1460,163	2400,829	3860,992
Утрата нагульных площадей (дно) / Loss of feeding areas (bottom)	7382,685	1659,422	9042,107	8120,953	1758,987	9879,94
Утрата нерестовых площадей / Loss of spawning areas	–	1346,462	1346,462	–	2100,481	2100,481
Нарушение водосборной площади / Violation of the catchment area	–	2,242	2,242	–	6,412	6,412
Всего / Total	8665,963	5409,749	14075,71	9642,869	6385,842	16028,71
Эффективность экологической реабилитации, доли / The effectiveness of environmental rehabilitation, of valleys						1,14

Для оценки мелиоративных мероприятий необходимо провести расчет вероятностного экологического ущерба и рыбохозяйственной эффективности при реабилитации ерика Суходол (таблица 7).

Гарантированный срок эксплуатации восстановленного водоема составляет 10 лет. Период достижения параметров реабилитации водоемов системы ерика Суходол при восстановлении его продукционной способности после проведения гидромеханических работ составляет 3 года. Таким образом, гарантированный срок эффективности реабилитационных мероприятий для водных биологических ресурсов системы ерика Суходол составит 5 лет.

Таблица 8 – Стоимость реализации проекта экологической реабилитации

Table 8 – Cost of implementing an environmental rehabilitation project

№№ п/п	Наименование работ и затрат / Name of works and costs	Количество, тыс. руб. / Quantity, thousand rubles	Структура, % / Structure. %
1	Подготовка территории	30385,45	17,3
2	Основные объекты, всего, в т. ч.	97467,52	55,4
2.1	Техническая реабилитация	63482,06	36,1
2.2	Биологическая реабилитация	18973,56	10,8
2.3	Лесовосстановление	15011,90	8,5
3	Временные здания и сооружения	4362,57	2,5
4	Прочие затраты	17413,82	9,9
5.	НДС (20 %)	26290,72	14,9
	Итого затрат	175920,18	100

Таблица 9 – Эколого-экономические показатели проектных мероприятий

Table 9 – Environmental and economic indicators of project activities

Наименование показателей / Name of indicators	Ед. изм. / Item	Величина показателя / The value of the index	
		общие / general	удельные / specific
1	2	3	4
1. Технический этап рекультивации / 1. Technical stage of reclamation			
Протяженность ерика / The length of /eric	км / km	20,09	
Протяженность участков очистки от донных отложений / Length of bottom sediment removal sites	км / km	7,49	
Ширина по дну / The bottom width	м / m	3-40	
Заложение откосов / The Foundation slopes		2,5	
Глубина выемок / The depth of the recesses	м / m	1,5-2,0	
2. Биологический этап реабилитации / 2. Biological stage of rehabilitation			
Расчистка площадей от камыша / Clearing the area from reeds	га / ha	34,51	
Компенсационные посадки деревьев, взамен удаленных для технологических проездов / Compensatory planting of trees, instead of remote ones for technological driveways	шт. / pc.	6244	
Посадка кустарников / Planting shrubs	шт. / pc.	12240	
Лесовосстановительные работы взамен вырубленных на землях лесфонда для временных технологических проездов / Reforestation works to replace those cut down on the land of the forest Fund for temporary technological passages	шт. / pc.	15880	
3. Сметная стоимость строительства / 3. Estimated cost of construction			

Окончание таблицы 9

1	2	3	4
Всего, в т. ч. / Total, including	млн руб. / million rub.	175,92	
- строительно-монтажные работы / construction and installation works	млн руб. / million rub.	78,752	
-технический этап реабилитации / technical stage of rehabilitation	млн руб. / million rub.	63,482	
- биологический этап реабилитации / biological stage of rehabilitation	млн руб. / million rub.	15,012	
- лесовосстановительные работы / reforestation works	млн руб. / million rub.	18,974	
4. Показатели эффективности инвестиций / 4. Indicators of efficiency of investments			
Улучшение качества жизни населения / Improving the quality of life of the population	тыс. руб./чел. / thousand rub./person.	1557	113
Обводнение территории (Пл оз + 2 км от береговой линии) / Watering of the territory (PL оз + 2 km from the coastline)	тыс. руб./га / thousand rub. / ha	13,4	13128
Эколого-экономическая эффективность реабилитационных мероприятий / Ecological and economic efficiency of rehabilitation measures	руб./руб. кап- вложений / rub/rub of capex	8,14	
Продолжительность инвестиционного цикла (в т ч 2 нерестовых периода 2,4*2=4,8 мес.) / The duration of the investment cycle (in t h 2 spawning periods) is 2.4*2=4.8 months.)	мес. / month	19,4	

Эффективность мероприятия определяется как отношение суммы потенциально-го ущерба к стоимости мероприятия по охране водного объекта: $\mathcal{E} = 1431623/175920,418=8,14$ руб./руб. на 1 руб. капвложений.

Выводы. Разработаны этапы комплексной экологической реабилитации ерика Суходол Волгоградской области. Проведена научно-исследовательская оценка биоресурсов, предложены мелиоративные мероприятия, а именно технической и биологической реабилитации, которые приведут к увеличению рыбопродуктивности водоема. Технический этап мелиоративных мероприятий включает в себя комплекс работ по геопластике рельефа водного объекта и прилегающей территории. Биологический этап предусматривает компенсационное лесовосстановление, комплекс агротехнических и рекультивационных работ, мелиоративных мероприятий по улучшению условий воспроизводства водных биоресурсов. Рассчитаны показатели прироста водных биоресурсов в результате качественного изменения бентосных компонентов ерика Суходол. Результаты исследований показали соотношение экологического и предотвращенного ущерба при реализации комплекса средозащитных мероприятий. Экономическая составляющая оценки реабилитационных мероприятий включает показатели эффективности инвестиций, социальный эффект от улучшения качества жизни населения, экологическую эффективность целевых показателей.

Таким образом, в результате проведения экологической реабилитации ерика Суходол будут достигнуты следующие целевые экологические показатели:

1. Восстановление древесно-кустарниковых сообществ на нарушенной территории.
2. Создание насаждений, приближенных по составу и структуре к природным сообществам.

3. Улучшение гидрологического и гидрохимического режима.
4. Предотвращение поступления в водный объект диффузного стока с селитебных территорий.

Библиографический список

1. Бондаренко Ю. В., Абдразаков Ф. К., Ткачев А. А. Повышение эффективности инженерно-мелиоративного обустройства родников и природниковых территорий // Научная жизнь. № 5. 2018. С. 56-66.
2. Васильева З. Е., Ахметшин А. А. Системная очистка и восстановление водоемов в аспекте реабилитации резервных источников водоснабжения г. Якутска // Водоочистка. №10. 2016. С. 20-24.
3. Гаджиев М. Д., Гуруев М. А. Оценка экономической эффективности мероприятий по экологической реабилитации озера Южный Агархан // Региональные проблемы преобразования экономики. № 4. 2013. С. 318-325.
4. Ефимова Н. Б. Критериальная система оценки экономической эффективности лесопользования малолесных регионов // Региональная экономика: теория и практика. 2016. № 6 (429). С. 81-98.
5. Заслоновский В. Н., Токарева О. Ю., Семенюк М. П. Применение интегрального показателя качества воды для выбора методов реабилитации водоемов, подверженных комплексному антропогенному воздействию // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 2. С. 42-53.
6. Милюткин В. А., Бородулин И. В., Стебков Н. Ф. Разработка механических систем для сбора донных отложений с целью экологической реабилитации водоемов // Ecological education and ecological culture of the population. 2016. С. 111-114.
7. Пахомов А. А. Мониторинг нарушенных земель и основные диагностические показатели деградационных явлений на орошаемых черноземах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 10 (144). С. 41-45.
8. Попов А. Н. Выбор приоритетных действий, направленных на экологическую реабилитацию непроточных и малопроточных озер // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 5. С. 68-89.
9. Темириканова А. В. Управление экологической реабилитацией в условиях устойчивости развития региона // Terra Economicus. 2013. Т. 11. № 1-2. С. 88-93.
10. Черных О. Н., Ханов Н. В., Бурлаченко А. В. Пути решения проблем комплексной экологической реабилитации и природоприближенного восстановления малых рек русских усадеб Москвы // Природообустройство. 2019. № 3. С. 98-103.
11. Шабанова А. В. Экологическая безопасность внутриквартальных рекреационных объектов, включающих пруды // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2015. № 3 (11). С. 122-126.
12. Шишкин И. А., Шишкин А. И., Жильникова Н. А. Современная концепция и методы нормирования техногенной нагрузки на водные объекты и предотвращение подтопления // Биосфера. 2018. № 2. С. 143-175.
13. Christopher J. E., Haggerty T. L., Crisman J. R. Rohr Direct and indirect effects of pine silviculture on the larval occupancy and breeding of declining amphibian species // Journal of Applied Ecology. 2019. P. 2652-2662.
14. Xu Jie, Xiao Yu, Xie Gaodi Analysis on the Spatio-temporal Patterns of Water Conservation Services in Beijing // Journal of Resources and Ecology. 2019. № 4 (10). P. 353-361.

Conclusions. Stages of complex ecological rehabilitation of Erik Sukhodol in the Volgograd region have been developed. A scientific and research assessment of bioresources was carried out, and reclamation measures were proposed, namely technical and biological rehabilitation, which will lead to an increase in the fish productivity of the reservoir. The technical stage of reclamation activities includes a set of works on geoplastics of the water body's topography and the surrounding area. The biological stage provides for compensatory

reforestation, a set of agrotechnical and reclamation works, and reclamation measures to improve the conditions for reproduction of aquatic bioresources. Indicators of growth of water bioresources as a result of qualitative changes in benthic components of Erik Sukhodol are calculated. The results of the research showed the ratio of environmental and prevented damage during the implementation of a set of environmental protection measures. The economic component of the evaluation of rehabilitation measures includes indicators of investment efficiency, the social effect of improving the quality of life of the population, and the environmental effectiveness of the target indicators. Thus, as a result of environmental rehabilitation of Erik Sukhodol, the following environmental targets will be achieved: restoration of tree and shrub communities in the disturbed area; creating plantings that are similar in composition and structure to natural communities; improving the hydrological and hydrochemical regime; preventing diffuse runoff from residential areas from entering the water body.

References

1. Bondarenko Yu. V., Abdrazakov F. K., Tkachev A. A. Povyshenie jffektivnosti inzhenerno-meliorativnogo obustrojstva rodnikov i prirodnikovyh territorij // Nauchnaya zhizn'. № 5. 2018. P. 56-66.
2. Vasil'eva Z. E., Ahmetshin A. A. Sistemnaya ochistka i vosstanovlenie vodoemov v aspekte reabilitacii rezervnyh istochnikov vodosnabzheniya g. Yakutska // Vodoochistka. №10. 2016. P. 20-24.
3. Gadzhiev M. D., Guruev M. A. Ocenka jekonomicheskoy jeffektivnosti meropriyatij po jkologicheskoy reabilitacii ozera Yuzhnyj Agarhan // Regional'nye problemy preobrazovaniya jekonomiki. № 4. 2013. P. 318-325.
4. Efimova N. B. Kriterial'naya sistema ocenki jekonomicheskoy jeffektivnosti lesopol'zovaniya malolesnyh regionov // Regional'naya jekonomika: teoriya i praktika. 2016. № 6 (429). P. 81-98.
5. Zaslonskij V. N., Tokareva O. Yu., Semenyuk M. P. Primenenie integral'nogo pokazatelya kachestva vody dlya vybora metodov reabilitacii vodoemov, podverzhennyh kompleksnomu antropogennomu vozdejstviyu // Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie. 2017. № 2. P. 42-53.
6. Milyutkin V. A., Borodulin I. V., Stebkov N. F. Razrabotka mehanicheskikh sistem dlya sbora donnyh otlozhenij s cel'yu jkologicheskoy reabilitacii vodoemov // Ecological education and ecological culture of the population. 2016. S. 111-114.
7. Pahomov A. A. Monitoring narushennyh zemel' i osnovnye diagnosticheskie pokazateli degradacionnyh yavlenij na oroshaemyh chernozemah // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 10 (144). P. 41-45.
8. Popov A. N. Vybory prioritnyh dejstvij, napravlenykh na jekologicheskuyu reabilitaciyu neprotochnykh i maloprotochnykh ozer // Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tehnologii, upravlenie. 2017. № 5. P. 68-89.
9. Temirkanova A. V. Upravlenie jekologicheskoy reabilitaciej v usloviyah ustojchivosti razvitiya regiona // Terra Economicus. 2013. T. 11. № 1-2. P. 88-93.
10. Chernyh O. N., Hanov N. V., Burlachenko A. V. Puti resheniya problem kompleksnoj jkologicheskoy reabilitacii i prirodopriblizhennogo vosstanovleniya malyh rek russkikh usadeb Moskvy // Prirodoobustrojstvo. 2019. № 3. P. 98-103.
11. Shabanova A. V. Jekologicheskaya bezopasnost' vnutrikvartal'nyh rekreacionnyh ob'ektov, vklyuchayuschih prudy // Nacional'naya bezopasnost' i strategicheskoe planirovanie. 2015. № 3 (11). P. 122-126.
12. Shishkin I. A., Shishkin A. I., Zhil'nikova N. A. Sovremennaya koncepciya i metody normirovaniya tehnogennoj nagruzki na vodnye ob'ekty i predotvraschenie podtopleniya // Biosfera. 2018. № 2. P. 143-175.
13. Christopher J. E., Haggerty T. L., Crisman J. R. Rohr Direct and indirect effects of pine silviculture on the larval occupancy and breeding of declining amphibian species // Journal of Applied Ecology. 2019. P. 2652-2662.
14. Xu Jie, Xiao Yu, Xie Gaodi Analysis on the Spatio-temporal Patterns of Water Conservation Services in Beijing // Journal of Resources and Ecology. 2019. № 4 (10). P. 353-361.

Authors Information

Ulanova Irina Alekseevna, associate Professor of the Department «Ecology and Economics of nature management» of the Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26.), candidate of economic Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5955-2043> irina301170@yandex.ru

Efimova Natalia Borisovna, associate Professor of the Department «Ecology and Economics of nature management» of the Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26.), candidate of economic Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5785-9321> efimova_84.08@mail.ru

Информация об авторах

Уланова Ирина Алексеевна, доцент кафедры «Экология и экономика природопользования» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат экономических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5955-2043> irina301170@yandex.ru

Ефимова Наталья Борисовна, доцент кафедры «Экология и экономика природопользования» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат экономических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5785-9321> efimova_84.08@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-15

GEOMORPHOLOGICAL FEATURES OF THE TERRITORY OF VOLGOGRAD AS BASIC CHARACTERISTICS THAT AFFECT THE CITY'S HEAT ISLAND

R. S. Omarov^{1,2}, S. S. Shinkarenko^{1,2}, O. Yu. Kosheleva¹

¹*Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia*

²*Volgograd State University, Volgograd, Russia*

Received 17.02.2020

Submitted 12.03.2020

The work was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research and the Administration of the Volgograd region in the framework of the scientific project No. 19-45-343001

Summary

The article presents the results of the analysis of geomorphological features of the territory of the city of Volgograd. Indicators such as altitude, exposure, and slope steepness can influence the formation of circulation mechanisms in the atmosphere above the city, contributing to the formation of a «heat island» above the city.

Abstract

Introduction. Urban heat island – the effect of increasing the temperature of the city compared to the temperature of the surrounding countryside. The relevance of research on the geomorphological features of urban landscapes and their impact on the thermal and radiation balance of the territory is due to the great significance of the data obtained for the organization of landscaping and planning of new buildings. **Object.** The object of research is Volgograd – a city in the South-Eastern part of European Russia, the administrative center of the Volgograd region. **Materials and methods.** Morphometric analysis of the territory of Volgograd is performed in the QGIS software based on the digital terrain model SRTM 3 ArcSecond. **Results and conclusion.** It is established that the height difference in the territory of Volgograd is 135-140 m. The pronounced hilly terrain creates an analogy of mountain-valley circulation in the surface layer of the atmosphere, which leads to a greater difference in air temperatures between high and low areas and the formation of zones of stagnation. One of the most important features of the Volgograd layout is the distribution of functional zones along the high-altitude terrain tiers. Areas of concentration of industrial, municipal and transport infrastructure, which provide the main contribution to the thermal "pollution" of the city's atmosphere, prevail in the range of heights from 5 to 60 m. Residential areas, especially multi-storey buildings, are also distributed mainly

on the lower tier of the city. More than 85 % of the recreational landscaping area is located in the height range of 85-135 m. Orientation of Volgograd in the meridional direction and crossing the gully network in the latitudinal direction, determined the prevalence in the city of north slopes and southern exposures, as the city was located on the eastern slopes of the Volga upland – a significant proportion of the slopes of eastern exposure. Most of the functional areas of Volgograd are confined to slopes up to 3°. Only low-rise residential and suburban buildings, as well as some special-purpose facilities are located on slopes of more than 3°.

Key words: *urban heat island, urban landscaping, digital terrain model, functional zoning, slope exposure, slope angle, atmospheric circulation, microclimate.*

Citation. Omarov R. S., Shinkarenko S. S., Kosheleva O. Yu. Geomorphological features of the territory of Volgograd as basic characteristics that affect the city's heat island. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 147-158 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-15.

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

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

УДК 551.4.02:551.5(470.45)

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДА КАК БАЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВЛИЯЮЩИЕ НА «ГОРОДСКОЙ ОСТРОВ ТЕПЛА»

Р. С. Омаров^{1,2}, лаборант-исследователь
С. С. Шинкаренко^{1,2}, кандидат сельскохозяйственных наук
О. Ю. Кошелева¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН», г. Волгоград

²Волгоградский государственный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.02.2020

Дата принятия к печати 12.03.2020

**Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда
фундаментальных исследований и Администрации Волгоградской области
в рамках научного проекта № 19-45-343001**

Актуальность. В статье представлены результаты анализа геоморфологических особенностей территории города Волгограда. Такие показатели, как высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склонов могут влиять на формирование циркуляционных механизмов в атмосфере над городом, внося определенный вклад в формирование «теплового острова» над городом. **Объект.** Объектом исследования является Волгоград – город в юго-восточной части европейской России, административный центр Волгоградской области. **Материалы и методы.** Функциональное зонирование территории города осуществлялось ручной векторизацией Генерального плана 2007 года. Морфометрический анализ территории Волгограда выполнен в программном обеспечении QGIS на основе цифровой модели рельефа SRTM 3 ArcSecond. **Результаты и выводы.** Установлено, что перепад высот на территории Волгограда составляет 135-140 м. Ярко выраженный холмистый рельеф создает в приземном слое атмосферы аналогию горно-долинной циркуляции, которая приводит к большему различию температур воздуха между повышенными и пониженными участками и образованию зон застоя. Одной из важнейших особенностей планировки Волгограда является распределение функциональных зон по высотным ярусам рельефа. Ареалы сосредоточения производственно-коммунальной и транспортной инфраструктуры, обеспечивающие основной вклад в тепловое «загрязнение» атмосферы города, преобладают в диапазоне высот от 5 до 60 м. Жилая зона, особенно многоэтажная застройка, также распределена преимущественно на нижнем ярусе города. Более 85 % зоны озеленения рекреационного назначения расположено в диапазоне высот 85-135 м. Ориентация

Волгограда в меридиональном направлении и пересечение его овражно-балочной сетью в широтном направлении предопределили преобладание на территории города склонов северной и южной экспозиций, а положение города на восточных склонах Приволжской возвышенности – значительную долю склонов восточной экспозиции. Большинство функциональных зон Волгограда приурочено к склонам до 3°. Только малоэтажная жилая и дачная застройки, а также часть объектов специального назначения расположены на склонах более 3°.

Ключевые слова: *городской остров тепла, городское озеленение, цифровая модель рельефа, функциональное зонирование, экспозиция склона, угол наклона склона, атмосферная циркуляция, микроклимат города.*

Цитирование. Омаров Р. С., Шинкаренко С. С., Кошелева О. Ю. Геоморфологические особенности территории Волгограда как базовые характеристики, влияющие на городской остров тепла. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 147-158. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-15.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В работах по антропогенному ландшафтоведению постоянно отмечается специфичность климата городов и его отдельных частей [9, 13, 14]. Для крупных российских городов можно говорить о мезоклиматическом эффекте, так как особенности атмосферной циркуляции над агломерациями, занимающими площадь в несколько сотен или даже тысяч квадратных километров, могут определять сезонный ход и повторяемость синоптических процессов на этих территориях, а также способны создавать собственные, более мелкие циркуляционные механизмы, трансформируя свойства приходящих на эту территорию воздушных масс [5]. Следствием этого становится существование такого явления, как «городской остров тепла» – эффект повышения температуры города по сравнению с температурой окружающей сельской местности.

Основными факторами, определяющими мезо- и микроклиматические различия в городе, являются экспозиция подстилающей поверхности, неровности мезорельефа, характер и распределение застройки и растительного покрова. Под действием этих и других факторов происходят преобразования радиационного и теплового баланса подстилающей поверхности в так называемом деятельном слое атмосферы [5, 9]. При этом каждый город уникален своим сочетанием физико-географических и урбанистических характеристик [1].

Актуальность исследований геоморфологических особенностей урболандшафтов и их влияния на тепловой и радиационный баланс территории обусловлена большой значимостью получаемых данных для организации озеленительных работ и планировки новостроек. Установлено, что с помощью такого мощного инструмента градостроительного планирования, как озеленение, возможно оказывать влияние на тепловые характеристики подстилающих поверхностей и приземного слоя воздуха, компенсируя, таким образом, негативные следствия перегрева в летний период [3, 9, 14].

Одним из наиболее эффективных методов при анализе вклада геоморфологических особенностей территории в функционирование геосистем является морфометрический анализ. Применение геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли позволяет существенно упростить получение количественных данных по рельефу, тем более что цифровые модели рельефа (ЦМР), такие как ASTER, GDEM и SRTM, находятся в свободном доступе в сети Интернет. С использованием ЦМР, в свою очередь, возможно быстрое создание серии тематических карт важнейших морфометрических показателей: гипсометрической карты, карт крутизны и экспозиций склонов и т.п.

Целью данного исследования является проведение геоморфологического анализа территории города Волгограда для установления естественных причин формирования «городского острова тепла».

Объект исследования. Волгоград – город в юго-восточной части европейской России, административный центр Волгоградской области с населением более 1 млн человек.

Рельеф города формируют овражно-балочная сеть и долины малых рек волжского склона Приволжской возвышенности. Непосредственно прилегающая к Волге часть города – Хвалынская абразионно-аккумулятивная терраса – низменная с абсолютными отметками 0-40 м. Западнее Волги на удалении 1-3 км находится цепь пологих холмов с абсолютными отметками 50-100 м – непосредственно восточный склон Приволжской возвышенности. Максимальная высота водоразделов на западных границах города достигает 120-140 м. На севере города по склонам речных долин Сухой и Мокрой Мечетки, Орловки, Царицы, на Мамаевом кургане средние углы наклона склонов составляют 4,5°–6,5°. Максимальная крутизна склонов наблюдается южнее долины балки Отрадной и составляет 6,5°–7,5°. В районе судоходного канала Волго-Дон Приволжская возвышенность переходит в Ергени и денудационно-аккумулятивную Сарпинскую низменность, что обуславливает равнинный характер территории самого южного – Красноармейского – района города.

Климат города формируется под влиянием континентальности: лето продолжительное, жаркое и сухое, зима холодная и малоснежная. За год выпадает около 400-420 мм осадков. Вторжение на территорию южных циклонов и стационарирование азиатского антициклона в зимнее время определяют преобладание широтного переноса воздушных масс. Летом циркуляция ослаблена, преобладают ветры западных и северо-западных румбов [7]. Средние температуры июля достигают отметки +23,6 градуса. Летом могут быть засухи и суховеи. Средняя температура января составляет -6,3 °С. На начало нынешнего столетия приходится несколько абсолютных температурных максимумов: январь и май 2007 года, август, сентябрь и ноябрь 2010 года, июль 2011 года, а также апрель, июнь и декабрь 2012 года. Эти месяцы стали самыми тёплыми за всю историю метеонаблюдений за климатом в Волгограде.

Материалы и методы. Геоморфологический анализ территории Волгограда выполнен в программном обеспечении QGIS в системе координат WGS-84 в проекции UTM Zone 38N на основе цифровой модели рельефа SRTM 3 ArcSecond.

Функциональное зонирование территории города осуществлялось ручной векторизацией Генерального плана 2007 года [6] в системе координат WGS-84 в проекции UTM Zone 38N. В нем выделено 8 функциональных зон: 1 – жилая, 2 – общественно-деловая, 3 – производственно-коммунальная зона, 4 – зона озелененных территорий рекреационного назначения (городские парки, скверы, бульвары, лесопарки, городские леса, зоны отдыха), 5 – зона инженерной и транспортной инфраструктур, 6 – зона озелененных территорий специального назначения (озеленение санитарно-защитных зон, питомники), 7 – зона коллективных садов и дач, 8 – зона объектов специального назначения (кладбища, полигоны ТКО, военные и иные режимные объекты).

Анализ расположения территорий функциональных зон в различных диапазонах высот выполняется с использованием цифровой модели рельефа ЦМР SRTM 3 ArcSecond и шейп-файлов, соответствующих границам функциональных зон. Извлечение свойств растра для отдельных полигонов (функциональных зон) происходит с помощью инструментов зональной статистики в QGIS. Полученный растр конвертируется в векторный слой, из которого производится выборка значений атрибутов по размахам высот.

Для анализа экспозиции склонов в QGIS проводится преобразование ЦМР в растровый слой экспозиции (Растр → Анализ → Экспозиция). Затем осуществляется фильтрация по 8 румбам экспозиции с помощью инструмента SimpleFilter. Отфильтрованный растр экспозиции векторизуется (Растр → Преобразование → Создание полигонов). Затем выполняется пересечение слоя векторизованной экспозиции со слоем административных районов или функциональных зон (Вектор → Геообработка → Пересечение), где в качестве исходного слоя выступает слой экспозиции, а слоя пересечения – административные районы или функциональные зоны. В результирующем слое пересечения в таблице атрибутов вычисляется площадь полученных контуров. После выполнения пересечения создаются центроиды полигонов по данному слою (Вектор → Обработка геометрии → Центроиды), которые разбиваются по румбам экспозиции (Вектор → Управление данными → Разбить векторный слой), где исходный слой – центроиды, признак классификации – поле со значениями румбов экспозиции, целевой каталог – папка, в которую будут сохранены результаты разбития. Затем проводится подсчет точек в полигоне (Вектор → Анализ → Подсчитать точки в полигоне). В данном случае удобно использовать пакетный режим обработки 8 окон для всех румбов.

Анализ углов наклона склонов выполняется аналогично алгоритму подсчета экспозиции, но для преобразования ЦМР в растр угла наклона необходимо использовать другую последовательность операций: Растр → Анализ → Крутизна.

Результаты и обсуждение. С одной стороны, «городской остров тепла» можно рассматривать как один из самых наглядных примеров мезомасштабного изменения климата в результате деятельности человека, так как основной причиной его возникновения называют модификацию подстилающей поверхности застройкой, повышенную концентрацию загрязняющих веществ, удерживающих уходящее излучение, и выделение техногенного тепла [12, 15]. Однако, с другой стороны, говорить о полностью антропогенном происхождении теплового эффекта над городом нельзя. Последние достижения дистанционного зондирования окружающей среды городов показали наличие циклической конвекции в атмосфере над крупными городами [4, 5, 10]. К тому же известны работы [2], рассматривающие геоморфологические особенности территории города как существенный фактор формирования мезо- и микроклиматической неоднородности.

Дело в том, что при существенном перепаде высот поле температуры в приземном слое воздуха неоднородно по вполне естественным причинам. В условиях холмистого рельефа ночью и зимой в тихую погоду при ясном небе охлажденный воздух, образовавшийся на выпуклых формах рельефа, как более тяжелый, стекает вниз по склону и скапливается в понижениях, образуя так называемые «озера холода». Для Волгограда такими «озерами холода», в первую очередь, становятся балки и овраги. Начало стоковых явлений возможно уже при углах наклона порядка нескольких градусов и при относительных превышениях 10-12 м [7]. Верхняя часть холма при этом становится более теплой, чем его подножие, так как стекающий воздух заменяется более теплым из прилегающих слоев атмосферы. За счет такого перераспределения холодного воздуха в холмистом рельефе возникают весьма большие градиенты ночных и зимних температур.

С градостроительной точки зрения на тепловой режим влияют размер и взаиморасположение функциональных зон относительно друг друга, особенно таких контрастных, как производственная и рекреационная. Поэтому создание схем функционального зонирования и их актуализация является многофункциональным средством анализа городских ландшафтов по различным показателям, в том числе и мезо- и микроклиматическим. Функциональные зоны являются удобными территориальными еди-

ницами для проведения морфометрического анализа территории Волгограда для целей градостроительства и озеленения. К тому же в рамках функциональных зон, как правило, известно соотношение застроенных и озелененных территорий, непосредственно влияющих на формирование теплового баланса урболандшафтов. Городские насаждения являются особым фактором, который стабилизирует окружающую среду, снижает суммарную нагрузку городской среды, а также обеспечивает устойчивое развитие экологического каркаса территории Волгограда. Для Волгограда составлена цифровая схема функционального зонирования (рисунок 1), состоящая из 8 shape-полигонов границ функциональных зон.

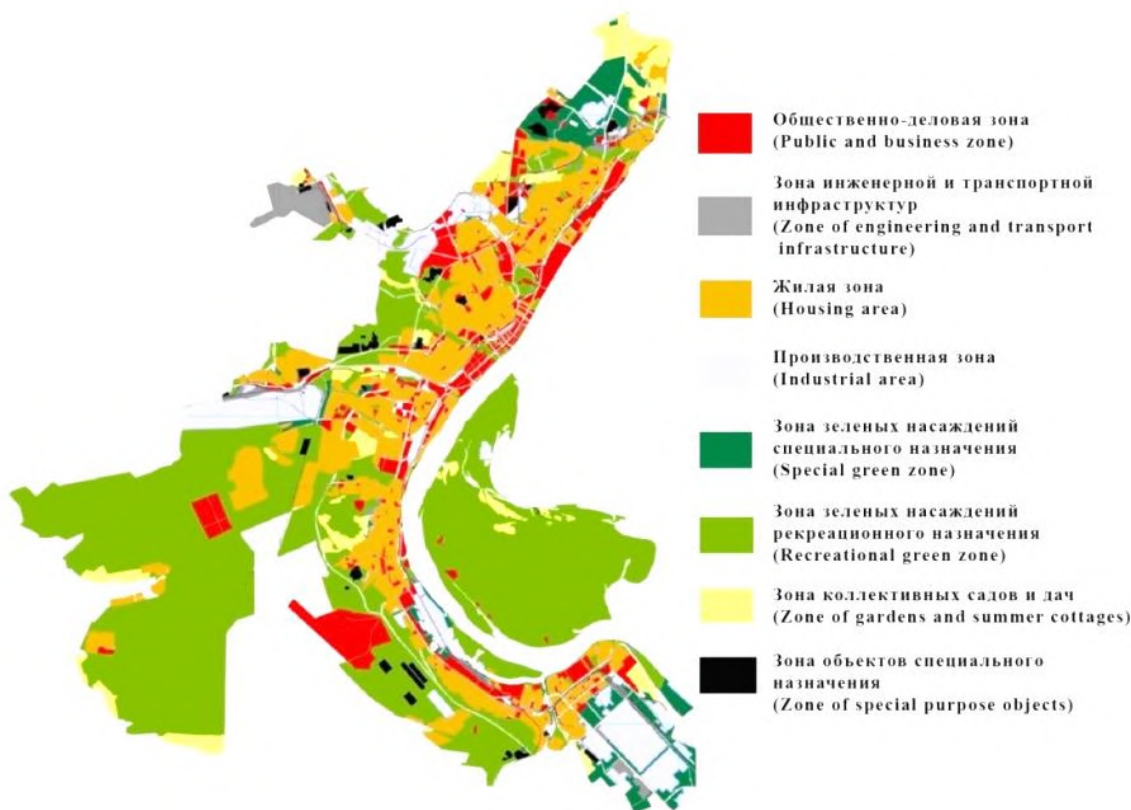


Рисунок 1 – Функциональное зонирование г. Волгограда

Figure 1 – Functional zoning of Volgograd

Территория Волгограда, за исключением самой южной её части, имеет ярко выраженный холмистый рельеф с перепадом высот до 135-140 м. Это обуславливает четко выраженную ярусность территории, а одной из особенностей планировки города является приуроченность функциональных зон к тем или иным высотным ярусам, имеющим долготное простираание параллельно реке (рисунок 2).

Основные функциональные зоны, обеспечивающие существенный вклад в тепловое «загрязнение» атмосферы города: производственно-коммунальная, транспортная, общественно-деловая, сосредоточены в диапазоне высот от 5 до 60 м. Жилая зона, особенно многоэтажная застройка, также распределена преимущественно на нижнем ярусе города. В первом приближении данная территория является местом постоянного столкновения двух потоков воздушных масс. Особенно ясно это выражено в ночное время, когда по выше-описанному механизму начинается стоковое движение воздушных масс с восточных склонов Приволжской возвышенности, а навстречу им дует ночной бриз с Волги.

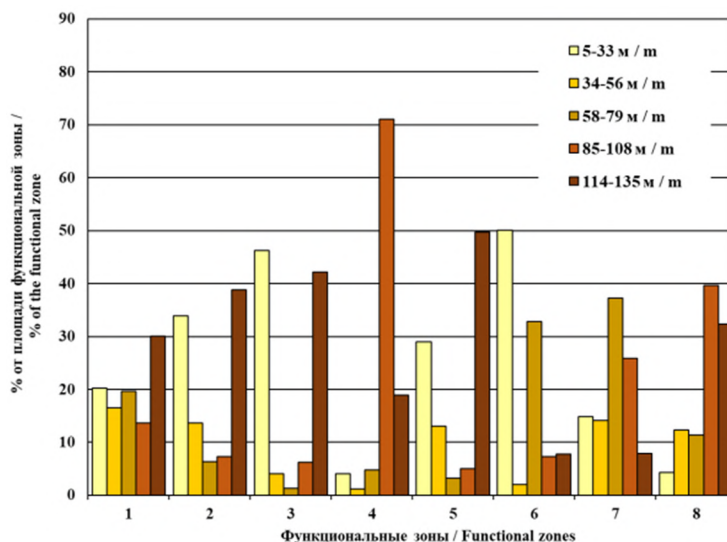


Рисунок 2 – Распределение функциональных зон Волгограда по высотным ярусам, в % от площади функциональной зоны (обозначение функциональных зон см. в тексте)

Figure 2 – Distribution of functional zones of Volgograd by high-rise tiers, in % of the area of the functional zone (see the text for functional zones)

Значительный вклад в площадь жилой и производственной застройки, а также транспортной инфраструктуры вносит «северо-западный клин» территории Дзержинского и частично Краснооктябрьского районов города, который расположен на высотах более 80 м. Большая часть (более 85 %) зоны озеленения рекреационного назначения расположена в диапазоне высот 85-135 м – это преимущественно территория лесопаркового комплекса вдоль западных границ города, лесные насаждения так называемого «Зеленого кольца» Волгограда. За пределы жилой и общественно-деловой застройки также вынесены объекты специального назначения: кладбища и полигоны ТКО расположены, в основном, на территориях выше 80 м.

Таким образом, сложный рельеф города создает в приземном слое атмосферы аналогию горно-долинной циркуляции [2]. Это приводит к образованию зон застоя и выхолаживания воздушных масс в понижениях и к большому различию температур воздуха между повышенными и пониженными участками. При этом наибольший вклад в образование нисходящих потоков воздуха вносят открытые пространства (сельхозугодья), а древесно-кустарниковая растительность из-за высокого уровня шероховатости препятствует движению воздушных масс.

Наряду с высотой над уровнем моря, тепловой баланс территории определяется также экспозицией и крутизной склонов. Ориентация Волгограда в меридиональном направлении и пересечение его овражно-балочной сетью в широтном направлении предопределили преобладание на территории города склонов северной и южной экспозиций, а положение города на восточных склонах Приволжской возвышенности – значительную долю склонов восточной экспозиции (рисунок 3).

В средних широтах северного полушария на склонах южной экспозиции угол падения солнечных лучей ближе к прямому, чем на горизонтальной поверхности. Склоны северной экспозиции получают прямые лучи под очень острыми углами («скользящие» лучи), а при большой крутизне в дневные часы получают только рассеянную радиацию. Отсюда существенные различия в прогревании воздуха и почвы, режиме увлажнения (в частности, скорости снеготаяния и иссушения почвы) и других

элементах микроклимата. Разность температур на южных и северных склонах холмов в дневное время и ясную погоду может достигать у земной поверхности несколько градусов [8]. При этом в пасмурную погоду различия в температуре на склонах сглаживаются. Если склоны ориентированы на восток, то максимальная температура достигается утром, а если на запад – то вечером [5]. Наложение функциональных зон максимального антропогенного воздействия и с минимальным озеленением (производственно-коммунальная, транспортная и общественно-деловая) на теплые склоны южных экспозиций может усилить тепловой эффект земной поверхности.

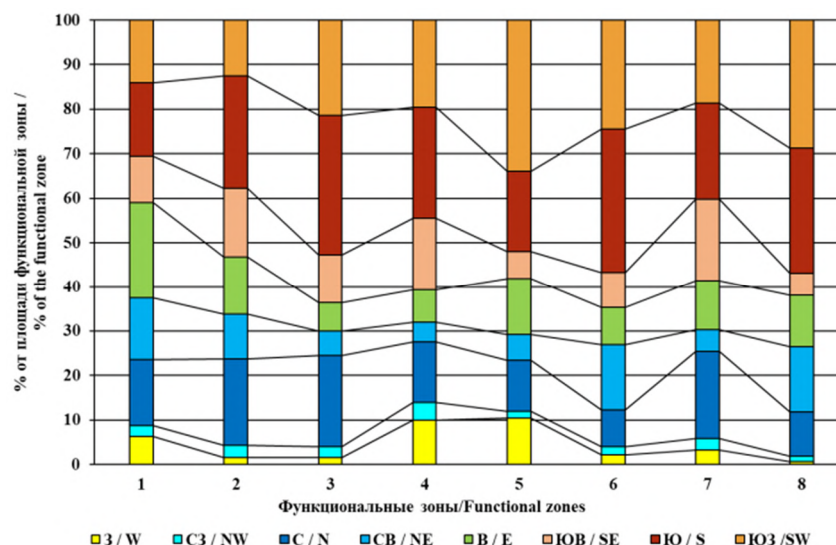


Рисунок 3 – Распределение функциональных зон по экспозициям склонов, в % от общей площади района

Figure 3 – Distribution of functional zones by slope exposures, in % of the total area of the district

Изменение температуры поверхности также зависит от угла наклона склона, так как меняется угол падения солнечных лучей. В целом, чем круче склон, тем большему нагреванию он подвергается. Большинство функциональных зон Волгограда приурочено к склонам до 3° [5]. Плотность застройки, как правило, уменьшается с увеличением углов наклона земной поверхности [11]. Только малоэтажная жилая и дачная застройки, а также часть объектов специального назначения расположены на склонах более 3° (рисунок 4).

В случае с Волгоградом не происходит большого наложения производственных и жилых пространств на участки с большой крутизной склона, поэтому говорить о существенном влиянии данного геоморфологического фактора на усугубление «тепловых аномалий» в городе не приходится.

56,3 % территории жилой зоны сосредоточено на высотах до 80 м и 81,1 % – к склонам до 3° , что благоприятно с точки зрения планировки и размещения транспортных объектов. Высокий процент жилой зоны (30,1%) на высотах свыше 115 м обусловлен большим клином застройки в Дзержинском районе (Жилгородок, Семь ветров, Ангарский). В распределении участков общественно-деловой и производственно-коммунальной зоны наблюдается та же особенность: большая часть (свыше 33 %) сосредоточена на высотах до 35 м и уклонах до 3° с выклиниванием Дзержинского района. Зоны озеленения четко приурочены к различным высотным ярусам. Зона озеленения специального назначения расположена в диапазоне высот 5-56 м – это парки, скве-

ры, бульвары и зоны отдыха, чередующиеся с элементами жилой, общественно-деловой и производственной зон города. 89,9 % зоны озеленения рекреационного назначения приурочены к западным границам города и восточным склонам Приволжской возвышенности – это городские леса и лесопарки «Зеленого кольца». Зона коллективных садов и дач (71,0 %), а также объекты специального назначения (83,4 %) вынесены за границы жилой и общественно-деловой застройки на высоты свыше 60 м.

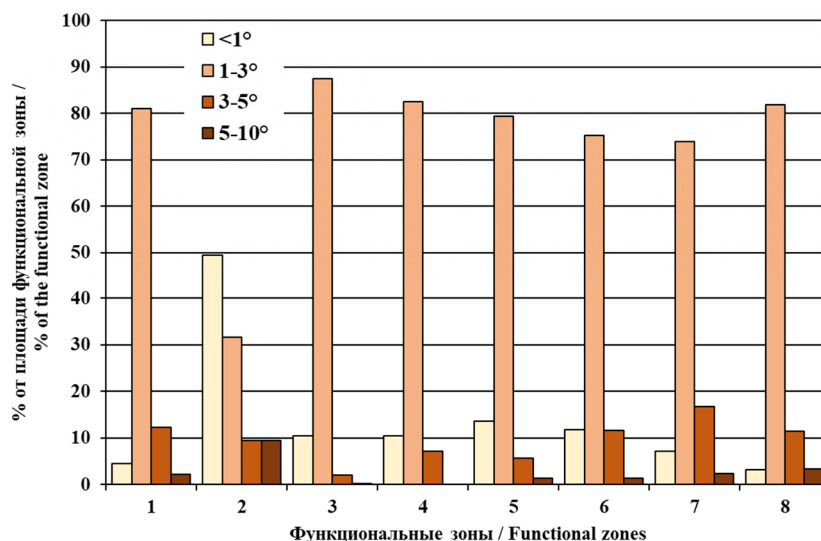


Рисунок 4 – Распределение функциональных зон Волгограда по участкам с различным углом наклона склонов местности, в % от площади функциональной зоны

Figure 4 – Distribution of functional zones of Volgograd by areas with different slope angles of the terrain, in % of the area of the functional zone

Выводы. В геоморфологическом отношении город Волгоград представляет собой холмистую местность, расчлененную густой овражно-балочной сетью. Выровненные поверхности приурочены к абразионно-аккумулятивной террасе вдоль правого берега Волги и Сарпинской низменности на юге. В этих условиях особенности функционального зонирования, которое отражает распределение застройки, озеленения, промышленной и транспортной инфраструктуры, накладываются на геоморфологическую специфику урбанизированной территории, создавая уникальные микро- и мезоклиматические сочетания.

Жилая зона сосредоточена на высотах до 80 м (56,3 % территории) и склонах до 3° (81,1 %). Общественно-деловая (33,2 %) и производственно-коммунальная (46,2 %) зоны также приурочены к участкам с высотами до 35 м и углами наклонов склона до 3°. Зоны озеленения четко приурочены к различным высотным ярусам: зона озеленения специального назначения (52,1 %) расположена в диапазоне высот 5-56 м, большая часть зоны озеленения рекреационного назначения (89,9 %) приурочена к западным границам города. Зона коллективных садов и дач (71,0 %) и объекты специального назначения (83,4 %) вынесены за границы жилой и общественно-деловой застройки на высоты свыше 60 м.

Исследования показали, что такие геоморфологические параметры, как высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склонов сами по себе, без учета промышленного и транспортного теплового загрязнения, потенциально могут оказывать и, несомненно, оказывают значительное влияние на формирование теплового баланса территории и распределение его элементов, и их необходимо учитывать при дальнейшем изучении эффекта «теплового острова» города Волгограда, а также при планировании системы городского озеленения.

Библиографический список

1. Бруслова Н. Е., Кузнецова И. Н., Нахаев М. И. Тепловое возмущение мегаполиса на фоне региональной неоднородности поля приземной температуры // Труды Гидрометцентра России. 2017. Вып. 365. С. 22-34.
2. Геоморфологические факторы формирования «острова тепла» в г. Апатиты / В. И. Демин, Б. В. Козелов, Н. И. Елизарова, Ю. В. Меньшов // Physics of Auroral Phenomena: proc. XXXIX Annual Seminar, Apatity. 2016. С.154-157.
3. Кошелева О. Ю. Зелёный пояс Волгограда как объект мониторинга // Научно-агрономический журнал. 2017. № 2. С. 42-44.
4. О циркуляции воздушных масс в «тепловых островах» городов / В. И. Горный, В. К. Донченко, Д. А. Самуленков, М. В. Сапунов, О. В. Бровкина, С. Г. Крицук, И. Ш. Латыпов, А. А. Тронин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14., № 4. С. 207-212.
5. Попова И. В., Куролап С. А., Виноградов П. М. Моделирование «городского острова тепла» средствами геоинформационного анализа // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2018. № 2(5). С. 87-95.
6. Решение об утверждении Генерального плана Волгограда (с изменениями на 28.06.2017) [Электронный ресурс] // Волгоград. Официальный сайт администрации г. Волгограда. – Режим доступа: <http://www.volgadmin.ru/d/branches/grad/citybuilding/genplan/> (дата обращения 14.02.2019).
7. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ФНИЦ агроэкологии РАН, 2017. 333 с.
8. Соколова Г. Г. Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений // Acta Biologica Sibirica. 2016. № 2 (3). С. 34-45.
9. Спутниковое картирование риска перегрева поверхности городской среды (на примере Санкт-Петербурга) / С. Г. Крицук, В. И. Горный, И. Ш. Латыпов, А. А. Павловский, А. А. Тронин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16., № 5. С. 34-44.
10. Теплофизические свойства поверхности городской среды (по результатам спутниковых съемок Санкт-Петербурга и Киева) / В. И. Горный, С. Г. Крицук, И. Ш. Латыпов, А. А. Тронин, А. В. Киселев, О. В. Бровкина, В. Е. Филиппович, С. А. Станкевич, Н. С. Лубский // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14., № 3. С. 51-66.
11. Харченко С. В. Морфометрическая обусловленность застройки крупных городов Черноземья // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География и геоэкология. 2013. № 2. С. 71-78.
12. Huang Q., Lu Y., Ulhoi J. The effect of urban heat island on climate warming in the Yangtze river delta urban agglomeration in China // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2015. No. 12 (8). P. 8773-8789.
13. Hu L., Brunsell N. A. A new perspective to assess the urban heat island through remotely sensed atmospheric profiles // Remote Sensing of Environment. 2015. V. 158. P. 393–406.
14. Keshtkaran R. Urban landscape: a review of key concepts and main purposes // International Journal of Development and Sustainability. 2019. Vol. 8, № 2. P. 141-168.
15. Wang G. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: methods, applications, and trends // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2009. Vol. 64, № 4. P. 335-344.

Conclusions. In geomorphological terms, the city of Volgograd is a hilly area, divided by a dense gully-beam network. The leveled surfaces are confined to the abrasive-accumulative terrace along the right Bank of the Volga and the Sarpinsk lowland in the South. In these conditions, the features of functional zoning, which reflects the distribution of development, landscaping, industrial and transport infrastructure, are superimposed on the geomorphological specifics of the urbanized territory, creating unique micro- and mesoclimatic combinations.

The residential area is concentrated at altitudes up to 80 m (56,3 % of the territory) and slopes up to 3° (81,1 %). Public-business (33,2 %) and industrial-communal (46,2 %) zones are also confined to areas with heights up to 35 m and slope angles up to 3°. Landscaping zones are clearly confined to different high-rise tiers: the special purpose landscaping zone (52,1 %) is located in the range of heights of 5-56 m, most of the recreational landscaping zone (89,9 %) is confined to the western borders of the city. The zone of collective gardens and cottages (71,0 %) and special-purpose objects (83,4 %) were moved beyond the boundaries of residential and public-business buildings to heights of more than 60 m.

Studies have shown that geomorphological parameters such as altitude, exposure and slope steepness alone, without taking into account industrial and transport thermal pollution, can potentially have and undoubtedly have a significant impact on the formation of the thermal balance of the territory and the distribution of its elements, and they must be taken into account when further studying the effect of the "heat island" of the city of Volgograd, as well as when planning the urban landscaping system.

References

1. Brusova N. E., Kuznecova I. N., Nahaev M. I. Teplovoe vozmuschenie megapolisa na fone regional'noj neodnorodnosti polya prizemnoj temperatury // Trudy Gidrometcentra Rossii. 2017. Vol. 365. P. 22-34.
2. Geomorfologicheskie faktory formirovaniya "ostrova tepla" v g. Apatity / V. I. Demin, B. V. Kozelov, N. I. Elizarova, Yu. V. Men'shov // Physics of Auroral Phenomena: proc. XXXIX Annual Seminar, Apatity. 2016. P.154-157.
3. Kosheleva O. Yu. Zel'jonyj pojas Volgograda kak ob'ekt monitoringa // Nauchno-agronomicheskij zhurnal. 2017. № 2. P. 42-44.
4. O cirkulyacii vozdukhnykh mass v "teplovykh ostrovakh" gorodov / V. I. Gornyy, V. K. Donchenko, D. A. Samulenkov, M. V. Sapunov, O. V. Brovkina, S. G. Kricuk, I. Sh. Latypov, A. A. Tronin // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2017. Vol. 14., № 4. P. 207-212.
5. Popova I. V., Kurolap S. A., Vinogradov P. M. Modelirovanie "gorodskogoostrova tepla" sredstvami geoinformacionnogo analiza // Zhilishchnoe hozyajstvo i kommunal'naya infrastruktura. 2018. № 2(5). P. 87-95.
6. Reshenie ob utverzhdenii General'nogo plana Volgograda (s izmeneniyami na 28.06.2017) [Elektronnyj resurs] // Volgograd. Oficial'nyj sayt administracii g. Volgograda. - Rezhim dostupa: <http://www.volgadmin.ru/d/branches/grad/citybuilding/genplan/> (data obrascheniya 14.02.2019).
7. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasil'ev Yu. I. Pogoda i klimat Volgogradskoj oblasti. Volgograd: FNC agrojekologii RAN, 2017. 333 p.
8. Sokolova G. G. Vliyanie vysoty mestnosti, jekspozicii i krutizny sklona na osobennosti prostranstvennogo raspredeleniya rastenij // Acta Biologica Sibirica. 2016. № 2 (3). P. 34-45.
9. Sputnikovoe kartirovanie riska peregreva poverhnosti gorodskoj sredy (na primere Sankt-Peterburga) / S. G. Kricuk, V. I. Gornyy, I. Sh. Latypov, A. A. Pavlovskij, A. A. Tronin // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2019. Vol. 16., № 5. P. 34-44.
10. Teplofizicheskie svojstva poverhnosti gorodskoj sredy (po rezul'tatam sputnikovyx s'emok Sankt-Peterburga i Kiev) / V. I. Gornyy, S. G. Kricuk, I. Sh. Latypov, A. A. Tronin, A. V. Kiselev, O. V. Brovkina, V. E. Filippovich, S. A. Stankevich, N. S. Lubskij // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2017. Vol. 14., № 3. P. 51-66.
11. Harchenko S. V. Morfometricheskaya obuslovlennost' zastrojki krupnykh gorodov Chernozem'ya // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Geografiya i geojekologiya. 2013. № 2. P. 71-78.
12. Huang Q., Lu Y., Ulhoi J. The effect of urban heat island on climate warming in the Yangtze river delta urban agglomeration in China // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2015. No. 12 (8). P. 8773-8789.

13. Hu L., Brunsell N. A. A new perspective to assess the urban heat island through remotely sensed atmospheric profiles // *Remote Sensing of Environment*. 2015. V. 158. P. 393–406.
14. Keshtkaran R. Urban landscape: a review of key concepts and main purposes // *International Journal of Development and Sustainability*. 2019. Vol. 8, № 2. P. 141-168.
15. Wang G. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: methods, applications, and trends // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2009. Vol. 64, № 4. P. 335-344.

Authors Information

Omarov Roman Sergeevich, laboratory researcher of laboratory of geoinformation modeling and mapping of agroforestlandscapes of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), master's student of the department of geography and cartography, Volgograd State University (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 100), tel. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: omarov-r@vfanc.ru.

Shinkarenko Stanislav Sergeevich, researcher of the laboratory of geoinformation modeling and mapping of agroforestlandscapes of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), associate professor of the department of geography and cartography, Volgograd state University (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 100), candidate of agricultural sciences tel. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: vnialmi@bk.ru.

Kosheleva Olga Yurievna, senior researcher of the laboratory of geoinformation modeling and mapping of agroforestlandscapes of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), candidate of agricultural sciences, tel. 8(917)640-50-31, e-mail: olya_ber@mail.ru.

Информация об авторах

Омаров Роман Сергеевич, лаборант-исследователь лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), магистрант кафедры географии и картографии Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100), тел. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: omarov-r@vfanc.ru.

Шинкаренко Станислав Сергеевич, научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доцент кафедры географии и картографии Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 46-25-68, e-mail: vnialmi@bk.ru.

Кошелева Ольга Юрьевна, старший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(917)640-50-31, e-mail: olya_ber@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-16

YIELD OF SUNFLOWER HYBRIDS DEPENDING ON THE MOISTURE CONTENT OF CROPS IN THE BLACK SOIL OF THE VOLGOGRAD REGION

V. N. Churzin, A. O. Dubovchenko

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

Received 15.01.2020

Submitted 04.03.2020

The reported study was funded by RFBR, project number 19-316-90042

Summary

The methods of primary tillage for water consumption in sunflower crops and the influence of Helios Azot and Bor Molybdenum preparations on the growth, development and productivity of sunflower hybrids Tunk and Savannah were evaluated.

Abstract

Introduction. The introduction of new sunflower hybrids into production, which are characterized by high yield and oil content, is one of the reserves for increasing the gross production of sunflower seeds. For the study area, such hybrids are Tunka and savanna. **Object.** Methods of soil treatment, sunflower hybrids Tunka, savanna and the use of drugs Helius Nitrogen and Boron Molybdenum. **Materials and methods.** The experimental part of the work is carried out in the farm "Dubovchenko O. I." of the Elansky district of the Volgograd region. Bookmark experiments and related observations are made according to accepted techniques in Heartistically. **Results and conclusions.** It was Found that stable sunflower yields are formed with spring reserves of available moisture in the layer 0 ... 1.0 m for treatments from 148.6 to 170.0 mm. the amount of available moisture for treatment options for sunflower sowing changed slightly. In 2018, the total water consumption for the variants varied from 201.8 mm for dump processing, to – 202.3 mm for shallow+chisel. In 2019, due to precipitation during the growing season (may-September) in the amount of 235.0 mm, the total water consumption increased to 296.3 mm for dump processing, 284 mm for shallow processing, and 298.2 mm for the shallow+chisel processing option. In the structure of total water consumption in 2018, the share of soil moisture prevailed, which ranged from 71.1% for dump processing, 70.6% for shallow processing, and 71.2 % for the shallow+chisel variant. The share of soil moisture in crops in 2019, due to atmospheric precipitation, decreased in the options, respectively, to 44.8 %-42.1%. Studies have shown that the increase in total water consumption in the zone of southern chernozems of the Volgograd region to 284, -298.2 mm increases water consumption per unit of crop by increasing the share of precipitation in total water consumption to 55.2-57.9 %. On average, for two years, the Tunka hybrid has a higher yield on the dump processing variant on the Boron Molybdenum variant -3.17 t/ha. the sovan sunflower hybrid on this variant has 2.75 t/ha.

Key words: *methods of basic tillage, structure of total water consumption, growth regulators, oil content, yield.*

Citation. Churzin V. N., Dubrovchenko A. O. Yield of sunflower hybrids depending on the moisture content of crops in the black soil of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 158-167 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-16.

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

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

УДК 633.854.78:631.527.5:631.445.4(470.45)

УРОЖАЙНОСТЬ ГИБРИДОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОСЕВОВ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Н. Чурзин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. О. Дубовченко, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет

Дата поступления в редакцию 15.01.2020

Дата принятия к печати 04.03.2020

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 19-316-90042*

Введение. Внедрение в производство новых гибридов подсолнечника, которые характеризуются высокой урожайностью и масличностью, является одним из резервов увеличения валового производства семян подсолнечника. Для зоны исследования такими гибридами являются Тунка и Саванна. **Объект.** Способы обработки почвы, гибриды подсолнечника Тунка, Саванна и применение препаратов Гелиус Азот и Бор Молибден. **Материалы и методы.** Экспериментальная часть работы проводится в КФХ «Дубовченко О. И.» Еланского района Волгоградской области. Закладка опытов и сопутствующие наблюдения проведены согласно приня-

тым методикам в Госсортиспытании. **Результаты и выводы** Установлено, что устойчивые урожаи подсолнечника формирует при весенних запасах доступной влаги в слое 0-1,0 м по обработкам от 148,6 до 170,0 мм. Величина доступной влаги по вариантам обработки к посеву подсолнечника изменялась незначительно. В 2018 году суммарное водопотребление по вариантам изменялось от 201,8 мм по отвальной обработке до 202,3 мм на мелкой+чизель. В 2019 году за счет осадков периода вегетации (май-сентябрь) в количестве 235,0 мм суммарное водопотребление возрастало до 296,3 мм по отвальной обработке, 284 мм на мелкой и 298,2 мм на варианте обработки мелкая+чизель. В структуре суммарного водопотребления в 2018 году преобладала доля почвенной влаги, которая составила по вариантам от 71,1 % на отвальной обработке, 70,6 % на мелкой, 71,2 % на варианте мелкая+чизель. Доля почвенной влаги в посевах 2019 года за счет атмосферных осадков снижалась по вариантам соответственно до 44,8-42,1 %. Проведенные исследования показали, что возрастание суммарного водопотребления в зоне южных чернозёмов Волгоградской области до 284,0-298,2 мм повышает расход воды на единицу урожая за счет повышения долевого участия атмосферных осадков в суммарном водопотреблении до 55,2-57,9 %. В среднем за два года у гибрида Тунка выше урожайность на варианте отвальной обработки на варианте Бор Молибден – 3,17 т/га. У гибрида подсолнечника Саванна на данном варианте – 2,75 т/га.

Ключевые слова: *способы основной обработки почвы, структура суммарного водопотребления, регуляторы роста, масличность гибридов подсолнечника, урожайность гибридов подсолнечника, гибриды подсолнечника.*

Цитирование. Чурзин В. Н., Дубовченко А. О. Урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от влагообеспеченности посевов на черноземах Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 158-167. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-16.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В Волгоградской области значительные площади подсолнечника размещены в сухостепной зоне чернозёмных почв. В технологии возделывания подсолнечника оценка способов основной обработки почвы не проводилась, некоторые элементы технологии основной обработки почвы под подсолнечник нашли отражение в ряде работ по совершенствованию технологии возделывания подсолнечника [2, 3, 6, 10]. Оценка способов основной обработки почвы на водопотребление в посевах подсолнечника и влияния препаратов Гелиос Азот и Бор Молибден на рост, развитие и урожайность гибридов подсолнечника Тунка и Саванна. Подсолнечник размещался в севообороте после озимой пшеницы. Размер учетной делянки по способам основной обработки почвы по вариантам – 332 м², норма высева 60 тыс. всхожих семян на гектар, повторность 3-х кратная.

В последние годы исследования по разработке адаптивных технологий для повышения продуктивности подсолнечника представлены в работах многих авторов [1, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12].

Схема опытов. Изучаются следующие варианты обработки почвы:

1. Отвальная обработка на 0,28-0,30 м. 2. Мелкая обработка агрегатом (БДМ-4М) на глубину 0,12- 0,14м 3. Мелкая обработка агрегатом (БДМ-4М)+осеннее рыхление на 0,30-0,32 м.

Схема и дозы применения препаратов: Гелиос Азот – предпосевная обработка семян – рабочий раствор 2 л препарата + 10 л воды на 1 тонну семян. По вегетации – обработка в фазу образования корзинки 4 л/га, расход рабочего раствора – 200 л/га.

Бор Молибден – предпосевная обработка семян – 0,7 л препарата + 10 л воды на 1 тонну семян, обработка в фазу образования корзинки 2 л/га, расход рабочего раствора – 200 л/га.

Материалы и методы. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-316-90042/19 и плана научных исследований ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» при кафедре растениеводства селекции и семеноводства. Экспериментальная часть работы выполняется аспирантом кафедры в КФХ «Дубовченко О. И.» Еланского района Волгоградской области. Исследования включали лабораторные и полевые опыты, которые проводились по принятым методикам.

Содержание гумуса в пахотном слое – 4,85 %, содержание P_2O_5 – 22,4 мг/кг почвы, K_2O – 330 мг/кг почвы.

Для расчета запасов доступной влаги в слое 0,0...1,0 м учитывали фактическую влажность почвы в % от абс. сухой почвы, плотность сложения – 1,30 т/м³, влажность устойчивого завядания – 13,0 %.

Показатели водно-физических свойств почвы представлены на рисунке 1.

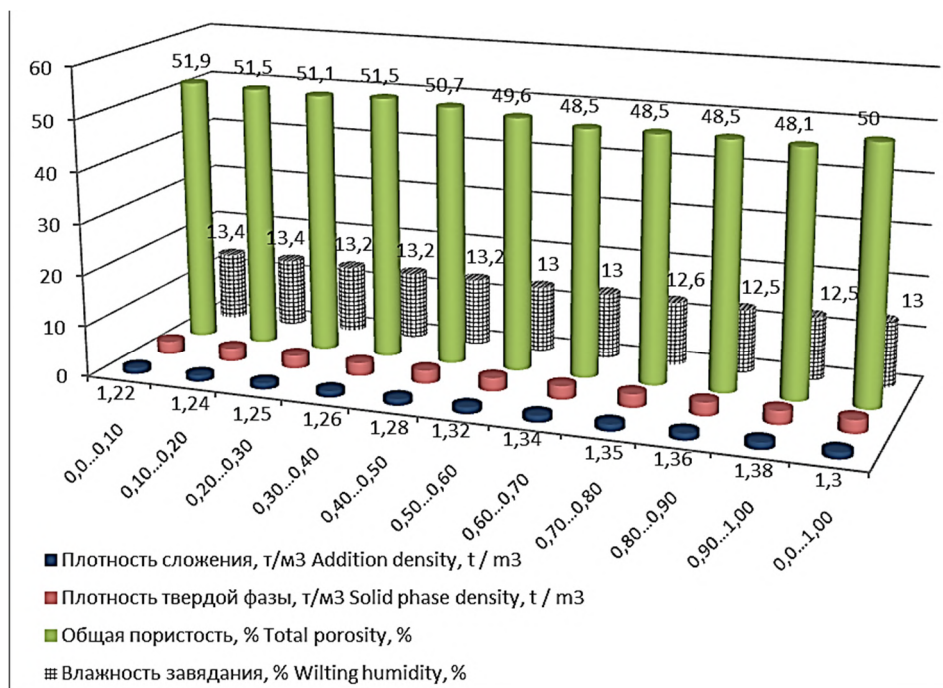


Рисунок 1 – Водно-физические свойства почвы опытного участка, 2018 год

Figure 1 – Water-physical properties of the soil of the experimental site, 2018

По отношению к влаге подсолнечник можно отнести к относительно засухоустойчивой культуре. На черноземах Волгоградской области, как показали исследования Г. А. Медведева и др. (2015), Дубовченко А. О., Чурзина В. Н. (2019), Чурзина В. Н., Дудниковой Н. Н. (2013), урожайность семян и масличность подсолнечника в значительной степени зависят от весенних запасов в слое 0,0-1,0 м доступной влаги и количества осадков по периодам вегетации подсолнечника, установлена значимая роль осадков в период цветения и налива семян [3, 6, 10].

Годы исследований характеризуются значительными изменениями как по количеству осадков за год, так и по осадкам в период вегетации подсолнечника, более выражено эти изменения наблюдались в 2019 году (рисунок 2).

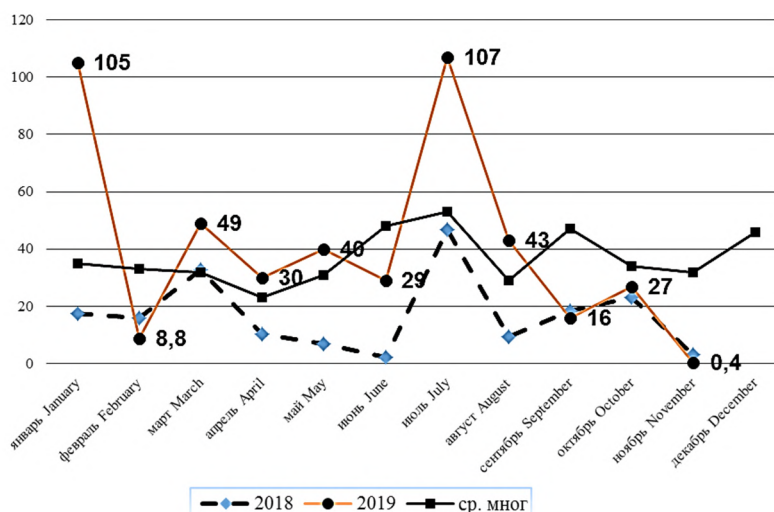


Рисунок 2 – Помесячное количество осадков (мм) в годы исследований (Еланская АМС)

Figure 2 – Monthly precipitation (mm) in the years of research (Elanskaya AMS)

Величина атмосферных осадков в период вегетации (май-сентябрь) выявила их роль в развитии растений и формировании величины урожая в посевах изучаемых гибридов. Рост и развитие растений в 2018 году при отсутствии осадков в период начала цветения (июнь-2,2 мм) обеспечивали весенние запасы доступной влаги. Значительное количество осадков в 2019 году в период массового цветения (107,0 мм) гарантировало стабильность почвенных запасов доступной влаги в последующие фазы роста. Значительные осадки в сентябре месяце, как показали наблюдения, могут оказывать и негативное влияние на продукционные процессы.

Данные рисунков 3 и 4 показывают, что колебания влажности почвы по годам в начальный период вегетации по фазам развития были близки, что связано с весенними запасами доступной влаги по вариантам обработок почвы. Величина влажности в период вегетации (цветение-уборка) в большей степени зависела от количества атмосферных осадков, что определяло величину суммарного водопотребления и доленое участие осадков в суммарном водопотреблении.

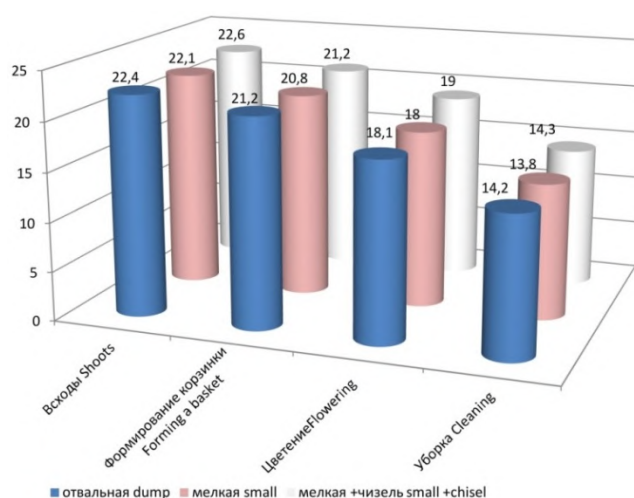


Рисунок 3 – Влажность почвы в посевах подсолнечника по вариантам обработки почвы по фазам роста, % от абс. сухой почвы, 2018 г.

Figure 3 – Soil moisture in sunflower crops by soil treatment options for growth phases, % of abs. dry soil, 2018

Данные рисунка 3 показывают, что в 2018 году влажность почвы в посевах подсолнечника в период всходов по обработкам составила от 22,4 % на отвальной обработке, 22,1 % на мелкой обработке и 22,6 % на варианте мелкая+чизель, что свидетельствует о том, что влажность посевного слоя по вариантам обработок практически одинакова. Малое количество осадков в начале цветения и последующие фазы при хороших весенних запасах доступной влаги и интенсивном водопотреблении не отразилось отрицательно на формировании урожая семян, притом что влажность почвы к уборке снизилась до уровня влажности, близкой к влажности устойчивого завядания (13,0 %).

В посевах 2019 года (рисунок 4) влажность почвы в фазе всходов составила на отвальной обработке 23,6 %, на мелкой обработке – 22,4 %, незначительно выше на варианте мелкая+чизель – 23,8 %. Влажность посевного слоя обеспечила высокую полевою всхожесть на всех вариантах обработки почвы. В последующие фазы роста до окончания цветения за счет значительного количества осадков влажность по обработкам находилась в значениях от 23,1 % на отвальной обработке, до 19,2 % на варианте мелкой обработки, что обеспечило налив семян и достаточную влажность (15,0-15,8 %) в конце созревания.

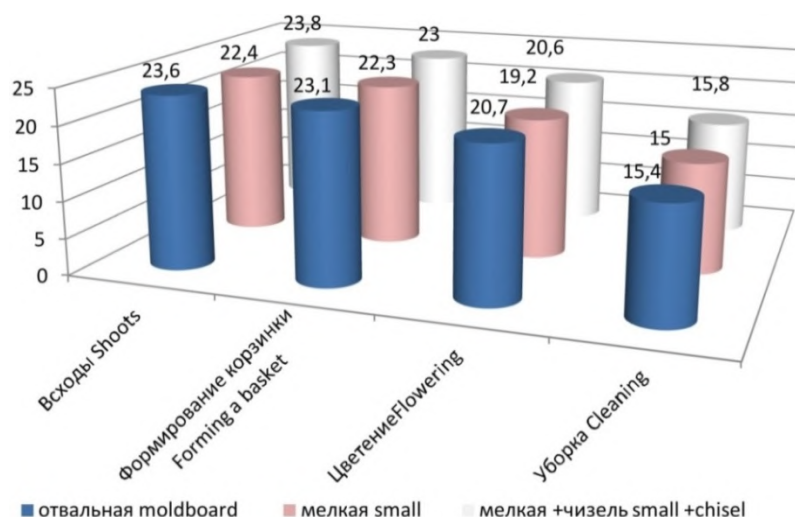


Рисунок 4 – Влажность почвы в посевах подсолнечника по вариантам обработки почвы по фазам роста, % от абс. сухой почвы, 2019 г.

Figure 4 – Soil moisture in sunflower crops by soil treatment options for growth phases, % of abs., dry soil, 2019

Исследования показали, что в среднем за два года урожаи от 2,33 до 3,19 т/га гибрид Тунка формирует при весенних запасах доступной влаги в слое 0-1,0 м по обработкам от 148,6 до 170,0 мм, при суммарном водопотреблении по годам исследований – от 197,2 до 296,3 мм, при доле участия осадков – от 28,8 до 57,9 % (рисунки 5, 6).

В 2018 году при суммарном водопотреблении на варианте отвальной обработки в количестве 201,8 мм и урожайности у гибрида Тунка по вариантам от 3,04 до 3,19 т/га, расход воды на 1 тонну семян достигал от 66,4 до 63,3 мм.

На мелкой обработке при суммарном водопотреблении 197,2 мм и урожайности по вариантам от 2,33 до 2,39 т/га расход воды на 1 тонну семян составил соответственно 84,6 мм и 82,5 мм.



Рисунок 5 – Структура суммарного водопотребления в посевах гибрида Тунка по вариантам обработки почвы, 2018 год, контроль (б/о)

Figure 5 – Structure of total water consumption in Tunka hybrid crops by tillage options, 2018, control (b/o)

При суммарном водопотреблении на варианте мелкая+чизель в количестве 202,3 мм и урожайности по вариантам от 2,35 до 2,42 т/га расход воды на 1 тонну семян повышался до 86,0-83,6 мм. Приведенные значения водопотребления на 1 тонну семян показывают, что по отвальной обработке эффективность использования почвенной влаги и атмосферных осадков выше.

В посевах 2019 года при суммарном водопотреблении от 296,3 мм по отвальной обработке, 284,0 мм по мелкой, – 298,3 мм на варианте мелкая+чизель, при урожайности по отвальной обработке по вариантам от 3,00 т/га до 3,15 т/га, на мелкой соответственно от 2,29 до 2,37 т/га и мелкая+чизель – от 2,33 до 2,44 т/га, расход влаги на 1 тонну семян по отвальной обработке составил от 98,7 мм до 94,0 мм, при 124,0...119,8 мм на мелкой обработке и 127,9...122,2 мм на мелкой+чизель.

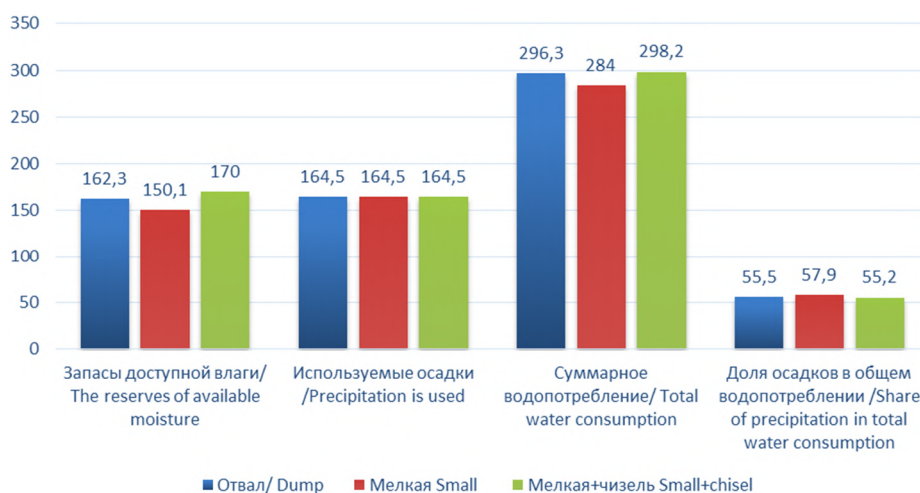


Рисунок 6 – Структура суммарного водопотребления в посевах гибрида Тунка по вариантам обработки почвы, 2019 год, контроль (б/о)

Figure 6 – Structure of total water consumption in Tunka hybrid crops by tillage options, 2019, control (b/o)

Проведенные исследования показали, что возрастание суммарного водопотребления в зоне южных чернозёмов Волгоградской области до 284-298,2 мм повышает расход воды на единицу урожая за счет повышения долевого участия атмосферных осадков в суммарном водопотреблении до 55,2-57,9 %.

В среднем за два года выше урожайность у гибрида Тунка на варианте отвальной обработки и составила на контроле 3,02 т/га, на варианте Гелиос Азот – 3,11 т/га, на варианте Бор Молибден – 3,17 т/га. У гибрида подсолнечника Саванна урожайность была ниже и соответственно по вариантам на отвальной обработке достигала 2,61; 2,71; и 2,75 т/га (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность гибридов подсолнечника по годам исследований, т/га

Table 1 – Yield of sunflower hybrids by years of research, t/ha

Вариант	Тунка / Tunka		Саванна / Savannah	
	2018	2019	2018	2019
Отвальная вспашка на 0,28-0,30 м (контроль) / Dump plowing at 0.28-0.30 m (control)				
Контроль (б/о) / Control (b/o)	3,04	3,00	2,60	2,62
Среднее за два года/ Average for two years	3,02		2,61	
Гелиос Азот / Helios Nitrogen	3,13	3,10	2,71	2,72
Среднее за два года / Average for two years	3,11		2,71	
Бор Молибден / Boron Molybdenum	3,19	3,15	2,74	2,75
Среднее за два года / Average for two years	3,17		2,75	
Мелкая обработка на 0,12-0,14 м / Fine processing at 0.12-0.14 m				
Контроль (б/о) / Control (b/o)	2,33	2,29	2,08	2,10
Среднее за два года / Average for two years	2,31		2,09	
ГелиосАзот / Helios Nitrogen	2,39	2,35	2,11	2,14
Среднее за два года / Average for two years	2,37		2,12	
БорМолибден / Boron Molybdenum	2,39	2,37	2,14	2,17
Среднее за два года / Average for two years	2,38		2,15	
Мелкая обработка + Чизель на 0,30-0,32 м / Fine processing + Numbers at 0.30-0.32 m				
Контроль (б/о) / Control (b/o)	2,35	2,33	2,29	2,30
Среднее за два года / Average for two years	2,34		2,19	
ГелиосАзот / Helios Nitrogen	2,42	2,40	2,39	2,41
Среднее за два года / Average for two years	2,41		2,40	
БорМолибден / Boron Molybdenum	2,42	2,44	2,41	2,43
Среднее за два года / Average for two years	2,43		2,42	

2018 год. НСР₀₅ (общ) – 0,23, А (гибриды) – 0,08, В(обработка) – 0,09,

С (питание) – 0,05, АВ – 0,16, АС – 0,13, ВС – 0,06, АВС – 0,09.

2019 год. НСР₀₅ (общ) – 0,23, А (гибриды) – 0,08, В(обработка) – 0,09,

С (питание) – 0,09, АВ – 0,16, АС – 0,13, ВС – 0,27, АВС – 0,19.

Выводы. Значения влажности почвы по способам основной обработки почвы весной и в начальный период вегетации по фазам развития были близки, что связано со значительным количеством осадков в осенний и зимний периоды.

Исследования показали, что урожаи от 2,33 т/га до 3,19 т/га гибрид Тунка формирует при весенних запасах доступной влаги в слое 0-1,0 м по обработкам от 148,6 до 170,0 мм, при суммарном водопотреблении по годам исследований от 197,2 до 296,3 мм, при доле участия осадков от 28,8 до 57,9 %.

Библиографический список

1. Больдисов Е. А., Бушнев А. С. Продуктивность гибридов подсолнечника в Курской области и Краснодарском крае в зависимости от норм высева семян. 2017. С. 58-62.

2. Большисов Е. А. Экологическая адаптивность гибридов к различным почвенно-климатическим условиям в зависимости от некоторых элементов агротехники // Масличные культуры. 2015. Вып.2 (162). С. 40-49.

3. Дубовченко А. О., Чурзин В. Н. Агротехническая оценка способов основной обработки почвы и применения удобрений в технологии возделывания подсолнечника на черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 36 (55). С. 127-134.

4. Насиев Б. Н., Есентужина А. Н., Бушнев А. С. Продуктивность подсолнечника в зависимости от сроков посева в Западном Казахстане // Масличные культуры. 2019. Вып.1 (177). С. 48-54.

5. Подлесный С. П., Бушнев А. С., Цику Д. М. Влияние норм высева на выполненность, объемную массу и массу 1000 семян новых и перспективных сортов и гибридов подсолнечника // Масличные культуры. 2018. Вып.2 (174). С. 47-54.

6. 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. Волгоград Волгоградский ГАУ. 2015. № 4 (40). С. 52-56.

7. Тишков Н. М., Дряхлов А. А. Отзывчивость гибридов подсолнечника на густоту стояния растений на черноземе выщелоченном Краснодарского края // Масличные культуры. 2016. Вып. 1 (165). С. 51-53.

8. Тишков Н. М., Тильба В. А., Шкарупа М. В. Влияние густоты стояния растений на продуктивность сортов крупноплодного подсолнечника // Масличные культуры. 2018. Вып. 2 (174). С. 41-46.

9. Урожайность подсолнечника и сои на черноземе выщелоченном в зависимости от технологии возделывания в Краснодарском крае / В. М. Кильдюшкин, А. Г. Солдатенко, Е. Г. Животовская, О. А. Подколзин // Масличные культуры. 2018. Вып. 2 (174). С. 71-74.

10. Чурзин В. Н., Дудникова Н. Н. Влияние способов основной обработки на микробиологическую активность почвы и урожайность подсолнечника на черноземах Волгоградской области // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса : Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 3 (31). С.82-86.

11. Correlation between heterosis and genetic distance based on SSR-markers in sunflower (*Helianthus annuus* L.) / S. Gvodenovic, D. Pankovic-Saftic, S. Jovic, V. Radic // Journal of Agricultural Sciences. 2009. Vol. 54. P. 1-10.

12. Use of sunflower cultivars with resistance to imidazolinone herbicides to control broomrape (*Orobanchecumana*) infection / J. Dominguez, J. Alvarado, J.L. Espinosa et al. // Proc. 16 International Sunflower Conference. 2004. Vol. 1. P. 181-186.

Conclusion. The values of soil moisture for the methods of basic tillage in the spring and in the initial period of vegetation for the development phases were close, which is associated with a significant amount of precipitation in the autumn and winter periods.

Studies have shown that yields from 2.33 t/ha to 3.19 t/ha Tunka hybrid forms with spring reserves of available moisture in the layer 0 ... 1.0 m for treatments from 148.6 to 170.0 mm, with total water consumption for the years of research from 197.2 to 296.3 mm, with a share of precipitation from 28.8 to 57.9 %.

References

1. Bol'disov E. A., Bushnev A. S. Produktivnost' gibridov podsolnechnika v Kurskoj oblasti i Krasnodarskom krae v zavisimosti ot norm vyseva semyan. 2017. P. 58-62.

2. Bol'disov E. A. Jekologicheskaya adaptivnost' gibridov k razlichnym pochvenno-klimaticheskim usloviyam v zavisimosti ot nekotoryh jlementov agrotehniki // Maslichnye kul'tury. 2015. Vol.2 (162). P. 40-49.

3. Dubovchenko A. O., Churzin V. N. Agrotehnicheskaya ocenka sposobov osnovnoj obrabotki pochvy i primeneniya udobrenij v tehnologii vozdeljvaniya podsolnechnika na chernozemah Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo Agrouniversitetskogo kompleksa : Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. Volgograd. Volgogradskij GAU. 2019. № 36 (55). P. 127-134.

4. Nasiev B. N., Esentuzhina A. N., Bushnev A. S. Produktivnost' podsolnechnika v zavisimosti ot srokov poseva v Zapadnom Kazahstane // Maslichnye kul'tury. 2019. Vyp.1 (177). P. 48-54.
5. Podlesnyj S. P., Bushnev A. S., Ciku D. M. Vliyanie norm vyseva na vypolnennost', ob'emnyu massu i massu 1000 semyan novyh i perspektivnyh sortov i gibridov podsolnechnika // Maslichnye kul'tury. 2018. Vol.2 (174). P. 47-54.
6. 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.
7. Tishkov N. M., Dryahlov A. A. Otzyvchivost' gibridov podsolnechnika na gustotu stoyaniya rastenij na chernozeme vyschelochennom Krasnodarskogo kraja // Maslichnye kul'tury. 2016. Vol. 1 (165). P. 51-53.
8. Tishkov N. M., Til'ba V. A., Shkarupa M. V. Vliyanie gustoty stoyaniya rastenij na produktivnost' sortov krupnoplodnogo podsolnechnika // Maslichnye kul'tury. 2018. Vol. 2 (174). P. 41-46.
9. Urozhajnost' podsolnechnika i soi na chernozeme vyschelochennom v zavisimosti ot tehnologii vzdelyvaniya v Krasnodarskom krae / V. M. Kil'dyushkin, A. G. Soldatenko, E. G. Zhivotovskaya, O. A. Podkolzin // Maslichnye kul'tury. 2018. Vol. 2 (174). P. 71-74.
10. Churzin V. N., Dudnikova N. N. Vliyanie sposobov osnovnoj obrabotki na mikrobiologicheskuyu aktivnost' pochvy i urozhajnost' podsolnechnika na chernozemah Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo Agrouniversitetskogo kompleksa : Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2013. № 3 (31). P. 82-86.
11. Correlation between heterosis and genetic distance based on SSR-markers in sunflower (*Helianthus annuus* L.) / S. Gvodenovic, D. Pankovic-Saftic, S. Jovic, V. Radic // Journal of Agricultural Sciences. 2009. Vol. 54. P. 1-10.
12. Use of sunflower cultivars with resistance to imidazolinone herbicides to control broomrape (*Orobanchecumana*) infection / J. Dominguez, J. Alvarado, J.L. Espinosa et al. // Proc. 16 International Sunflower Conference. 2004. Vol. 1. P. 181-186.

Author information

Churzin Viktor Nikolaevich, Professor of the Department of Plant breeding and seed production at the Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Prospekt, Volgograd, 400002, Russian Federation), doctor of agricultural Sciences. <https://orcid.org/0000-0002-2198-0277Rastenievodstvo44@mail.ru>

Dubovchenko Anton Olegovich, post-graduate student of the Department of crop Production, selection and seed production at the Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Prospekt, Volgograd, 400002, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-8935-9479d.dubowchenko@yandex.ru>

Информация об авторах

Чурзин Виктор Николаевич, профессор кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26) доктор сельскохозяйственных наук. <https://orcid.org/0000-0002-2198-0277Rastenievodstvo44@mail.ru>

Дубовченко Антон Олегович, аспирант кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26). <https://orcid.org/0000-0002-8935-9479d.dubowchenko@yandex.ru>

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-17

DEVELOPMENT OF THE MEAT LIVESTOCK INDUSTRY IN THE CONTEXT OF THE IMPLEMENTATION OF THE EXPORT-ORIENTED STRATEGY OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

M. I. Slozhenkina^{1,2}, I. F. Gorlov^{1,2}, M. A. Kholodova³, O. A. Kholodov⁴,
O. P. Shakhbazova⁵, A. A. Slozhenkina², D. A. Mosolova⁶

¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production,
Volgograd, Russia*

²*Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia*

³*All-Russian research Institute of Economics and standards-branch of the Federal state budgetary
institution FRANTS, Rostov-on-Don, Russia*

⁴*Rostov state University of Economics (RINH), Rostov-on-Don, Russia*

⁵*Don State Agrarian University*

⁶*Russian University of Economics. G. V. Plekhanov, Moscow, Russia*

Received 09.12.2019

Submitted 18.02.2020

*This work was performed under RF President Grant to support leading scientific schools
HII-2542.2020.11.*

Summary

Based on the methods of economic and mathematical modeling, the paper defines the main directions of development of the meat livestock industry, on which the quality and standard of living of the country's population largely depends.

Abstract

Introduction. Balanced nutrition of the population is one of the key tasks of the state, ensuring the health and life expectancy of the nation, sustainable development of the livestock industry and rural areas, import substitution and export of food. **Materials and methods.** The authors set out methodological approaches and the rationale for the forecast of the development of the domestic meat livestock industry based on the method of predictive extrapolation, in addition to the analysis of various curvilinear and rectilinear dependencies that characterize the studied economic processes and give the most optimal results. Forecast calculations were carried out using the software products "Forecast of institutional structural changes in agriculture" (AgrInStFor) and FAR-AREA, 4.0. Evaluation of the results of trend modeling was carried out in accordance with economic, mathematical and statistical criteria of reliability and accuracy, as well as using expert methods. **Results and conclusion.** Forecast calculations show that agricultural organizations with a production volume of 9,658.5 thousand tons will remain the main meat producers in the country in 2025 (an increase of 15.0 % compared to 2018). They will account for 83.9 % of the total meat produced, which is explained by the use of resource-saving, innovative, automatically controlled technologies in pig and poultry farming. The volume of meat production in K (F) X is expected to increase by 29.0 %, in households - on the contrary, it will decrease by 2025 to 1,442.6 thousand tons, amounting to 75.5 % of the level of 2018. Studies have shown that the sanctions regime and the implementation of an export-oriented strategy in the agricultural sector will not contribute to a change in the institutional structure of production of the main types of meat products. Thus, under the conditions of a non-resource-based model of economic growth, constructive and financially supported measures for the development of meat family farms will stimulate an increase in the number of cattle in peasant farms. In general, the proportion of cattle in small forms of management by 2025 can presumably be 57.5 %, in K (F) X - 21.9 %, respectively. Forecast calculations to determine the country's food self-sufficiency per capita by such a strategically important type of food as meat in the medium term allow us to distinguish three author's scenarios: The basic scenario I, which is based on the population of the Russian Federation at the level of 146.6 million

people, suggests that in 2025 the ability of agriculture to provide the country's population with meat will be 107.5 % of the norm. II optimistic scenario, calculated on the positive dynamics of the country's population growth in the medium term to 150.4 million people. in 2025, suggests that in the medium term, achieving food self-sufficiency in meat will be 104.8 % of normal. The III pessimistic scenario was developed from the point of view of reducing the population of the Russian Federation by 2025 to 144.2 million people. The forecast showed that the volume of meat production in 2025 will be 109.3 % of the norm per capita. The authors examined issues of both the production of the required amount of food and the tasks of ensuring the quality, safety, and sufficiency of products to ensure a balanced diet for the population of the main types of meat. It is shown that the actual level of food self-sufficiency in Russia with such a strategically important type of food as meat, as well as the production of its individual species is significantly lower than the norms recommended by scientific medicine. Thus, the production of beef and mutton in the country currently stands at 54.5 and 50.0 %, respectively, of the rational consumption rate. The forecast scenarios of food self-sufficiency of the country's population with domestic meat and its export component in the medium term are justified.

Key words: *meet cattle, accommodation of the livestock, meat production, methods of forecasting.*

Citation. Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Kholodova M. A., Kholodov O. A., Shakhbazova O. P., Slozhenkina A. A., Mosolova D. A. Development of the meat livestock industry in the context of the implementation of the export-oriented strategy of the agro-industrial complex. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 168-179 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-17.

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

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

УДК 631.153:636.033

РАЗВИТИЕ ОТРАСЛИ МЯСНОГО ЖИВОТНОВОДСТВА В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКСПОРТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СТРАТЕГИИ АПК

М. И. Сложенкина^{1,2}, доктор биологических наук,
член-корреспондент РАН, профессор

И. Ф. Горлов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, профессор

М. А. Холодова³, кандидат экономических наук, доцент

О. А. Холодов⁴, кандидат экономических наук, доцент

О. П. Шахбазова⁵, доктор биологических наук, профессор

А. А. Сложенкина², студент; **Д. А. Мосолова**⁶, студент

¹ ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции», г. Волгоград

² ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград

³ Всероссийский научно-исследовательский институт экономики и нормативов – филиал ФГБНУ ФРАНЦ, г. Ростов-на-Дону

⁴ ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет», г. Ростов-на-Дону

⁵ ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», Ростовская область, Октябрьский район, пос. Персиановский

⁶ Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, г. Москва

Дата поступления в редакцию 09.12.2019

Дата принятия к печати 18.02.2020

**Исследования выполнены по гранту Президента РФ для поддержки ведущих научных школ
НШ-2542.2020.11**

Актуальность. Сбалансированное питание населения является одной из ключевых задач государства, обеспечивающей здоровье и продолжительность жизни нации, устойчивое развитие отрасли мясного животноводства и сельской глубинки, импортозамещение и экспорт продоволь-

ствия. **Материалы и методы.** Авторами изложены методические подходы и дано обоснование прогноза развития отечественной отрасли мясного животноводства на основе метода прогнозной экстраполяции, в дополнении с анализом различных криволинейных и прямолинейных зависимостей, характеризующих изучаемые экономические процессы и дающих наиболее оптимальные результаты. Прогнозные расчеты проводились с использованием программных продуктов «Прогноз институциональных структурных изменений в сельском хозяйстве» (AgrInStFor) и FAR-AREA, 4.0. Оценка результатов трендового моделирования осуществлялась в соответствии с экономико-математическими и статистическими критериями надежности и точности, а также с применением экспертных методов. **Результаты и выводы.** Авторами рассмотрены вопросы производства необходимого количества продовольствия и поставлены задачи обеспечения качества, безопасности, достаточности продуктов для обеспечения сбалансированного питания населения страны основными видами мяса. Показано, что фактический уровень продовольственного самообеспечения России таким стратегически важным видом продовольствия, как мясо, а также производство отдельных его видов значительно ниже норм, рекомендованных научной медициной. Так, производство говядины и баранины в стране в настоящее время составляет 54,5 и 50,0 % соответственно от рациональной нормы потребления. Обоснованы прогнозные сценарии продовольственной самообеспеченности населения страны мясом отечественного производства и его экспортная составляющая в среднесрочной перспективе.

Ключевые слова: мясное животноводство, размещение поголовья сельскохозяйственных животных, производство мяса, методики прогнозирования.

Цитирование. Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Холодова М. А., Холодов О. А., Шахбазова О. П., Сложенкина А. А., Мосолова Д. А. Развитие отрасли мясного животноводства в условиях реализации экспортно-ориентированной стратегии АПК. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 168-179. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-17.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В период санкционных противоборств России со странами Запада вектор социально-экономической политики государства направлен на формирование несырьевой модели экономического роста национальной экономики. Приоритетным направлением в данном вопросе является развитие отрасли сельскохозяйственного производства и наращивание ее экспортного потенциала.

В последние пять лет Правительство РФ уделяет особое внимание совершенствованию нормативно-правовой базы регулирования аграрного производства, направленной на поддержку отраслей сельского хозяйства, модернизацию их материально-технической базы и экспортной составляющей.

Одной из наиболее уязвимых отраслей сельского хозяйства в условиях экспортно-ориентированной стратегии является отечественное животноводство. Реализуемые программы развития сельскохозяйственного производства на федеральном и региональном уровнях способствовали созданию определенных организационно-экономических условий для развития отрасли и стимулировали устойчивые тенденции удовлетворительного экономического роста в животноводстве. Так, за годы реализации политики продовольственного эмбарго темпы роста производства продукции животноводства составили в 2014 г. – 2,0 %, в 2015 г. – 3,1 %, в 2016 г. – 1,5 %, в 2017 г. – 2,8 %, в 2018 г. – 1,3 %. При этом в корне изменить ситуацию в отрасли мясного животноводства не удалось [7, 8].

Исследования показали, что в условиях реализации экспортно-ориентированной стратегии наибольшее отставание наблюдается в обеспечении населения страны основными видами продовольствия в производстве говядины и баранины. Так, удельный вес

отечественного производства по баранине составил 50,0 %, по говядине – 54,0 % от норм рекомендуемых научной медициной, что существенно ниже физиологической минимальной нормы потребления, обеспечивающей продовольственную независимость государства.

Смещение акцентов государственной аграрной политики от защитных мер протекционизма до наступательной стратегии экспансии отечественной сельскохозяйственной продукции на мировые рынки обусловило необходимость оценить возможности производства мяса в стране в соответствии с поставленными задачами на основе достигнутых показателей с помощью методов экономико-математического моделирования на период до 2025 г.

Материалы и методы. Известно, что производство продукции сельского хозяйства находится в прямой зависимости от большого количества факторов, часть из которых невозможно предсказать. В частности, предугадать траекторию развития отечественной отрасли животноводства в условиях высокой степени неопределенности по объему, структуре и качеству достаточно сложно. Поэтому для решения данной задачи воспользуемся методами трендового моделирования, которые с помощью различных криволинейных зависимостей (линейной, логарифмической, степенной, экспоненциальной) обеспечат достоверность прогнозируемых показателей. Эмпирической основой прогнозных расчетов явилась оценка тенденций развития отрасли в различных категориях хозяйств России за период 2009-2018 гг.

Прогнозные расчеты проводились с использованием программных продуктов «Прогноз институциональных структурных изменений в сельском хозяйстве» (AgrInStFor) и FAR-AREA, 4.0 [1].

На первом этапе прогнозирования нами были рассчитаны такие основные показатели, как объем производства мяса (в убойном весе) и численность поголовья сельскохозяйственных животных в отраслях скотоводства, свиноводства и овцеводства по категориям хозяйств. При разработке и обосновании прогнозируемых показателей всесторонне рассматривалась оценка достоверности каждого из математических расчетов.

На втором этапе прогнозирования обобщались и сравнивались полученные результаты с реальными тенденциями развития отрасли мясного животноводства.

Ретроспективный анализ развития отрасли мясного животноводства России свидетельствует, что отдельные аспекты современной агропродовольственной политики России наложили отпечаток на институциональную структуру производства основных видов продукции животноводства. Так, в настоящее время существенный удельный вес поголовья КРС, овец и коз приходится на малые формы хозяйствования (таблица 1).

В 2018 г. в хозяйствах населения и фермерских хозяйствах страны было сосредоточено 55,2 % поголовья КРС и 84,0 % поголовья овец и коз. Концентрация усилий малого агробизнеса на развитии отрасли мясного скотоводства и овцеводства связана с незначительными капитальными вложениями, отсутствием необходимости применения сложного технического оборудования, использованием дешёвых и доступных кормов.

Выбор национальных приоритетов определил развитие крупномасштабного конкурентоспособного производства. Так, в отечественных отраслях птицеводства и овцеводства созданы первые прообразы инновационных ферм будущего, функционирующих с применением иностранного капитала. В крупных агрокомплексах России в 2018 г. было сосредоточено 87,8 % поголовья свиней и 83,0 % поголовья птицы.

Таблица 1 – Состав и структура поголовья скота и птицы в России, % (2014-2018 гг.)

Table 1 – Composition and structure of livestock and poultry in Russia, % (2014-2018)

Год / Year	КРС / Cattle						Свиньи / Pigs					
	СХО / Agricultural associations		Хозяйства населения / Households		К(Ф)Х / Peasant farming		СХО / agricultural associations		Хозяйства населения / Households		К(Ф)Х / Peasant farming	
	Тыс. гол./ Thousands of heads	Удел. вес, %/ Unit weight, %	Тыс. гол./ Thousands of heads	Удел. вес, %/ Unit weight, %	Тыс. гол./ Thousands of heads	Удел. вес, %/ Unit weight, %	Тыс. гол./ Thousands of heads	Удел. вес, %/ Unit weight, %	Тыс. гол./ Thousands of heads	Удел. вес, %/ Unit weight, %	Тыс. гол./ Thousands of heads	Удел. вес, %/ Unit weight, %
2014	8522,7	45,0	8261,5	43,7	2135,7	11,3	15590,2	80,1	3431,7	17,6	429,7	2,2
2015	8447,8	45,4	7931,8	42,6	2241,3	12,0	17601,8	82,2	3335,3	15,6	468,4	2,2
2016	8355,9	45,5	7567,2	41,2	2423,0	13,2	18390,6	83,9	3079,5	14,0	454,6	2,1
2017	8252,2	45,1	7500,8	41,0	2541,3	13,9	19843,1	86,0	2805,9	12,2	426,6	1,8
2018	8140,0	44,8	7400,4	40,8	2611,7	14,4	20828,0	87,8	2520,9	10,6	377,7	1,6
Год / Year	Овцы и козы / Sheep and goats						Птица / Bird					
	СХО / Agricultural associations		Хозяйства населения / Households		К(Ф)Х / Peasant farming		СХО / agricultural associations		Хозяйства населения / Households		К(Ф)Х / Peasant farming	
	Тыс. гол./ Thousands of heads	Удел. вес, %/ Unit weight, %	Тыс. гол./ Thousands of heads	Удел. вес, %/ Unit weight, %	Тыс. гол./ Thousands of heads	Удел. вес, %/ Unit weight, %	Тыс. гол./ Thousands of heads	Удел. вес, %/ Unit weight, %	Тыс. гол./ Thousands of heads	Удел. вес, %/ Unit weight, %	Тыс. гол./ Thousands of heads	Удел. вес, %/ Unit weight, %
2014	4368,8	17,9	11500,2	47,0	8576,3	35,1	425374	81,1	90337	17,2	8540	1,6
2015	4346,9	17,7	11542,7	46,9	8716,9	35,4	445048	81,8	88952	16,4	9914	1,8
2016	4223,3	17,1	11352,5	45,9	9141,1	37,0	451539	82,1	88378	16,1	10252	1,9
2017	4050,8	16,6	11279,7	46,2	9058,6	37,1	460106	82,8	85874	15,4	9847	1,8
2018	3704,5	16,0	10735,4	46,4	8689,4	37,6	449289	83,0	83115,0	15,3	9090,0	1,7

Источник: Данные Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс].

URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 12.11.2019 г.)

Source: Data from the Federal State Statistics Service [Electronic resource]. URL: <http://www.gks.ru> (date of access: 11/12/2019)

Вместе с тем в скороспелых отраслях животноводства, обладающих целым рядом конкурентных преимуществ, численность поголовья сельскохозяйственных животных и птицы пока не достигла дореформенного уровня. В 2018 г. поголовье свиней в стране составило 61,9 % от уровня 1990 г., птицы – 82,0 % соответственно [3, 10].

Положительная динамика объемов производства мяса в стране характеризуется существенными перекосами в его структуре по видам (рисунок 1).

Несмотря на то что уровень самообеспеченности России по мясу в 2018 г. составил 92,8 % (против 85,0 %, обозначенных в Доктрине), производство отдельных видов мяса в расчете на душу населения не соответствует научно обоснованным нормам его потребления, и, соответственно, не обеспечивает сбалансированного питания населения (рисунок 2).

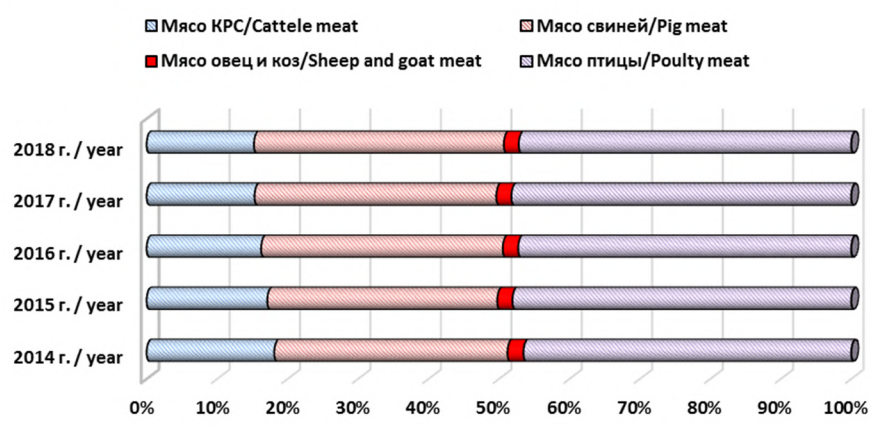


Рисунок 1 – Структура производства основных видов мяса в России за 2014-2018 гг., тыс. тонн
Источник: Данные Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс].
URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 12.02.2019 г.).

Figure 1 – The structure of production of the main types of meat in Russia for 2014-2018, thousand tons

Source: Data from the Federal State Statistics Service [Electronic resource].
URL: <http://www.gks.ru> (accessed: February 12, 2019).

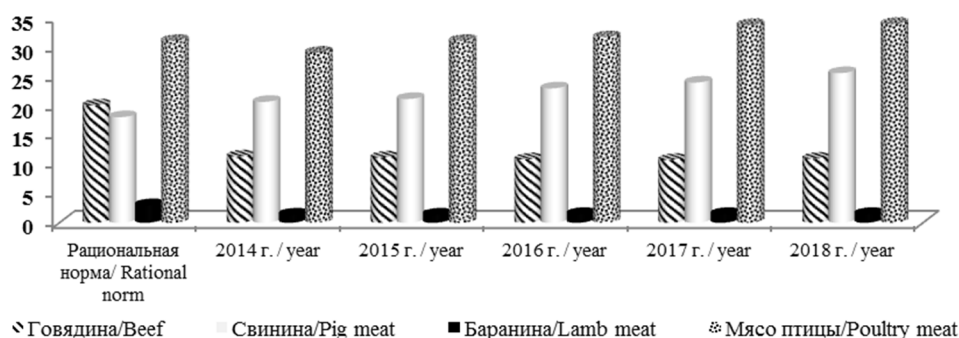


Рисунок 2 – Производство основных видов мяса в России в сравнении с рациональной нормой потребления за период 2014-2018 гг., кг/чел./год
Источник: Рассчитано авторами по результатам исследования.

Figure 2 – Production of the main types of meat in Russia in comparison with the rational consumption rate for the period 2014-2018, kg / person / year

Source: Calculated by the authors according to the results of the study.

Производство столь важной продукции, как баранина и говядина, в расчете на душу населения остается крайне низким. Исследования показали, что сельхозтоваропроизводителям отечественной отрасли мясного животноводства необходимо в два раза увеличить производство данных видов продовольствия для того, чтобы достичь рекомендуемого минимума [5, 9]. Дефицит белков животного происхождения представленных видов мяса в стране покрывается как за счет поступления на продовольственные рынки страны мяса птицы и свинины отечественного производства, так и за счет использования соевых белков в качестве пищевых добавок в мясной промышленности, что отрицательно отражается на здоровье нации.

Не секрет, что говядина является дорогостоящим диетическим видом мяса, производство которого зависит от платежеспособного спроса населения. В период обострения макроэкономической обстановки в стране, обусловленной санкционным

режимом, когда темпы реальных денежных доходов населения сократились со 107,1 % в 2014 г. до 100,7 % в 2016 г., рост уровня потребительских цен на говядину составил 26,5 %, баранину – 20,0 %. В сложившейся ситуации выход из кризиса отечественный отрасли мясного животноводства не представляется возможным.

Для определения прогнозных параметров развития отечественной отрасли мясного животноводства в формате многоукладности на период до 2025 г. нами был разработан прогноз объемов производства мяса с использованием целого ряда линейных и нелинейных трендовых моделей. Отбор наиболее достоверных результатов прогнозирования осуществлялся на основе нахождения наименьшего значения дисперсии. Согласно прогнозным расчетам в период с 2018 г. по 2025 г. производство мяса в стране предположительно может увеличиться на 8,3 %, составив 11516,2 тыс. тонн (таблица 2) [2].

Таблица 2 – Прогноз производства мяса по категориям хозяйств
в Российской Федерации на 2025 г.

Table 2 – Forecast of meat production by categories of farms in the Russian Federation for 2025

Наименование показателя / Name indicator	СХО / Agricultural associations			Малые формы хозяйствования / Small business forms					
				К(Ф)Х / Peasant farm			ЛПХ / Households		
	факт 2018 г. / fact 2018	прогноз 2025 г. / forecast 2025	2025 г. к 2018 г., % / 2025 to 2018, %	факт 2018 г. / fact 2018	прогноз 2025 г. / forecast 2025	2025 г. к 2018 г., % / 2025 to 2018, %	факт 2018 г. / fact 2018	прогноз 2025 г. / forecast 2025	2025 г. к 2018 г., % / 2025 to 2018, %
мясо, тыс. т / meat, thousand tons	8395,7	9658,5	115,0	321,9	415,1	129,0	1911,8	1442,6	75,5

Источник: разработано авторами по результатам исследования

Результаты. Прогнозные расчеты свидетельствуют, что основными производителями мяса в стране в 2025 г. останутся сельскохозяйственные организации с объемом производства 9658,5 тыс. тонн (рост в сравнении с 2018 г. на 15,0 %). На их долю будет приходиться 83,9 % всего объема произведенного мяса, что объясняется применением ресурсосберегающих, инновационных автоматически управляемых технологий в свиноводстве и птицеводстве.

Объем производства мяса в К(Ф)Х предположительно увеличится на 29,0 %, в хозяйствах населения – наоборот сократится к 2025 г. до 1442,6 тыс. тонн, составив 75,5 % от уровня 2018 г.

Исследования показали, что санкционный режим и реализация экспортно-ориентированной стратегии в АПК не будут способствовать изменению институциональной структуры производства основных видов продукции мясного животноводства. Так, в условиях несырьевой модели экономического роста конструктивные и обеспеченные финансовыми ресурсами мероприятия по развитию семейных ферм мясного направления будут стимулировать увеличение поголовья КРС в крестьянских фермерских хозяйствах (рисунки 3). В целом удельный вес поголовья КРС в малых формах хозяйствования к 2025 г. предположительно может составить 57,5 %, в К(Ф)Х – 21,9 % соответственно.

Несмотря на то что для получения высококачественного диетического мяса говядины необходимы дешевые сочные и грубые корма, откорм крупного рогатого скота по скороспелости серьезно уступает выращиванию поголовья свиней и птицы, поэтому в целом по стране поголовье КРС сократится с 18151,7 тыс. гол. в 2018 г. до

16719,5 тыс. гол. в 2025 г. (или на 7,9 %).

В частности, в сельскохозяйственных организациях поголовье КРС к 2025 г. сократится в сравнении с 2018 г. на 12,5 % и составит 7118,4 тыс. гол. Наиболее достоверные результаты при прогнозировании поголовья КРС в сельскохозяйственных организациях показал экспоненциальный вид зависимости, хотя имели место логарифмический, линейный, степенной (рисунок 3).

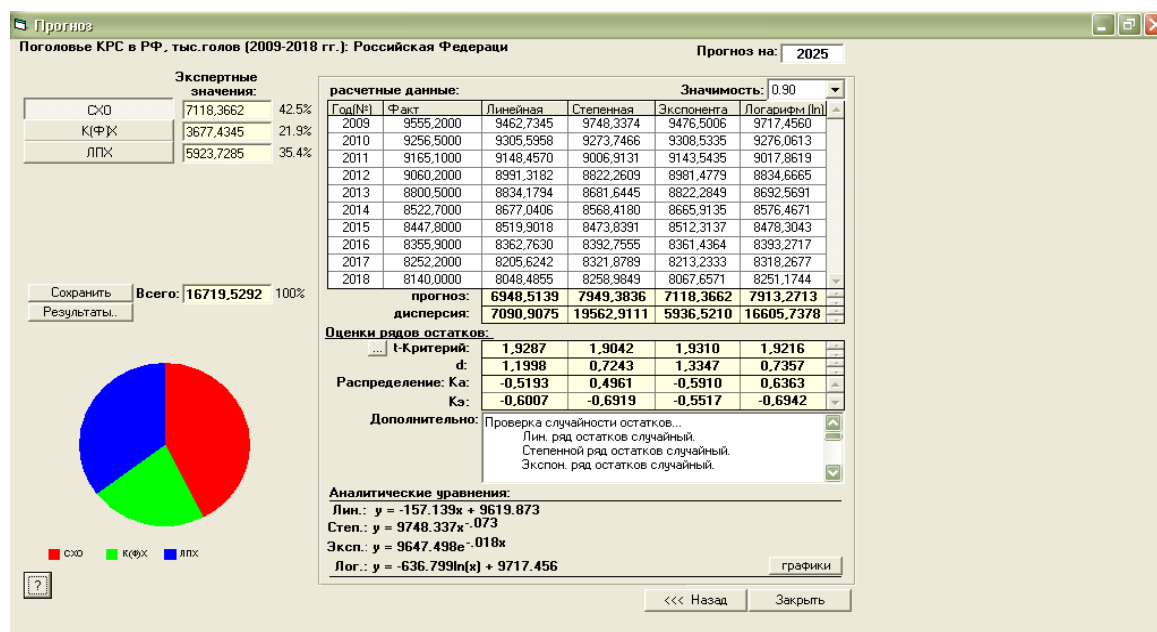


Рисунок 3 – Прогноз поголовья КРС по всем категориям хозяйств России на 2025 г. на основе использования программных продуктов «Прогноз институциональных структурных изменений в сельском хозяйстве» (AgrInStFor) и FAR-AREA, 4.0, тыс. гол.

Источник: разработано авторами по результатам исследования.

Figure 3 – Forecast of cattle stock for all categories of Russian farms for 2025 based on the use of software products «Forecast of institutional structural changes in rural Economy» (AgrInStFor) and FAR-AREA, 4.0, thousand goals.

Source: developed by the authors according to the results of the study.

Таким образом, существенного увеличения производства мяса говядины для сбалансированного питания населения страны и обеспечения продовольственной независимости в среднесрочной перспективе не ожидается.

В свиноводстве продолжают развитие крупные аграрные формирования, на их долю предположительно будет приходиться 89,8 % поголовья свиней, что на 2,0 % выше уровня 2018 г. (таблица 3).

Прогнозные параметры развития отечественной отрасли овцеводства с использованием данных за 2009-2018 гг. на основе трендовых расчетов свидетельствуют, что численность поголовья овец и коз в 2025 г. может существенно возрасти в сравнении с 2018 г. в К(Ф)Х – на 15,0 %, в хозяйствах населения рост может составить 3,3 %. В сельскохозяйственных организациях будет наблюдаться тенденция сокращения поголовья на 8,4 %.

Прогнозные расчеты по определению продовольственной самообеспеченности страны в расчете на душу населения таким стратегически важным видом продовольствия, как мясо, в среднесрочной перспективе позволяют выделить три авторских сценария (рисунок 4).

Таблица 3 – Сравнительный анализ поголовья сельскохозяйственных животных по всем категориям хозяйств РФ в 2018 г. и по прогнозу на 2025 г.

Table 3 – Comparative analysis of the livestock of agricultural animals for all categories of Russian farms in 2018 and according to the forecast for 2025

Наименование Показателей / Name indicators	СХО / Agricultural associations		К(Ф)Х / Peasant farm		ЛПХ / Households	
	факт 2018 г. / fact 2018	прогноз 2025 г. / forecast 2025	факт 2018 г. / fact 2018	прогноз 2025 г. / forecast 2025	факт 2018 г. / fact 2018	прогноз 2025 г. / forecast 2025
КРС, тыс. гол. / Cattle, thousand head	8140,0	7118,4	2611,0	3677,4	7400,0	5923,7
то же, % / also, %	44,8	42,5	14,4	22,0	40,8	35,5
Свиньи, тыс. гол. / Pigs, thousand head	20828	22886,1	377,7	283,5	2520,9	2314,8
то же, % / also, %	87,8	89,8	1,5	1,1	10,7	9,1
Овцы и козы, тыс. гол. / Sheep and goats, thousand head	3704,5	3394,0	8689,4	9992,6	10735,4	11091,1
то же, % / also, %	16,0	13,9	37,6	40,8	46,4	45,3

Источник: разработано авторами/ Source: developed by the authors.

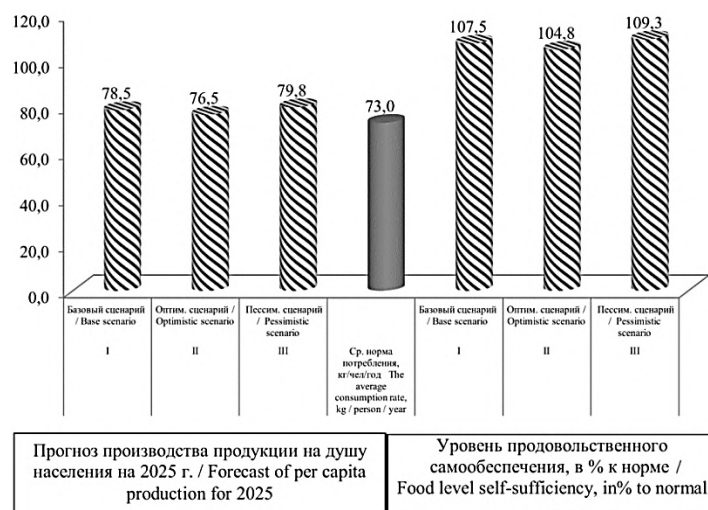


Рисунок 4 – Прогноз производства мяса в расчете на душу населения в РФ в 2025 г. с учетом реализации экспортно-ориентированной стратегии

Источник: разработано авторами.

Figure 4 – Forecast of meat production per capita in the Russian Federation in 2025, taking into account the implementation of an export-oriented strategy

Source: developed by the authors.

В базовой сценарий, в основе которого лежит численность населения РФ на уровне 146,6 млн чел., предполагает, что в 2025 г. способность сельского хозяйства обеспечить население страны мясом составит 107,5 % к норме.

II оптимистический сценарий, рассчитанный на положительную динамику роста численности населения страны в среднесрочной перспективе до 150,4 млн чел. в 2025 г., предполагает, что в среднесрочной перспективе достижение уровня продовольственной самообеспеченности по мясу составит 104,8 % к норме.

III пессимистический сценарий разработан с точки зрения сокращения численности населения РФ к 2025 г. до 144,2 млн чел. Прогноз показал, что объем производства мяса в 2025 г. составит в расчете на душу населения 109,3 % к норме.

Излишки мяса в среднесрочной перспективе могут быть реализованы на рынках стран дальнего и ближнего зарубежья. Так, начиная с 2010 г. 67 предприятий Белгородской области осуществляют поставки мяса свиней и птицы на экспорт в такие страны как Китай, Иран, Египет, Сингапур, ОАЭ, Саудовская Аравия и прочие.

Успехи в реализации мяса птицы под брендовым названием «Халяль» демонстрируют ведущие птицефабрики Татарстана по поставкам продукции в Саудовскую Аравию, Ирак, Катар.

С учетом формирования несырьевой модели экономического роста национальной экономики, основанной на экспорте продовольствия, рассчитанные прогнозные показатели по видам производства мяса в разрезе всех категорий хозяйств в целом по России подтверждают представленную выше положительную динамику развития отрасли мясного животноводства.

Так, перспективный объем экспорта с учетом сложившихся тенденций к 2025 г. может достигнуть 470,1 тыс. тонн, что на 32,6 % выше уровня 2018 г. (рисунок 5).

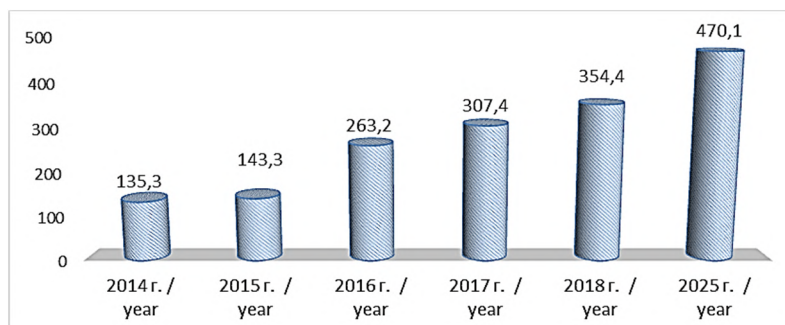


Рисунок 5 – Прогноз экспорта мяса сельхозтоваропроизводителями России на 2025 г., тыс. тонн
Источник: разработано авторами.

Figure 5 – Forecast of meat export by agricultural producers of Russia for 2025, thousand tons
Source: developed by the authors.

Выводы. Современная государственная аграрная политика в контексте реализации приоритетных стратегий и программ федерального и регионального значения в АПК позволила задать вектор несырьевой модели экономического роста национальной экономики, обеспечив решение проблемы продовольственной независимости страны, наращивая экспортный потенциал. Вместе с тем возможности отечественной отрасли мясного животноводства в плане обеспечения сбалансированного питания населения России по отдельным видам мяса в среднесрочной перспективе представляются достаточно сложными.

Библиографический список

1. Дерунова Е. А. Инструментарий оценки и прогнозирования динамики инновационности и конкурентоспособности продукции АПК // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 1. С. 65-70.
2. Петрунина И. В., Осянин Д. Н. Самообеспеченность мясом и мясными продуктами населения Российской Федерации // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. № 10. С.42-45.

3. Печеневский В. Ф., Снегирев О. И. Прогнозирование размещения производства продукции скотоводства в регионе // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 11. С. 43-47.

4. Предположительная численность населения РФ до 2035 г.: статистический бюллетень, Москва, 2018.URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения 9.12.2019).

5. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 19 августа 2016 г. № 614 «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания».URL:

6. <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/#ixzz5ib7cyI00>. (дата обращения 9.12.2019).

7. Семяшкин Е. Г. Экспорт продукции АПК России: текущее развитие и тренды // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2019. №4. С.33-36.

8. Холодова М. А., Холодов О. А. Перспективы развития агропромышленного производства России: прогнозы и тренды // Научное обозрение: теория и практика. 2019. Т. 9. № 4 (60). С. 465-481.

9. Diagnostics and management of the regional potential of food import phase-out / O. Bunchikov, L. Usenko, A. Usenko, E. Ponomareva, A. Kalashnikov // Espacios. 2018. V. 39. № 45.

10. Raskaliyev T. H., Yesmagulova N. D., Digilina, O. B Integration and Development of the Dairy Regions in the Eurasian Economic Union: Trends, Problems and Prospects // Economy of Region. 2019. V. 15(1). P.547-560.

11. The agricultural production and food industry development trends in the context of food security of Russia / I. A. Boldyreva, O. G. Andryushchenko, A. Yu. Nikitaeva, Z. V. Udalova, Janetta Rudash // Journal of environmental management and tourism. 2017. V. 8. № 4 (20). P. 642-647.

Conclusion. The modern state agrarian policy in the context of the implementation of priority strategies and programs of federal and regional significance in the agro-industrial complex has made it possible to set the vector of a non-resource model of economic growth of the national economy, providing a solution to the problem of food independence of the country, increasing export potential. At the same time, the possibilities of the domestic industry of beef cattle breeding to ensure a balanced nutrition of the population of Russia for certain types of meat in the medium term seem rather complicated.

References

1. Derunova E. A. Instrumentarij ocenki i prognozirovaniya dinamiki innovacionnosti i konkurentosposobnosti produkci APK // Jekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayuschih predpriyatij. 2019. № 1. P. 65-70.

2. Petrunina I. V., Osyanin D. N. Samoobespechennost' myasom i myasnymi produktami naseleniya Rossijskoj Federacii // Jekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayuschih predpriyatij. 2019. № 10. P.42-45.

3. Pechenevskij V. F., Snegirev O. I. Prognozirovanie razmescheniya proizvodstva produkci skotovodstva v regione // Jekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayuschih predpriyatij. 2018. № 11. P. 43-47.

4. Predpolozhitel'naya chislennost' naseleniya RF do 2035 g.: statisticheskij byulleten', Moskva, 2018.URL: <http://www.gks.ru> (data obrascheniya 9.12.2019).

5. Prikaz Ministerstva zdravooohraneniya RF ot 19 avgusta 2016 g. № 614 "Ob utverzhdenii Rekomendacij po racional'nym normam potrebleniya pischevyh produktov, otvechayuschih sovremennym trebovaniyam zdorovogo pitaniya".URL:

6. <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/#ixzz5ib7cyI00>. (data obrascheniya 9.12.2019).

7. Semyashkin E. G. Jeksport produkci APK Rossii: tekuschee razvitie i trendy // Ekonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayuschih predpriyatij. 2019. №4. P. 33-36.

8. Holodova M. A., Holodov O. A. Perspektivy razvitiya agropromyshlennogo proizvodstva Rossii: prognozy i trendy // Nauchnoe obozrenie: teoriya i praktika. 2019. T. 9. № 4 (60). P. 465-481.

9. Diagnostics and management of the regional potential of food import phase-out / O. Bunchikov, L. Usenko, A. Usenko, E. Ponomareva, A. Kalashnikov // Espacios. 2018. Vol. 39. № 45.

10. Raskaliyev T. H., Yesmagulova N. D., Digilina, O. B Integration and Development of the Dairy Regions in the Eurasian Economic Union: Trends, Problems and Prospects // Economy of Region. 2019. V. 15(1). P. 547-560.

11. The agricultural production and food industry development trends in the context of food security of Russia / I. A. Boldyreva, O. G. Andryushchenko, A. Yu. Nikitaeva, Z. V. Udalova, Janetta Rudash // Journal of environmental management and tourism. 2017. V. 8. № 4 (20). P. 642-647.

Authors Information

Slozhenkina Marina Ivanovna, Director of the Federal State Budgetary Institution «Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production» (6, Rokossovsky St., Volgograd, 400131, Russian Federation, tel.: (8442) 39-10-48; 39-11 -01; 37-38-09), Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, E-mail: niimmp@mail.ru

Gorlov Ivan Fiodorovich, Scientific Director of the Federal State Budgetary Institution «Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production» (RF, 400131, Volgograd, Rokossovsky St., 6), doctor S.-kh. Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159> E-mail: niimmp@mail.ru

Kholodova Marina Aleksandrovna, associate professor of The All-Russian research Institute of Economics and standards - branch of the Federal state budgetary institution FRANS (Russia, 344006, Rostov-on-don, 52 Sokolova Ave.), candidate of economic Sciences.

E-mail: kholodovama@rambler.ru

Kholodov Oleg Andreevich, associate Professor, Rostov state University of Economics (Russia, 344002, Rostov-on-don, Bolshaya Sadovaya str., 69.) candidate of economic sciences.

Shakhbazova Olga Pavlovna, professor, Don state agrarian University (Russia, 346493 Rostov region, Oktyabrsky district, Persianovsky village, 24 Krivoshlykova street), doctor of biological sciences, Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9810-0162>.

E-mail: oldeler@yandex.ru

Slozhenkina Alexandra Alekseevna, student of the Volgograd state technical university (400005, Russia, Volgograd, Lenin ave., 28).

Mosolova Daria Aleksanrovna, student of the Russian state university of Economics named G. V. Plekhanova (Russia, 117997, Moscow, Stremyanny lane 36), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5579-6726>.

Информация об авторах

Сложенкина Марина Ивановна, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, E-mail: niimmp@mail.ru

Горлов Иван Федорович, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), доктор с.-х. наук, академик РАН, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159> E-mail: niimmp@mail.ru

Холодова Марина Александровна, доцент ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт экономики и нормативов - филиал ФГБНУ ФРАНЦ (РФ, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Соколова, 52), кандидат экономических наук. E-mail: kholodovama@rambler.ru

Холодов Олег Андреевич, к.э.н., доцент ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет» (РИНХ) (РФ, 344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, д. 69), кандидат экономических наук.

Шахбазова Ольга Павловна, профессор ФГБОУ ВО Донской государственный аграрный университет (РФ, 346493 Ростовская область, Октябрьский район, пос. Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доктор биологических наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9810-0162>

E-mail: oldeler@yandex.ru

Сложенкина Александра Алексеевна, студент ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет (РФ, 400005, г. Волгоград, пр-т им. Ленина, 28).

Мосолова Дарья Александровна, студентка ФГБОУ ВО Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова (РФ, 117997, г. Москва, Стремянный пер. 36), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5579-6726>

THE HISTOLOGICAL STRUCTURE OF THE SKIN AND CHARACTERISTICS OF RUNES OF YOUNG SHEEP OF VARIOUS ORIGINS

V. V. Aboneev¹, Yu. A. Kolosov², N. G. Chamurliiev³, V. V. Marchenko^{1,2},
E. V. Aboneeva⁴

¹Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Science, Krasnodar

²Don State Agrarian University, Rostov Region, Oktyabrsky District, Persianovsky Village

³Volgograd State Agrarian University, Volgograd

⁴North Caucasus Federal University, Stavropol

Received 09.02.2020

Submitted 11.03.2020

Summary

The article presents the results of laboratory studies of the histological structure of the skin and expert zootechnical assessment of the runes of the offspring obtained from crossing uterus of the Caucasian breed of a commodity herd with sheep-producers of the leading breeding plants of the Russian Federation: North Caucasian meat and wool (1 group), Soviet merino (2 group) and Stavropol (3 group) breeds. It has been established that the descendants of rams of the North Caucasian meat and wool breed are characterized by the greatest total skin thickness and more developed epidermis, the pilar and reticular layers.

Abstract

Introduction. Despite the change in the economic priorities for the production of sheep products, the basis of which is the meat productivity of sheep, for animals with uniform wool, breeding work should continue to increase the quantitative and qualitative indicators of wool productivity. The level and nature of the sheep's wool productivity is largely determined by the histological structure of the skin. Therefore, the study of differences in the structure of the skin is not only of great practical importance, since this system of the sheep's body performs the most important function of connecting the body with the external environment and, in addition, is an important constitutional and exterior sign. **Object.** The object of research is skin samples, fleece elements, sheep breeds of different genotypes of the agricultural cooperative of the Novomaryevsky collective farm of the Shpakovsky district of the Stavropol Territory. **Materials and methods.** Control measurements were carried out in groups of young animals at 4.5 and 12 months of age. Lambs of the experimental groups were obtained from Caucasian ewes and pedigree sheep-producers of the North Caucasian meat and wool (1 group), Soviet merino (2 group) and Stavropol breeds (3 group), acquired in pedigree plants of the Stavropol Territory. Histological examination of the skin was carried out according to the method of N.A. Diomidova et al. For which skin samples were taken by biopsy from three animals of each group. On vertical sections, the total thickness of the skin and its individual layers (epidermis, pilar and reticular) was studied, and on horizontal sections, the number of primary and secondary follicles per unit area of the skin (1 mm²) and the ratio of secondary to primary follicles were studied. Expert zootechnical characterization of runes was carried out in 10 animals from each group, selected by random sampling. Digital data obtained in the course of scientific and economic experience and laboratory research were statistically processed according to the methods proposed by N.A. Plokhinsky, (1969) and E.K. Merkurieva, (1970) using modern computer programs. **Results and conclusion.** Our studies on the thickness of the skin and its individual layers in young experimental groups confirmed the general patterns and made it possible to establish the features associated with the breed combination when crossing. The bright colors of group 1 were superior to experimental young animals of groups 2 and 3 in total skin thickness by 24.8 and 14.9 %, the epidermis by 28.6 and 17.1%, the pilar layer by 34.0 and 7.3 %, reticular layer by 34.0 and 31.1 %, respectively. The ratio of the thickness of the epidermis to the total thickness of the skin in all groups was almost the same - 1.1-1.2 %. The degree of development of other layers was pronounced depending on the breed combinations. Thus, the proportion of the pilar layer was higher in the offspring of group 3 - 67.5 % of the total skin thickness, which is 6.5 and 2.9 higher than that of peers of groups 1 and 2. The reticular layer was most developed in the group 1 cells - 35.8 of the total skin thickness, which is 7 and 12.6 % more than in other groups. This difference was statistically significant. In terms of the number of primary follicles, the bright 1 group excels other groups by 18.5 and 11.9 %, respectively. The largest number of secondary follicles was found in the skin of the bright 2 groups (56.53 pcs / 1mm²).

They surpass peers of groups 1 and 3 in this indicator by 6.9 and 3.1 %, respectively. In laboratory studies of horizontal sections of the skin, it was found that young people of group 2 were characterized by the greatest density of follicles per 1 mm² of skin (60.51) and exceeded peers of groups 1 and 3 by this attribute by 5.0 and 2.4 %. In the number of primary follicles, groups 1 are brightly superior to other groups by 18.5 and 11.9 %, respectively. The largest number of secondary follicles was found in the skin of the bright 2 groups (56.53 pcs / 1mm²). They surpass peers of groups 1 and 3 in this indicator by 6.9 and 3.1 %, respectively. The superiority of the brightness of the first group over peers of groups 2 and 3 on the side was 0.37 and 0.75 cm, or 3.5 and 7.3 %, on the back - 0.37 and 0.69 or 3.6 and 6.9 %, on the thigh - 0.58 and 0.66 cm or 6.1 and 7.0 % and on the abdomen - 0.74 and 0.90 cm or 9.2 and 10.3 %. In the offspring of fine-fleeced rams, the animals of the 2nd group were characterized by the longest hair length. Laboratory studies of the fineness of the wool on our sides and thighs, carried out by us, showed that the crossbred offspring from the semi-fine-crowned producers of the North Caucasian meat-wool breed and the fine-fleeced queens of the herd stock (group 1) had slightly roughened wool. On the side and thigh, this indicator in young animals of this group was 22.06 ± 0.34 and 23.89 ± 0.46 μ m, in peers of group 2 it was 21.15 ± 0.44 and 22.77 ± 0.37 μ m and 3 groups - 20.09 ± 0.40 and 21.78 ± 0.42 μ m, respectively. However, this increase in cross-sectional diameter did not exceed the requirements for thin merino wool. The ratio of fat to sweat in the crossbreeds of the 1st group was 1.55: 1.0, then in the tiers of the 2nd and 3rd groups it was 1.28: 1 and 1.07: 1, respectively, or 21.1 and 44.9 % less. Among the runes, under. Among the runes, subjected to a comprehensive assessment, the grease was only white and light cream in color. At the same time, the proportion of runes with white grease was 80 % in groups 1 and 3, and 70 % in groups 2.

Key words: *breeds, skin histostructure, epidermis, pilar, reticular, follicles, length, diameter wool, fat loss, contamination, staple wash, tortuosity.*

Citation. Aboneev V. V., Kolosov Yu. A., Chamurliiev N. G., Marchenko V. V., Aboneeva E. V. The histological structure of the skin and the characteristics of the runes of young sheep of various origin. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 180-191 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-18.

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 636.32/38:611.77

ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОЖИ И ХАРАКТЕРИСТИКА РУН МОЛОДНЯКА ОВЕЦ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В. В. Абонеев¹, член-корреспондент РАН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Ю. А. Колосов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. Г. Чамурлиев³, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. В. Марченко^{1,2}, член-корреспондент РАН,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН

Е. В. Абонеева⁴, кандидат экономических наук, доцент

¹Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, ВНИИплем, г. Краснодар

²Донской государственный аграрный университет,

Ростовская область, Октябрьский район, пос. Персиановский

³Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

⁴Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

Дата поступления в редакцию 09.02.2020

Дата принятия к печати 11.03.2020

Актуальность. Несмотря на изменение экономических приоритетов производства продукции овцеводства, основу которых составляет мясная продуктивность овец, для животных с однородной шерстью следует продолжать селекционную работу по увеличению количественных и

качественных показателей шерстной продуктивности. Уровень и характер шерстной продуктивности овец во многом определяется гистологическим строением кожи. Поэтому изучение различий в структуре кожи имеет большое практическое значение, так как данная система организма овцы осуществляет важнейшую функцию связи организма с внешней средой и, помимо этого, является важным конституциональным и экстерьерным признаком. **Объект.** Объектом исследований являются образцы кожи, элементы руна, породы овец разного генотипа сельхозкооператива колхоза «Новомарьевский» Шпаковского района Ставропольского края. **Материалы и методы.** Лабораторные исследования проводили в группах молодняка в 4,5- и 12-месячном возрасте. Ягнята подопытных групп были получены от овцематок кавказской породы и племенных баранов-производителей северокавказской мясошерстной (1 группа), советский меринос (2 группа) и ставропольской пород (3 группа), приобретённых в племенных заводах Ставропольского края. Гистологические исследования кожи проводились по методике Н. А. Диомидовой и др., для чего отбирались образцы кожи методом биопсии от трёх животных каждой группы. На вертикальных срезах изучалась общая толщина кожи и её отдельных слоев (эпидермиса, пилярного и ретикулярного), а на горизонтальных – количество первичных и вторичных фолликулов на единицу площади кожи (1 мм^2) и отношение вторичных к первичным фолликулам. Экспертно-зоотехническая характеристика рун проводилась у 10 животных из каждой группы, отобранных методом случайной выборки. Цифровые данные, полученные в ходе научно-хозяйственного опыта и лабораторных исследований, были статистически обработаны по методам, предложенным Н. А. Плохинским (1969) и Е. К. Меркурьевой (1970), с применением современных компьютерных программ. **Результаты и выводы.** Проведённые нами исследования по изучению толщины кожи и её отдельных слоёв у молодняка подопытных групп подтвердили общие закономерности и позволили установить особенности, связанные с породным сочетанием при скрещивании. Яркие 1 группы имели превосходство над подопытным молодняком 2 и 3 групп по общей толщине кожи на 24,8 и 14,9 %, эпидермиса – на 28,6 и 17,1 %, пилярного слоя – на 34,0 и 7,3 %, ретикулярного слоя – на 34,0 и 31,1 % соответственно. Отношения толщины эпидермиса к общей толщине кожи у всех групп было практически одинаковым – 1,1-1,2 %. Степень развития других слоёв имела выраженный характер в зависимости от породных сочетаний. Так, доля пилярного слоя оказалась выше у потомства 3 группы – 67,5 % от общей толщины кожи, что на 6,5 и 2,9 выше, чем у сверстниц 1 и 2 групп. Ретикулярный слой в наибольшей степени был развит у ярок 1 группы – 35,8 % от общей толщины кожи, что на 7 и 12,6 % больше, чем у других групп. Эта разница была статистически достоверной. По количеству первичных фолликулов ярки 1 группы превосходят другие группы на 18,5 и 11,9 % соответственно. Наибольшее количество вторичных фолликулов было установлено в коже ярок 2 группы (56,53 шт./ 1 мм^2). Их преимущество над сверстницами 1 и 3 групп по данному показателю составило 6,9 и 3,1 % соответственно. В лабораторных исследованиях горизонтальных срезов кожи было установлено, что молодняк 2 группы характеризовался наибольшей густотой фолликулов на 1 мм^2 кожи (60,51) и превосходил сверстниц 1 и 3 группы по этому признаку на 5,0 и 2,4 %. По количеству первичных фолликулов яркие 1 группы превосходят другие группы на 18,5 и 11,9 % соответственно. Наибольшее количество вторичных фолликулов отмечалось в коже ярок 2 группы (56,53 шт./ 1 мм^2), что больше по сравнению со сверстницами 1 и 3 групп по данному показателю на 6,9 и 3,1 % соответственно. Превосходство ярок первой группы над сверстницами 2 и 3 групп по длине шерсти на боку составило 0,37 и 0,75 см, или на 3,5 и 7,3 %, на спине – 0,37 и 0,69, или 3,6 и 6,9 %, на ляжке – 0,58 и 0,66 см, или 6,1 и 7,0 % и на брюхе – 0,74 и 0,90 см, или 9,2 и 10,3 %. У потомства от тонкорунных баранов наибольшей длиной шерсти характеризовались животные 2 группы. Лабораторные исследования тонины шерсти на боку и ляжке, проведённые нами, показали, что помесное потомство от полутонкорунных производителей северокавказской мясошерстной породы и тонкорунных маток товарного стада (1 группа) имело незначительно огрублённую шерсть. На боку и ляжке этот показатель у молодняка этой группы равнялся $22,06 \pm 0,34$ и $23,89 \pm 0,46$ мкм, у сверстниц 2 группы он составил $21,15 \pm 0,44$ и $22,77 \pm 0,37$ мкм, а 3 группы – $20,09 \pm 0,40$ и $21,78 \pm 0,42$ мкм соответственно. Однако это возрастание диаметра поперечного сечения не превысило требования к тонкой мериносовой шерсти. Отношение жира к поту в шерсти помесей 1 группы равнялось 1,55 : 1,0, а у ярок 2 и 3 групп оно составило соответственно 1,28 : 1 и 1,07 : 1, или на 21,1 и 44,9 % меньше. Среди рун, подвергнутых

комплексной оценке, жиропот был только белого и светло-кремового цвета. При этом доля рун с белым жиропотом составила в 1 и 3 группах 80 %, а во 2 – 70 %.

Ключевые слова: породы овец, гистоструктура кожи овец, эпидермис пилярный, эпидермис ретикулярный, длина шерсти овец, диаметр шерсти овец, шерсть овец, жиропот.

Цитирование. Абонеев В. В., Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Марченко В. В., Абонеева Е. В. Гистологическое строение кожи и характеристика рун молодняка овец различного происхождения. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 180-191. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-18.

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. Несмотря на изменение экономических приоритетов производства продукции овцеводства, основу которых составляет мясная продуктивность овец, для животных с однородной шерстью следует продолжать селекционную работу по увеличению количественных и качественных показателей шерстной продуктивности. Отрасль призвана не только обеспечить выполнение индикаторов продовольственной безопасности государства, предусмотренных Указом Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20, но и решить задачи Федеральной целевой программы «Устойчивое развитие сельских территорий».

Уровень и характер шерстной продуктивности овец во многом определяется гистологическим строением кожи. Поэтому изучение различий в структуре кожи имеет не только большое практическое значение, так как данная система организма овцы осуществляет важнейшую функцию связи организма с внешней средой и, помимо этого, является важным конституциональным и экстерьерным признаком, учитываемым при отборе и подборе, но и теоретическое, так как даёт возможность получить более объективную характеристику кожного комплекса у животных новых генетических сочетаний и экстраполировать полученные знания на селекционный процесс [3, 6, 11, 14-16].

При оценке направления изменения средних значений диаметра поперечного сечения шерстных волокон следует исходить из того, что данное качественное свойство складывается в зависимости от пород овец и условий кормления. Сравнительный анализ качества сертифицированной немытой шерсти в стране за 2015-2018 гг. показывает, что средний диаметр поперечного сечения колебался от 22,12 в 2015 г. до 22,41 мкм в 2018 г., то есть шерсть стала несколько грубее (на 0,29 мкм). Доля шерсти с диаметром менее 20,5 мкм снизилась с 7,5 % в 2015 г. до 0,3 % в 2018 г. [7, 9, 10].

Взаимосвязь тонины шерсти и мясной продуктивности тонкорунных овец отражена в исследованиях ряда учёных [4, 5, 12, 13].

Шерстные волокна являются производными кожи овцы, то есть источником одного из основных видов продуктивности. Но в то же время она защищает внутренние органы и ткани от физических воздействий внешней среды, обеспечивает терморегуляцию организма, участвует в обмене веществ, протекающем в организме. В коже овец в период внутриутробного развития организма имеет место закладка волосяных фолликулов. Именно эти образования обеспечивают рост шерстинок в генетически запрограммированные периоды индивидуального развития [1, 11]. В результате, генезис кожи в решающей степени обуславливает формирование желёз кожи, продуцирующих жир и пот, густоту, диаметр поперечного сечения шерстинок и другие качества, от которых зависит качество текстильного сырья. Отсюда следует, что для успешной селекции овец знание особенностей строения кожи имеет чрезвычайно большое значение.

Поэтому данному компоненту организма уделяется надлежащая роль при бонитировке овец как органу, предопределяющему качество шерстного покрова [2, 3, 8].

Целью наших научных исследований стало изучение гистостроения кожи и комплексной экспертной оценки рун у овец новых породных сочетаний в условиях товарного стада. Достижение цели осуществлялось посредством решения задач: получение и оценка гистопрепаратов кожи, отбор и комплексная экспертная оценка рун подопытных животных.

Материалы и методы. Научно-хозяйственные опыты в условиях производства выполняли в сельхозкооперативе колхозе «Новомарьевский» Шпаковского района Ставропольского края. Лабораторные исследования проводились в группах молодняка в 4,5- и 12-месячном возрасте. Ягнята подопытных групп были получены от овцематок кавказской породы и племенных баранов-производителей северокавказской мясошерстной (1 группа), советский меринос (2 группа) и ставропольской пород (3 группа), приобретённых в племенных заводах Ставропольского края. При этом контролем служили животные 3 группы, так как в данном хозяйстве длительное время используются производители ставропольской породы. Гистологические исследования кожи проводились по методике Н. А. Диомидовой и др., для чего отбирались образцы кожи методом биопсии, от трёх животных каждой группы. На вертикальных срезах изучалась общая толщина кожи и её отдельных слоев (эпидермиса, пилярного и ретикулярного), а на горизонтальных – количество первичных и вторичных фолликулов на единицу площади кожи (1 мм^2) и отношение вторичных к первичным фолликулам. Экспертно-зоотехническая характеристика рун проводилась у 10 животных из каждой группы, отобранных методом случайной выборки. Цифровые данные, полученные в ходе научно-хозяйственного опыта и лабораторных исследований, были статистически обработаны по методам, предложенным Н. А. Плохинским (1969) и Е. К. Меркурьевой (1970), с применением современных компьютерных программ.

Результаты и обсуждение. П. Н. Кулешов указывал на тесную связь характера кожного покрова овец с конституцией и установил обусловленность шерстной продуктивности и ее качества этой взаимосвязью. В своих классических трудах автор описал, что более густая шерсть произрастает на коже с лучшим развитием пилярного слоя и более глубоким расположением в данном слое волосяных фолликулов и кожных желёз.

При оценке толщины кожи у мериносовых ярок ставропольской породы, полученных от использования баранов австралийский меринос различных конституциональных типов, исследователи доказали, что кожа у животных, полученных от баранов с шерстным покровом самых грубых сортиментов, более толстая, по сравнению с помесями, полученными от баранов с более тонкой шерстью. Вследствие этого было установлено, что на тонкой коже растёт более тонкая и густая шерсть, а на толстой и плотной коже растёт менее густая и менее тонкая шерсть. Многие другие исследователи в своих работах также отмечали взаимосвязь структуры кожи и растущей на ней шерсти [4, 5, 11].

Проведённые нами исследования по изучению толщины кожи и её отдельных слоёв у молодняка подопытных групп подтвердили общие закономерности и позволили установить особенности, связанные с породным сочетанием при скрещивании (таблица 1). Ярki 1 группы имели превосходство над подопытным молодняком 2 и 3 групп по общей толщине кожи на 24,8 и 14,9 %, эпидермиса – на 28,6 и 17,1 %, пилярного слоя – на 34,0 и 7,3 %, ретикулярного слоя на 34,0 и 31,1 % соответственно. Отношения толщины эпидермиса к общей толщине кожи у всех групп было практически одинаковым – 1,1-1,2 %. Степень развития других слоёв имела выраженный характер в зависимости от породных сочетаний. Так, доля пилярного слоя оказалась выше у потомства 3 группы – 67,5 % от общей толщины кожи, что на 6,5 и 2,9 выше, чем у сверстниц 1 и 2

групп. Ретикулярный слой в наибольшей степени был развит у ярок 1 группы – 35,8 % от общей толщины кожи, что на 7 и 12,6 % больше, чем у других групп. Эта разница была статистически достоверной.

Таблица 1 – Гистологическое строение кожи у ярок различных генотипов, мкм

Table 1 – The histological structure of the skin in bright different genotypes, microns

Группа/ Group	Общая толщина кожи / Total thickness skins		В том числе/ Including					
			эпидермис /epidermis		пилярный слой / layer polarny		ретикулярный слой/ the reticular layer	
	M±m	%	M±m	%	M±m	%	M±m	%
1	2225,61±116,30	100	24,48±2,69	1,1	1404,88±50,20	63,1	796,25±104,64	35,8
2	1783,95±106,11	100	19,03±1,03	1,1	1170,78±53,84	65,6	594,14± 101,37	33,3
3	1936,96±155,90	100	20,91±1,84	1,2	1309,11±63,42	67,5	606,94± 57,68	31,3

По степени влияния на величину шерстной продуктивности и качества руна у овец одно из первых мест занимает густота шерсти. Ряд учёных в экспериментальных исследованиях доказали, что повышение густоты шерсти при константных значениях иных показателей продуктивности обуславливает повышение настригов шерсти, предохраняет руно от проникновения внутрь растительных и минеральных элементов, а также способствует предохранению волокон от вредного воздействия агрессивных начал окружающей среды. Как отмечено ранее, шерстинки растут из фолликулов. Густота их расположения в коже определяет густоту шерсти у овец. Фолликулы по своим характеристикам различны. Закладываясь на разных этапах развития организма, они подразделяются на первичные и вторичные фолликулы. В достаточно большом количестве исследований ученые пришли к выводу, что волосные фолликулы в коже овец закладываются только в эмбриональный период. Однако только часть фолликулов начинает продуцировать шерстинки к моменту рождения ягненка. Значительная часть фолликулов остаётся в зачаточном состоянии и начинает функционировать только в постэмбриональный период развития овец. Расположение фолликулов в коже подчинено определённым закономерностям. Они размещены не разрозненно, а входят в состав кожных комплексов, в каждой из которых часто по одному, реже – по два-три первичных фолликула и вокруг которых сосредоточено до 30-40 вторичных фолликулов. Отношение вторичных фолликулов в группе, приходящееся на один первичный (отношение В/П), – у овец генетически запрограммированное свойство. Данное соотношение варьирует в зависимости от направления продуктивности породы или породности животных. В то же время Н. А. Диомидова указывала, что кожа новорожденных ягнят отличается повышенной плотностью расположения фолликулов, превосходящей в 5 раз плотность фолликулов взрослых животных. Однако общий потенциал фолликулов, характеризующийся соотношением В/П у новорожденных ягнят и взрослых животных в пределах одной породы, достаточно консервативен и может служить маркером шерстных качеств овец в раннем возрасте. Одной из задач наших исследований являлось определение количества первичных и вторичных волосных фолликулов в коже молодняка разного происхождения в 4,5-месячном возрасте.

На основании полученных нами в лабораторных исследованиях горизонтальных срезов кожи было установлено, что молодняк 2 группы характеризовался наибольшей густотой фолликулов на 1 мм² кожи (60,51) и превосходил сверстниц 1 и 3 группы по этому признаку на 5,0 и 2,4 % (таблица 2).

По количеству первичных фолликулов ярки 1 группы превосходят другие группы на 18,5 и 11,9 % соответственно. Наибольшее количество вторичных фолликулов было установлено в коже ярок 2 группы (56,53 шт./1 мм²). Они превосходят сверстниц 1 и 3 групп по данному показателю на 6,9 и 3,1 % соответственно.

Таблица 2 – Густота волосных фолликулов ярок различного происхождения,

штук на 1 мм² кожи

Table 2 – The density of hair follicles bright in different origin, pieces per 1 mm² skin

Группа/ Group	Всего фолликулов/ Total follicles'		в том числе/ including				Отношение ВФ/ПФ SF/PF
	M±m	%	первичных/ primary (PF)		вторичных/ secondary (SF)		
			M±m	%	M±m	%	
1	57,51±4,75	100	4,88±0,28	8,5	52,63±4,85	91,5	10,8
2	60,51±2,00	100	3,98±0,26	6,6	56,53±1,93	93,4	14,2
3	59,09±5,35	100	4,30±0,46	7,3	54,80±5,66	92,7	12,7

Учитывая, что гистологическое строение кожи находится во все периоды жизни животного в тесной взаимосвязи с уровнем и характером шерстной продуктивности овец, мы более подробно изучили те компоненты и качества шерсти, которые могли бы зависеть от данного признака.

Одним из качеств, на которое оказывает влияние гистоструктура кожи животного, является длина шерстного волокна (таблица 3).

Таблица 3 – Длина шерсти у подопытного молодняка, см

Table 3 – The length of the hair in experimental young animals, cm

Показатель / Indikator	Группа / Group		
	1	2	3
Участок руна:/ The plot of rune:	M±m	M±m	M±m
бок / side	11,05±0,23	10,68±0,29	10,30±0,35
спина / spin	10,65±0,24	10,28±0,26	9,96±0,24
ляжка / haunch	10,05±0,22	9,47±0,28	9,39±0,23
брюхо / belly	8,80±0,19	8,06±0,23	7,98±0,27

Изучение данного показателя у подопытных животных позволило установить, что этот важный признак на всех участках руна у ярок от северокавказских производителей был выше, чем от тонкорунных баранов. Превосходство ярок первой группы над сверстницами 2 и 3 групп на боку составило 0,37 и 0,75 см, или на 3,5 и 7,3 %, на спине – 0,37 и 0,69, или 3,6 и 6,9 %, на ляжке – 0,58 и 0,66 см, или 6,1 и 7,0 % и на брюхе – 0,74 и 0,90 см или 9,2 и 10,3 %. У потомства от тонкорунных баранов наибольшей длиной шерсти характеризовались животные 2 группы.

Важным качеством при оценке овец всех пород и особенно тонкорунного и полутонкорунного направления продуктивности является диаметр поперечного сечения шерстного волокна. Этот показатель, как было отмечено ранее исследованиями многих учёных, напрямую взаимосвязан с гистологическим строением кожи. Лабораторные исследования тонины шерсти на боку и ляжке, проведённые нами, показали, что помесное потомство от полутонкорунных производителей северокавказской мясошерстной породы и тонкорунных маток товарного стада (1 группа) имело незначительно огрублённую шерсть. На боку и ляжке этот показатель у молодняка этой группы равнялся 22,06±0,34 и 23,89±0,46 мкм, у сверстниц 2 группы он составил 21,15±0,44 и 22,77±0,37 мкм, а 3 группы – 20,09±0,40 и 21,78±0,42 мкм соответственно. Однако это возрастание диаметра поперечного сечения не превысило требования к тонкой меринской шерсти.

Количество чистого волокна в составе руна в совокупности с жиропотом формируют физический настриг шерсти. Жир и пот являются основными элементами данного компонента шерсти, который обеспечивает предохранение шерстного покрова от негативных воздействий окружающей среды, от проникновения в нее пыли, песка, влаги, растительного сора. Благодаря жиропоту в руне из шерстного волокна формируются плотные, уравнен-

ные по длине и тонине пучки, называемые штапелями. Предохраняя шерсть от намокания в силу своих гидрофобных качеств, жиропот препятствует намоканию рун и переохлаждению организма. О составе жиропота у молодняка подопытных групп и его качестве определенное представление можно получить из данных, представленных в таблице 4.

Таблица 4 – Состав немытой шерсти и содержание жира и пота
в чистой необезжиренной шерсти, %

Table 4 – Composition of unwashed wool and the content of fat and sweat in clean non-fat wool, %

Показатель/ Indikator	Группа/ Group		
	1	2	3
Шерстное основание рун/ Woolen base of runes	64,11±3,64	63,45±1,45	65,11±1,32
Жир/ Fat	16,02±1,24	15,42±2,20	13,11±1,66
Пот/ Sweat	10,64±1,26	12,02±1,42	12,24±1,06
Минеральные примеси/ Mineral impurity	9,23±0,03	9,11±0,06	9,54±0,03
Отношение жир : пот/ The ratio of fat : sweat	1,55±0,16:1	1,28±0,18:1	1,07±0,11:1

Анализ данных таблицы 4 показывает, что значительной разницы по составу немытой шерсти между подопытными группами животных не выявлено. В то же время наибольший удельный вес жиропота в немытой шерсти зафиксирован у молодняка от полутонкорунных баранов, а доля потовой фракции выше была у помесей от тонкорунных производителей. Минеральных примесей в составе оригинальной шерсти большее количество было установлено в шерсти баранчиков 2 и 3 групп.

Одним из основных качественных параметров жиропота при комплексной оценке рун считается соотношение жир : пот. Преобладание жировой составляющей над потовой свидетельствует о лучшем качестве жиропота. В наших исследованиях наибольшее значение отношения жира к поту наблюдается у помесей от полутонкорунных баранов. Это свидетельствует о том, что шерсть этой группы животных лучше защищена от неблагоприятных воздействий условий внешней среды. Так, если отношение жира к поту у помесей 1 группы равнялось 1,55 : 1,0, то у ярок 2 и 3 групп оно составило соответственно 1,28 : 1 и 1,07 : 1, или на 21,1 и 44,9 % меньше.

Качество шерстного покрова овцы во многом определяется способностью руна противостоять проникновению внутрь него различного рода загрязнений. О способности руна противостоять проникновению загрязнений, можно судить по длине зон вымытости и загрязнения штапеля на различных участках руна. Степень вымытости и глубина загрязнения штапеля в большой степени определяется породным фактором и типом шерстного покрова. Величина зон загрязнения и вымытости зависит также от длины и густоты шерстных волокон в руне, а также уровня содержания и качества жиропота. Проведенный анализ глубины оцениваемых зон позволяет сделать вывод, что достоверных отличий между животными всех подопытных групп установлено не было, хотя несколько лучшие показатели этого признака свойственны овцам 1 группы (таблица 5). При оценке зоны загрязнения шерсти на боку у полукровных ярок, происходящих от полутонкорунных баранов, в результате меньшей её густоты, было установлено более глубокое проникновение сора внутрь штапеля.

Технологические свойства шерсти варьируют в широких границах в зависимости от породы, пола, возраста животного, режима его кормления и содержания, климатических условий и других факторов. Для промышленного использования шерсти как текстильного сырья наиболее желательным является жиропот белого и светло-кремового цвета. Такой жиропот имеет положительную корреляционную связь с выходом чистого волокна и го-

раздо лучше предохраняет шерсть от загрязнений и неблагоприятных воздействий окружающей среды. Помимо этого он предохраняет шерсть от пожелтения при хранении. Цвета жиропота более интенсивных окрасок имеют нежелательные направления корреляционных связей с выходом чистой шерсти, защитными свойствами и сроками хранения шерсти. Проведённые исследования позволили установить, что среди рун, подвергнутых комплексной оценке, жиропот был только белого и светло-кремового цвета. При этом доля рун с белым жиропотом составила в 1 и 3 группах 80 %, а во 2 – 70 %.

Таблица 5 – Средние показатели степени загрязнения и величина вымытой зоны рун подопытного молодняка, % к длине штапеля

Table 5 – Average pollution degree and the washed zone of the runes of experimental young animals, % of the length of the staple

Показатель/ Indikator	Группа/ Group		
	1	2	3
Зона вымытости, см:/Wash area, cm:			
бок/ side	0,63±0,07	0,65±0,07	0,66±0,11
спина/ spin	0,71±0,08	0,84±0,12	0,78±0,09
Зона вымытости, %:/ Wash area, %:			
бок/ side	5,7±0,36	6,1±0,38	6,4±1,35
спина/ spin	6,7±0,97	7,2±1,17	6,8±0,72
Зона загрязнения, см:			
бок/ side	2,86±0,19	2,13±0,17	2,34±0,23
спина/ spin	3,35±0,17	3,05±0,19	3,01±0,24
Зона загрязнения, %:			
бок/ side	25,9±1,58	19,9±1,49	22,7±2,20
спина/ spin	31,5±3,41	29,7±1,50	30,2±3,33

Шерстоведа и селекционеры выявили, что шерсть с четкой, правильной извитостью отличается лучшей уравненностью, упругостью, эластичностью и крепостью, а животные, обладающие такой извитостью, относятся к особям с плотной, крепкой конституцией. Анализируя шерсть ярок различного происхождения, мы установили, что по форме извитости и выраженности извитости по длине штапеля все сравниваемые группы характеризуются высокими технологическими свойствами. Каких-либо существенных отличий по этим качествам между группами не установлено. Так, у животных 1, 2 и 3 групп рун с нормальной извитостью было соответственно 80, 90 и 90 %, с равномерным распределением извитков по длине шерстинки – 70, 80 и 80 %. Установленная разница между группами для данного свойства шерсти является несущественной.

Выводы. Таким образом, использование баранов-производителей северокавказской мясошерстной (1 группа), советский меринос (2 группа) и ставропольской пород (3 группа), завезённых из племенных заводов Ставропольского края, на овцематках товарного стада в типе кавказской породы, способствует улучшению гистологической структуры кожи помесных животных и повышению физико-технологических свойств шерсти. При этом лучшими совокупными показателями характеризуются потомки от северокавказских мясошерстных производителей.

Библиографический список

1. Абонеев В. В., Яковенко А. М., Марченко В. В. К вопросу повышения эффективности использования генетического потенциала тонкорунных овец племенных стад // Овцы, козы, шерстяное дело. 2016. № 1. С. 60-62.
2. Колосов Ю. А. К вопросу о балансе продукции (мясо-шерсть) в тонкорунном и полутонкорунном овцеводстве // Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. № 1. С. 4-6.

3. Колосов Ю.А., Чамурлиев Н.Г. Этапы образования и перспективы развития сальской породы овец // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. №1(49). С. 188-194.
4. Молчанов А. В., Козин А. Н. Качественные показатели баранины в зависимости от тонины шерсти // Овцы, козы, шерстяное дело. 2017. №2. С. 24-25.
5. Молчанов А. В., Козин А. Н., Орешкова А. С. Химический состав и биологическая ценность мяса баранчиков волгоградской породы с разной тониной шерсти // Актуальные проблемы ветеринарной медицины, пищевых и биотехнологий: сборник статей. 2016. С. 197-201.
6. О некоторых аспектах развития овцеводства России и пути повышения эффективности его научного обеспечения / В. В. Абонеев, В. В. Марченко, Е. В. Абонеева [и др.] // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 3 (7). С. 34-43.
7. О сертификации и качестве шерсти / Н. К. Тимошенко [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. №1. С. 28-31.
8. Проблемы и перспективы развития овцеводства на юге России / В. И. Комлацкий, И. Ф. Горлов, В. А. Бараников [и др.] // Зоотехния. 2019. № 2. С. 6-12.
9. Сертификация шерсти: состояние и качество / Н. К. Тимошенко [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. №2. С. 29-31.
10. Тимошенко Н. К., Селионова М. И., Елизарова И. Г. К вопросу совершенствования сертификации шерсти // Овцы, козы, шерстяное дело. 2019. №3. С. 40-42.
11. Ткачук В. М., Стапай П. В. Сравнительная характеристика макроструктуры, химического состава и физических показателей шерсти овец разных пород // Біологія тварин. 2014. Т.6. №4. С. 166-170.
12. Чамурлиев Н. Г., Шперов А. С., Щелконогова А. А. Мясная продуктивность баранчиков волгоградской породы в зависимости от тонины шерсти // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. №3 (47). С. 146-152.
13. Шерстная продуктивность молодняка овец разного происхождения // В. В. Абонеев, Н. Г. Чамурлиев, Ю. А. Колосов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 230-236.
14. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed / I. F. Gorlov, Yu. A. Kolosov, N. V. Shirokova, L. V. Getmantseva, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, N. F. Bakoev, M. A. Leonova, A. Yu. Kolosov, E. Yu. Zlobina // Small Ruminant Research. 2017. Vol. 150. P. 11-14.
15. CAST/MSPI gene polymorphism and its impact on growth traits of soviet merino and salsk sheep breeds in the south european part of RUSSIA / I. F. Gorlov, N. V. Shirokova, A. V. Randelin, V. N. Voronkova, N. I. Mosolova, E. Y. Zlobina, Y. A. Kolosov, N. F. Bakoev, M. A. Leonova, S. Y. Bakoev, A. Y. Kolosov, L. V. Getmantseva // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2016. V. 40. № 4. P. 399-405.
16. Meat productivity of Volgograd breed ram hogs of different genotypes / I. F. Gorlov, A. S. Filatov, A. K. Natyrov, N. L. Mosolova, D. V. Nikolaev, Yu. N. Nelepov, N. G. Chamurliiev, I. V. Vladimtseva, E. Yu. Zlobina // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. V. 9. № 5. P. 2152-2161.

Conclusions. Thus, the use of sheep-producers of North Caucasian meat (1 group), Soviet merino (2 group) and Stavropol breed (3 group), imported from breeding plants of the Stavropol Territory, on sheep of a commodity herd in the Caucasian breed type, improves the histological structure of crossbred skin animals and increase the physical and technological properties of wool. At the same time, the best aggregate indicators characterize descendants from North Caucasian meat and wool producers.

References

1. Aboneev V. V., Yakovenko A. M., Marchenko V. V. K voprosu povysheniya [ffektivnosti ispol'zovaniya geneticheskogo potenciala tonkorunnyh ovec plemennyh stad // Ovcy, kozy, sherstyanoie delo. 2016. № 1. P. 60-62.

2. Kolosov Yu. A. K voprosu o balanse produktsii (myaso-sherst') v tonkorunnom i polutonkorunnom ovcevodstve // Ovcy, kozy, sherstyanoie delo. 2019. № 1. P. 4-6.
3. Kolosov Yu. A., Chamurliiev N. G. Etapy obrazovaniya i perspektivy razvitiya sal'skoj porody ovec // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. №1(49). P. 188-194.
4. Molchanov A. V., Kozin A. N. Kachestvennyye pokazateli baraniny v zavisimosti ot toniny shersti // Ovcy, kozy, sherstyanoie delo. 2017. №2. P. 24-25.
5. Molchanov A. V., Kozin A. N., Oreshkova A. S. Himicheskij sostav i biologicheskaya cennost' myasa baranchikov volgogradskoj porody s raznoj toninoj shersti // Aktual'nye problemy veterinarnoj mediciny, pischevyh i biotekhnologij: sbornik statej. 2016. P. 197-201.
6. O nekotoryh aspektah razvitiya ovcevodstva Rossii i puti povysheniya effektivnosti ego nauchnogo obespecheniya / V. V. Aboneev, V. V. Marchenko, E. V. Aboneeva [i dr.] // Agrarnopischevye innovacii. 2019. № 3 (7). P. 34-43.
7. O sertifikacii i kachestve shersti / N. K. Timoshenko [i dr.] // Ovcy, kozy, sherstyanoie delo. 2019. №1. P. 28-31.
8. Problemy i perspektivy razvitiya ovcevodstva na yuge Rossii / V. I. Komlackij, I. F. Gorlov, V. A. Baranikov [i dr.] // Zootehniya. 2019. № 2. P. 6-12.
9. Sertifikaciya shersti: sostoyanie i kachestvo / N. K. Timoshenko [i dr.] // Ovcy, kozy, sherstyanoie delo. 2018. №2. P. 29-31.
10. Timoshenko N. K., Selionova M. I., Elizarova I. G. K voprosu sovershenstvovaniya sertifikacii shersti // Ovcy, kozy, sherstyanoie delo. 2019. №3. p. 40-42.
11. Tkachuk V. M., Stapaj P. V. Sravnitel'naya harakteristika makrostruktury, himicheskogo sostava i fizicheskikh pokazatelej shersti ovec raznyh porod // Biologiya tvarin. 2014. Vol. 6. №4. P. 166-170.
12. Chamurliiev N. G., Shperov A. S., Schelkonogova A. A. Myasnaya produktivnost' baranchikov volgogradskoj porody v zavisimosti ot toniny shersti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. №3 (47). P. 146-152.
13. Sherstnaya produktivnost' molodnyaka ovec raznogo proisxozhdeniya // V. V. Aboneev, N. G. Chamurliiev, Yu. A. Kolosov [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3 (51). P. 230-236.
14. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed / I. F. Gorlov, Yu. A. Kolosov, N. V. Shirokova, L. V. Getmantseva, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, N. F. Bakoev, M. A. Leonova, A. Yu. Kolosov, E. Yu. Zlobina // Small Ruminant Research. 2017. Vol. 150. P. 11-14.
15. CAST/MSPI gene polymorphism and its impact on growth traits of soviet merino and salsk sheep breeds in the south european part of RUSSIA / I. F. Gorlov, N. V. Shirokova, A. V. Randelin, V. N. Voronkova, N. I. Mosolova, E. Y. Zlobina, Y. A. Kolosov, N. F. Bakoev, M. A. Leonova, S. Y. Bakoev, A. Y. Kolosov, L. V. Getmantseva // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2016. Vol. 40. № 4. P. 399-405.
16. Meat productivity of Volgograd breed ram hogs of different genotypes / I. F. Gorlov, A. S. Filatov, A. K. Natyrov, N. L. Mosolova, D. V. Nikolaev, Yu. N. Nelepov, N. G. Chamurliiev, I. V. Vladimtseva, E. Yu. Zlobina // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. № 5. P. 2152-2161.

Информация об авторах

Aboneev Vasily Vasilievich, Chief Researcher, Department of Breeding and Genetics, Agricultural animals of the Krasnodar Scientific Center for Zootechnics and Veterinary Medicine and VNIIPlem (Russian Federation, 350055, Krasnodar, Znamensky, Prevomaiskaya St., 4), doctor S.-kh. Sci., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, ORSID <https://orcid.org/0000-0002-1946-1822> E-mail aboneev49@mail.ru

Kolosov Yuri Anatolyevich, Professor, Department of Private Zootechnics and Feeding, Agricultural animals of the Don State Agrarian University (Russian Federation, 346493, Rostov Region, Oktyabrsky District, Persianovskiy Village, Krivoslykova St., 24), Doctor of Agricultural Sciences. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6826-8009> E-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Chamurliiev Nodari Georgievich, Professor, Department of Private Zootechnics, Volgograd State Agrarian University, (Russian Federation, 400002, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Doctor of Agricultural Sciences. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065> E-mail: zootexnia@mail.ru

Marchenko Vyacheslav Vyacheslavovich, Professor, Department of Private Zootechnics and Feeding, Agricultural animals of the Don State Agrarian University (Russian Federation, 346493, Rostov Region, Oktyabrsky District, Persianovsky Village, 24 Krivoshlykova St.), and VNIIPlem, Doctor of Agricultural Sciences. ORCID

Aboneeva Ekaterina Vasilievna, Associate Professor, Department of Economics and Foreign Economic Affairs, North Caucasus Federal University (1, Pushkin St., 355017, Stavropol) ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0279-8733> E-mail: eaboneeva@mail.ru

Информация об авторах

Абонеев Василий Васильевич, главный научный сотрудник отдела разведения и генетики с.-х. животных Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии и ВНИИплем, (РФ, 350055, г. Краснодар, пос. Знаменский, ул. Превомайская, 4), доктор с.-х. наук, профессор, член-корреспондент РАН, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1946-1822> E-mail: aboneev49@mail.ru

Колосов Юрий Анатольевич, профессор кафедры частной зоотехнии и кормления с.-х. животных Донского государственного аграрного университета (РФ, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6826-8009> E-mail: kolosov-dgau@mail.ru

Чамурлиев Нодари Георгиевич, профессор кафедры частной зоотехнии Волгоградского государственного аграрного университета, (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065> E-mail: zootexnia@mail.ru

Марченко Вячеслав Вячеславович, профессор кафедры частной зоотехнии и кормления с.-х. животных Донского государственного аграрного университета (РФ, 346493, Ростовская область, Октябрьский район, поселок Персиановский, ул. Кривошлыкова, 24) и ВНИИплем, доктор сельскохозяйственных наук. ORCID

Абонеева Екатерина Васильевна, доцент кафедры экономики и внешнеэкономической деятельности Северо-Кавказского федерального университета (РФ, 355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1) ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0279-8733> E-mail: eaboneeva@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-19

EFFICIENCY OF USING A REVERSED-PHASE ADSORBENT ON A POLYSILICATE BASIS IN THE DIETS OF HIGHLY PRODUCTIVE COWS DURING THE PERIOD OF INICIAL

M. G. Chabaev¹, R. V. Nekrasov¹, E.Y. Tsis¹, V. V. Okhanov², A. I. Sotnichenko²

¹*L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry,
Moscow Province, Podolsk District, pos. Dubrovitsy*

²*Research-And-Production Center «Fox & Co»*

Received 07.02.2020

Submitted 13.03.2020

*The presented materials were prepared as part of the implementation of research
in 2020 under the state task AAAA18-118021590136-7*

Summary

The article presents the results of research on the introduction of synthetic polyoctylated polysilicate hydrogel (POPSH) in the amount of 100 g per 1 head into the diet of newly-calved cows. The research results showed that the adsorbent studied possesses a complex of economically valuable properties, has a positive effect on the animal's health and can be recommended for use as a means to improve dairy products and for better realization of the animal's genetic potential.

Abstract

Introduction. Mycotoxins affect the health and productivity of animals, are found in milk, meat and offal. Under conditions of mycotoxicosis, toxins circulating in the blood create an additional burden on the immune system of cows, increasing inflammatory processes (death of white blood cells). The presence of a hormone – like mycotoxin-zearalenone in feed causes hypertrophy of breast tissue with increased cell re-

jection, which leads to a significant increase in the number of somatic cells. Against this background, problems also arise with fertility and the bearing of the fetus. The prophylactic use of a reversed-phase adsorbent on a polysilicate basis allows increasing the productivity of animals and obtaining milk of higher quality. **Object.** The object of research is highly productive newly-calved holsteinized cows of black and motley breed. **Materials and methods.** At the "Klenovo-Chegodaevo" experimental farm in Moscow, two groups of cows were studied to investigate the effect of the inclusion in the diet of a reversed-phase feed adsorbent based on a polyoctylated polysilicate hydrogel (POPSH) on some physiological parameters of animals. Newly-calved cows ($n = 13$) were fed the main diet (MD), and the analogous animals of the experimental group ($n = 13$) were fed MD + POPSH at a dose of 100 g per 1 head per day. **Results and conclusions.** The inclusion in the diet of highly productive lactating cows POPSH, allowed to increase by 7.7 and 16.0 %, the average daily yield of milk of natural and basic fat, respectively, and also promoted to reduce the cost of ECE, crude protein, dry matter, and concentrates per 1 kg of milk of basic fat by 13.0-13.6 % compared with the control option. The inclusion of POPSH in the diet of newly-calved cows reduced the somatic cells count in milk by 27.2 %, while increasing the fat and protein content by 0.28 and 0.07 %. Consumption by the cows of the experimental group of POPSH led to an increase in amylolytic activity of ruminal microflora by 0.47 U / ml. Moreover, in the chyme of cows of the control and experimental groups, the total number of bacteria and ciliates was in the range of 191.0-214.5 and 165.0-183.7 mg / 100 ml of rumen content, respectively. The introduction of adsorbent into the diet of highly productive cows positively affected the reproductive function and reduced the insemination index by 0.6 units, and the duration of the treatment period by 63 days. The inclusion in the composition of the diet POPSH is economically justified. When selling milk from cows of the experimental group, the additional profit was 3258.7 rubles per head. Consequently, POPSH can be recommended for use as a means to improve product quality and increase productivity of newly-calved cows.

Key words: newly-calved cows, reversed-phase adsorbent, POPSH, milk yield, milk quality, ruminal digestion, resistance, economic effect.

Citation. Chabaev M. G., Nekrasov R. V., Tsis E. Y., Okhanov V. V., Sotnichenko A. I. Efficiency of using a reversed-phase adsorbent on a polysilicate basis in the diets of highly productive cows during the period of animal milking. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 191-202 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-19.

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

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

УДК 636.2.087.7/.8:636.2.084.523

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБРАЩЕННО-ФАЗОВОГО СОРБЕНТА НА ПОЛИСИЛИКАТНОЙ ОСНОВЕ В РАЦИОНАХ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ В ПЕРИОД РАЗДОЯ

М. Г. Чабаяв¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Р. В. Некрасов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН
Е. Ю. Цис¹, кандидат сельскохозяйственных наук
В. В. Оханов², кандидат химических наук
А. И. Сотниченко², кандидат биологических наук

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста»»,
Московская область, г.о. Подольск, п. Дубровицы

²ООО «Фокс и Ко», г. Москва

Дата поступления в редакцию 07.02.2020

Дата принятия к печати 13.03.2020

*Представленные материалы подготовлены в рамках выполнения НИР 2020 г.
по государственному заданию АААА-А18-118021590136-7*

Актуальность. Микотоксины влияют на здоровье и продуктивность животных, обнаруживаются в молоке, мясе и субпродуктах. В условиях микотоксикоза циркулирующие в крови токсины, повышая воспалительные процессы (отмирание лейкоцитов), создают дополнительную

нагрузку на иммунную систему коров. Присутствие в кормах гормоноподобного микотоксина – зеараленона, вызывает гипертрофию ткани молочных желез с повышенным отторжением клеток, что приводит к значительному росту количества соматических клеток. Профилактическое применение обращенно-фазового сорбента на полисиликатной основе позволяет увеличить продуктивность животных и получить молоко высокого качества. **Объект.** Объектом исследований являются высокопродуктивные новотельные голштинизированные коровы черно-пестрой породы. **Материалы и методы.** В экспериментальном хозяйстве «Кленово-Чегодаево» (г. Москва) на двух группах коров были проведены исследования по изучению влияния скармливания обращенно-фазового (ОФ) адсорбента на основе полиоктилированного полисиликатного гидрогеля (ПОПСГ) на некоторые физиологические параметры животных. Новотельным коровам (n=13) скармливали основной рацион (ОР), животным-аналогам опытной группы (n=13) - ОР + ПОПСГ - 100 г на 1 голову в сутки. **Результаты и выводы.** Включение в рацион высокопродуктивных лактирующих коров ПОПСГ позволило увеличить на 7,7 и 16,0 % среднесуточный удой натуральной и базисной жирности молока, соответственно, а также способствовало уменьшению затрат ЭКЕ, сырого протеина, сухого вещества, концентратов на 1 кг молока базисной жирности на 13,0-13,6 % по сравнению с контролем. Включение в рацион новотельных коров ПОПСГ позволило уменьшить количество соматических клеток в молоке на 27,2 % с одновременным увеличением содержания жира и белка на 0,28 и 0,07 %. Ежедневное потребление новотельными коровами опытной группы (100 г/гол) ПОПСГ в период раздоя привело к увеличению амилалитической активности рубцовой микрофлоры на 0,47 Е/мл. При этом в химусе новотельных коров контрольной и опытной групп общее количество бактерий и инфузорий находилось в пределах 191,0-214,5 и 165,0-183,7 мг/100 мл рубцового содержимого соответственно. Введение в рацион высокопродуктивных коров адсорбента положительно повлияло на воспроизводительную функцию и снизило индекс осеменения на 0,6 ед., а продолжительность сервис-периода на 63 дня. Включение в состав рациона ПОПСГ является экономически обоснованным. При реализации молока коров опытной группы дополнительная прибыль составила 3258,7 руб. на голову. Следовательно, ПОПСГ может быть рекомендован для использования в качестве улучшения производимой продукции и увеличения продуктивности новотельных коров.

Ключевые слова: новотельные коровы, обращенно-фазовый сорбент, ПОПСГ, молочная продуктивность коров, качество молока коров, рубцовое пищеварение, резистентность коров, рентабельность молочного производства.

Цитирование. Чабаяев М. Г., Некрасов Р. В., Цис Е. Ю., Оханов В. В., Сотниченко А. И. Эффективность использования обращенно-фазового сорбента на полисиликатной основе в рационах высокопродуктивных коров в период раздоя. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 191-202. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-19.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Главной задачей организации продуктивного, экономически эффективного развития отечественного скотоводства является увеличение объемов молока и говядины за счет производства высококачественной, экологически безопасной продукции для населения. Увеличение производства молока при одновременном снижении затрат кормов на его производство, как показывает мировой опыт, требует непрерывного совершенствования кормовой базы и кормовых средств.

Всё большее беспокойство вызывают развитие промышленности, интенсификация сельского хозяйства, химизация животноводства, что приводит к образованию и накоплению природных микромицетов – экологически опасных грибов и грибоподобных организмов, которые способны перемещаться, аккумулироваться и длительное время находиться в продуктах животноводства и растениеводства, что приводит к подавлению иммунитета, возникновению аллергических проявлений, способствует нарушению обмена веществ, возникновению хронических заболеваний (токсикозов) [3, 5].

Несмотря на то что в научной литературе сегодня описано несколько сотен видов микотоксинов, большинство из них наносит вред не только животным, но и человеку. Грибы, вырабатывающие микотоксины, встречаются в природе повсеместно. Наличие грибов не является прямым доказательством наличия микотоксинов, но если токсигенные грибы попадают в благоприятные условия, их негативный потенциал возрастает многократно.

Потребление высокопродуктивными новотельными коровами кормов, поражённых микотоксинами, может вызывать снижение аппетита и, как следствие, молочной продуктивности, наблюдается увеличение числа соматических клеток в молоке, а также создается серьезная опасность загрязнения молока (например, афлатоксин выделяется с молоком через 12 часов), нарушение репродуктивной функции, снижение иммунитета.

Широкая диссеминация и способность экотоксикантов развиваться в различных природно-климатических условиях, синтезировать микромицеты на всех видах производимых грубых, консервированных, концентрированных кормов в период вегетации, заготовки и длительного хранения, а также способность микромицетов проникать в организм и в получаемую животноводческую продукцию, высокая степень токсичности этих веществ и их пагубное воздействие на живой организм, трудность определения микромицетов (высокая стоимость экспертизы и ограниченность количества лабораторий), отсутствие к настоящему времени профилактических мероприятий и невозможность вовремя отреагировать на воздействие экотоксикантов придают этой проблеме особую значимость [2, 4].

Известно, что повышенная влажность, повреждение целостности производимого в мире зерна при чрезмерной засухе являются причинами поражения их микотоксинами, при этом свойства и структура микромицетов изучены недостаточно. При выращивании зерновых и зернобобовых культур количество микотоксинов увеличивается вследствие поражения растений «полевыми плесеньями», чаще всего грибами родов *Fusarium* и *Alternaria*. К полевым микотоксинам относятся трихотецены, зеараленоны, алтертоксины, фумонизины, энниатины, боверицины и многие другие. В процессе длительного хранения зерна полевые грибы обычно находятся в состоянии покоя. В условиях складских помещений и в траншеях на растительных и зерновых кормах чаще всего развиваются грибы родов *Penicillium* и *Aspergillus*. В частности, *Aspergillus ochraceus* и *Aspergillus flavus* способны синтезировать такие опасные микотоксины, как афлатоксины и охратоксины [7, 10, 11]. В целом грибы этих двух родов, которые относят в «складским», или «амбарным», способны производить несколько сотен опасных микотоксинов, в том числе и высоколипофильных, способных к биоаккумуляции.

Также необходимо учитывать наличие в кормовых растениях так называемых «полевых», или эндофитных микромицетов, представленных родами: *Aureobasidium*, *Chaetomium*, *Cladosporium*, *Claviceps*, *Neotyphodium*, *Phoma* и многими другими, которые производят множество опасных микотоксинов.

Биологическая активность и физико-химическое строение микотоксинов многообразно, их объединяет только источник происхождения. Наиболее значимый интерес представляют микотоксины, способные заражать продукты питания для человека и корма для животных. К ним относят многие микотоксины, продуцируемые грибами разных родов и видов из разных экологических ниш [8, 10].

Многие исследователи утверждают, что жвачные (многокамерные) животные более устойчивы к воздействию микотоксинов, чем животные с однокамерным желудком. Раньше считалось, что благодаря деятельности рубцовой микрофлоры проблема микотоксинов для жвачных менее значима, чем для животных с однокамерным желудком.

ком. Но при интенсивном ведении животноводства, как было установлено, рубцовое пищеварение не является фильтром, препятствующим прохождению этих токсинов в организм. Многие микотоксины обладают антибактериальным действием и приводят к полному дисбалансу желудочно-кишечного пищеварения. В пищеварительном тракте происходят частичные превращения, где некоторые виды микромицетов подвергаются метаболическим изменениям с превращением в источники более токсичных образований. Так, афлатоксин В1 разрушается в рубце животного до 30 % с образованием афлатоксинола. По данным ряда исследователей Alassane-Krembi, Schatzmayr, G., Taranu, I., Marin, D., Puel, O., Oswald, I.P. (2017) дезоксиниваленол - до 50 % с образованием дезоксиниваленол-1, Т-2 токсин до 70 % с образованием ацетил-Т-2 и ацетил-ТН-2, зеараленон до 40 % с образованием альфа- и бета-зеараленолов, фумонизин – 0-35 %, охратоксин А – до 100 % с образованием дегидроксиизоокумарина [7]. Помимо всего, существуют другие обстоятельства, способные изменять нормофлору рубца и разрушать микромицеты. Концентрированные корма в рационе высокопродуктивных коров и низкий уровень кислотной активности (рН) содержимого рубца отрицательно влияют на биомассу рубца. В то же время высокая концентрация биомассы микроорганизмов и их быстрое поступление с кормами также истощает компенсаторные ресурсы организма для противостояния микотоксинам [5, 9].

Статистические данные Департамента Ветеринарии США (USDA, 2005) свидетельствуют о том, что на эмбриональную смертность и аборт приходится до 40 %, причиной которых являются микотоксикозы. Грибы и грибоподобные организмы рода *Aspergillus* и *Fusarium* являются наиболее опасными, так как они инспирируют до 80 % прерываний стельности вышеперечисленными микроорганизмами. Особенно заметно эти явления проявляются на фоне высокого содержания в кормах зеараленона, обладающего, как и его основные метаболиты, эстрогенными свойствами [6]. Более того, грибами *Aspergillus flavus* и *Aspergillus parasiticus* вырабатываются афлатоксины В1 и В2, которые, проникая в пищеварительный тракт животного, трансформируются в менее токсичные формы М1 и М2. Эти метаболиты сохраняют свою токсичность и трансформируются в молоко и молозиво, что по продолжительности занимает от 12-24 часов. Величина перехода афлатоксина из В-форм в М-формы составляет 1,7 %. Молозиво и молоко, содержащие афлатоксин М1 в количестве более 0,5 мг/л нельзя выпаивать животным молочного периода [8, 10].

Известно, что корма для домашней птицы, рыбы и свиней содержат характерные для зернового сырья микотоксины, а корма для молочного и мясного скота содержат токсины, характерные для массы зеленой травы. Травяная масса, в дополнение к микотоксинам, всегда содержит полиароматические углеводороды (ПАУ) и стойкие органические загрязнители (СОЗ) в качестве примесей [7]. По этой причине некоторые исследователи полагают, что молочный скот потребляет более токсичные корма, чем домашняя птица или свиньи [6].

С целью профилактики отрицательного воздействия микромицетов и продуктов их метаболизма на физиологическое состояние, а также подавление симптомов отравлений микотоксинами используют современные эффективные адсорбенты, которые прочно связывают и выводят токсические микроорганизмы из организма животного и способствуют повышению обмена веществ и продуктивности [5, 9, 11].

Кормовые адсорбенты – это ветеринарные препараты и кормовые средства, которые способны связывать и выводить из пищеварительного тракта животных микромицеты. Впервые они появились на мировом рынке после того, когда стало известно, что более 90 % скормливаемых кормов животным были заражены микотоксинами [8, 10].

ОФ-сорбент на полисиликатной основе Алвисорб®, который использовался в настоящей работе, представляет собой уникальный отечественный синтетический энтеросорбент на основе полиоктилированного полисиликатного гидрогеля (ПОПСГ). Он предназначен для удаления из пищеварительного тракта животных в первую очередь липофильных микотоксинов и других гидрофобных ксенобиотиков (ПАУ и СОЗ), поступающих из кормовой массы [4].

ПОПСГ – первый в мире представитель новой 7-й группы адсорбентов микотоксинов – «Обращённо-фазовые адсорбенты на полисиликатной основе».

Адсорбент характеризуется значительной сорбционной ёмкостью по отношению к широкому спектру химических соединений – от умеренно полярных микотоксинов до неполярных (гидрофобных) микотоксинов, ПАУ, таких как бензпирен, метилхолантрен, дибензантрацен и др., а также СОЗ, таких как хлорированные пестициды, в том числе и (ДДТ), полихлорированные бифенилы, полибромированные дифениловые эфиры, диоксин и диоксиноподобные соединения. Все эти соединения ПОПСГ способен прочно связывать в водной среде пищеварительного тракта с высокой эффективностью: более 80 % всех известных микотоксинов, до 100 % известных СОЗ и до 100 % известных ПАУ и выводить их из организма. Причем ёмкость адсорбента и прочность связывания вещества с сорбентом обратно связана с полярностью вещества и прямо пропорциональна величине коэффициента распределения (Log Pow) данного вещества в системе октанол/вода. Поэтому столь высока эффективность ПОПСГ по связыванию большинства микотоксинов, ПАУ, СОЗ. Было доказано, что ПОПСГ значительно превосходит «традиционные» кормовые адсорбенты на основе алюмосиликатов, клеточных стенок дрожжей или активированного угля по способности связывать ПАУ (нафталин) и липофильные микотоксины (зеараленон) [4, 7].

В связи с этим цель исследований состояла в оценке влияния ПОПСГ в рационах кормления высокопродуктивных новотельных коров в первую фазу лактации.

Материалы и методы. Для реализации поставленной цели проведены исследования в опытно-экспериментальном хозяйстве «Кленово-Чегодаево» ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста. Для проведения исследований были сформированы 2 группы коров-аналогов по 13 гол. в каждой в зависимости от живой массы, числа отелов, возраста и молочной продуктивности за предшествующие лактации. Высокопродуктивные лактирующие коровы контрольного варианта получали основной рацион (ОР), тогда как животные второй опытной группы получали ОР + ПОПСГ 100 г/голову в сутки.

Длительность эксперимента составила 72 дня. При проведении исследований еженедельно от каждого подопытного животного отбирали пропорционально удою средние пробы молока на анализы. Количество молочного жира, белка, сахара, количество соматических клеток в исследуемых образцах молока определяли на анализаторе молока «CombiFoss 7».

В лаборатории микробиологии института в крови коров были определены показатели неспецифической резистентности. Фотонейфелометрическим методом была определена БАСК (бактерицидная активность). Лизоцимную активность крови определяли методом В. И. Мутовина. Фагоцитарную активность, фагоцитарное число и фагоцитарный индекс крови коров определяли по общепринятым методикам на базе аналитической лаборатории микробиологии ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста.

У дойных коров подопытных групп взятие проб рубцовой жидкости ($n = 3$) в конце научно-хозяйственного опыта проводили при помощи ротоглоточного зонда спустя 3 часа после кормления. В отделе физиологии и биохимии сельскохозяйственных животных определяли аммиачный азот – микродиффузным методом по Конвею, общий

азот – по Кьельдалю, после осаждения трихлоруксусной кислотой, сумму летучих жирных кислот (ЛЖК) – методом паровой дистилляции в аппарате Маркгама, биомассу простейших и бактерий – методом дифференцированного центрифугирования.

Экономическую целесообразность скормливания ПОПСГ в составе рациона высокопродуктивных лактирующих коров проводили в соответствии с методическими указаниями ВАСХНИЛ (1984).

Полученные в опыте материалы подвергнуты математической и статистической обработке с использованием дисперсионного анализа (ANOVA) и программного обеспечения STATISTICA 10.

Результаты и обсуждение. В процессе исследований среднесуточное скормливание кормов рациона обеспечивало потребность высокопродуктивных лактирующих коров в необходимом количестве питательных и минеральных веществ, энергии, что в целом позволило получить планируемую молочную продуктивность [1].

Молочная продуктивность и качественный состав молока высокопродуктивных новотельных коров, в первую фазу лактации получавших ПОПСГ, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Продуктивность и качество молока высокопродуктивных коров (n=13, M±m)

Table 1 – Productivity and quality of highly productive cows ' milk (n=13, M±m)

Показатель/ Indicator	Группа / Group	
	1-контрольная / 1-control	2-опытная / 2-trial
Молочная продуктивность / Milk production		
Среднесуточный удой, кг / Average daily milk yield, kg	23,37±1,19	25,18±1,05
% к контролю / % to control	100,0	107,7
Валовой удой за период, кг / Total milk yield for period, kg	1682,58±66,73	1813,29±105,58
% жира / % of fat	3,7±0,12	4,0±1,23
Валовой удой 3,4 %-го молока, кг / Total milk yield 3,4 % of milk, kg	1849,68±93,11	2145,57±96,68
Среднесуточный удой 3,4 %-го молока, кг / Average daily milk yield 3,4 % of milk, kg	25,69±1,70	29,80±1,38
% к контролю / % to control	100,0	116,0
Качество молока / Quality of milk		
Сухое вещество, % / Dry matter, %	12,85±0,16	13,07±0,26
Жир, % / Fat, %	3,71±0,12	3,99±0,19
Белок, % / Protein, %	2,91±0,05	2,98±0,06
Лактоза, % / Lactose, %	5,06±0,04	4,97±0,05
Соматические клетки, тыс./см ³ / Somatic cells, thd./cm ³	367,99±127,17	267,93±64,48
Плотность, г/см ³ /Density, g/cm ³	1028,44±0,22	1028,23±0,20
Затраты кормов / Feed costs		
обменной энергии, МДж / metabolic energy, MJ	9,17	7,95
сухого вещества, г / dry matter, g	0,77	0,67
сырого протеина, г / crude protein, g	121,48	105,31
Комбикорма, г / complete feeds, g	0,478	0,413

У коров 2-й опытной группы при скормливании в составе рациона ПОПСГ в количестве 100 г на 1 голову в сутки среднесуточный удой натурального молока был больше на 7,7 % по сравнению с животными контрольного варианта.

Значительная разница в молочной продуктивности коров опытной группы была при пересчете на 3,4-процентное молоко. При этом наиболее высокий среднесуточный удой молока 3,4-процентной жирности отмечен у животных, получавших в составе рациона ПОПС - 29,8 кг, или на 16,0 % (4,1 кг) больше по сравнению с контрольными животными.

В целом за период проведения исследований показатели по затратам кормов на 1 кг молока базисной жирности показали, что обогащение кормовых рационов высокопродуктивных коров опытного варианта ПОПСГ обеспечило снижение затрат ОЭ, сухого вещества, сырого протеина, концентратов соответственно на 13,0-13,6 % в сравнении с контролем.

Изучение качественных показателей молока (таблица 1) подопытных животных в период проведения исследований показало, что количество молочного жира было 3,99 %, что на 0,28 % больше по сравнению с молоком от коров контрольного варианта. У коров подопытных групп количество молочного белка и лактозы были практически на одном уровне 2,91; 2,98 % и 5,06; 4,97 % соответственно, что является следствием питания коров высококачественными кормами.

За время проведения исследований количество соматических клеток в молоке коров, получавших ПОПСГ, составило 267,93 тыс. в 1 см³, что на 27,2 % ниже в сравнении с животными контрольного варианта.

Для контроля обмена веществ были изучены основные показатели рубцового пищеварения лактирующих коров подопытных групп (n=3) (таблица 2).

Таблица 2 – Основные показатели рубцового пищеварения (в среднем, n=3, M±m)

Table 2 – Main indicators of scar digestion (on average, n=3, M±m)

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	1-контрольная / 1-control	2-опытная / 2-trial
Аммиак, мг/% / Ammonia, mg/%	7,79±1,10	7,41±0,65
ЛЖК, моль/л / Volatile fatty acids, mmol / l	7,53±0,35	7,37±0,09
Амилолитическая активность, Е/мл / Starch-splitting activity, U/ml	18,70±0,44	19,17±0,15
Инфузории, мг/100 мл химуса / Infusoria, mg / 100 ml of chyme	191,00±15,04	214,50±13,60
Бактерии, мг/100 мл химуса / Bacteria, mg / 100 ml of chyme	165,00±1,73	183,67±12,98

Включение в состав рациона высокопродуктивных коров кормов с легкорасщелимыми фракциями протеина (на 100 кг от 0, 7 до 1 кг азота) активизирует образование аммиака с последующим выделением значительной его части из желудочно-кишечного тракта в виде мочевины, что оказывает существенное влияние на эффективность переваривания кормов рациона. Для оценки питательных преимуществ протеина, получаемого из разных видов кормов, целесообразно учитывать концентрацию аммиака в рубцовой жидкости. В наших исследованиях при скормливания коровам 100 г/сут. ПОПСГ наблюдалось снижение выделения аммиака на 5,1 % (7,41 против 7,79 мг/%).

В химусе подопытных коров обеих групп сумма ЛЖК была практически на одном уровне и составила 7,53 и 7,37 мМоль/100мл соответственно, что указывает на равноценный гидролиз углеводов за счет бактерий содержимого рубца. У коров опытной группы амилолитическая активность рубцовой микрофлоры была выше на 0,47 Е/мл, хотя эта разница была недостоверной. В химусе подопытных коров общее количество бактерий и инфузорий находилось на одном уровне и составило в среднем 191,00 - 214,50 и 165,00 - 183,67 мг/100 мл рубцового содержимого соответственно.

При завершении исследований бактерицидная и лизоцимная активность крови новотельных коров обеих групп была практически равноценной и составила, соответственно, 68,59; 67,03 % и 0,31; 0,30 мкг/мл (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели резистентности подопытных животных ($M \pm m$, $n=5$)

Table 3 – Resistance Indicators of experimental animals ($M \pm m$, $n=5$)

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	1-контрольная / 1-control		2-опытная / 2-trial	
	начало опыта / start of trial	конец опыта / end of trial	начало опыта / start of trial	конец опыта / end of trial
% лизиса / % lysis'	20,59 $\pm$ 1,04	17,67 $\pm$ 2,74	21,18 $\pm$ 2,12	17,00 $\pm$ 2,16
Лизоцим, мкг/мл сыворотки / Lysozyme, mcg / ml of serum	0,38 $\pm$ 0,01	0,31 $\pm$ 0,03	0,39 $\pm$ 0,03	0,30 $\pm$ 0,03
уд.ед.а, ед.а/мг белка / Unit a, unit a / mg of protein	1,02 $\pm$ 0,06	0,64 $\pm$ 0,11*	1,02 $\pm$ 0,11	0,63 $\pm$ 0,08*
БАСК, % / Bacterial activity, %	66,00 $\pm$ 0,58	68,59 $\pm$ 1,77	66,43 $\pm$ 0,63	67,03 $\pm$ 1,13
ФА, % / Phagocytic activity, %	50,80 $\pm$ 5,74	46,79 $\pm$ 2,72	49,20 $\pm$ 7,34	51,57 $\pm$ 0,78
ФИ / Phagocytic index	2,43 $\pm$ 0,24	2,16 $\pm$ 0,19	2,12 $\pm$ 0,13	2,24 $\pm$ 0,28
ФЧ / Phagocytic number	1,22 $\pm$ 0,13	1,02 $\pm$ 0,12	1,06 $\pm$ 0,20	1,19 $\pm$ 0,68

Достоверно – данные в конце опыта к началу опыта по соответствующей группе: при *- $p < 0,05$.

При завершении эксперимента показатель фагоцитарной активности сыворотки крови у коров, получавших ПОПСГ, – 51,57 %, что больше на 4,78 % в сравнении с контрольными значениями. Фагоцитарное число является дополнительным показателем, характеризующим поглотительную способность нейтрофилов. При анализе данных таблицы отмечено увеличение фагоцитарного числа и фагоцитарного индекса сыворотки крови животных опытного варианта на 0,17 % и 0,08 % в сравнении с контролем. Следовательно, обогащение рационов высокопродуктивных в первую фазу лактации ПОПСГ в количестве 100 г на 1 гол. / в сутки обеспечило незначительное повышение отдельных показателей неспецифического иммунитета (в сравнении с уровнем показателей на начало эксперимента и контролем).

Многие исследователи считают, что результативность осеменения высокопродуктивных новотельных коров и снижение индекса осеменения связаны с неблагоприятным кормовым фоном [1]. Нами в ходе эксперимента фиксировалось время прихода в охоту каждого животного и количество доз на плодотворное осеменение с дальнейшим расчетом индекса осеменения и продолжительности сервис-периода (таблица 4).

Таблица 4 – Воспроизводительная способность подопытных животных ($M \pm m$, $n=13$)

Table 4 – Indicators of reproduction of experimental animals ($M \pm m$, $n=13$)

Показатель / Indicator	Группа / Group	
	1-контрольная / 1-control	2-опытная / 2-trial
Количество коров, гол. / Quantity of cows, animals	13	13
Количество доз семени / The number of doses of semen	2,08 $\pm$ 0,46	1,54 $\pm$ 0,34
Индекс осеменения / Insemination index	2,45	1,82
Количество дней до первого осеменения / Days to first insemination	112,92 $\pm$ 15,34	90,85 $\pm$ 12,62
Сервис-период, дн. / Service period, days	164,45 $\pm$ 29,82	101,00 $\pm$ 15,31*
% стельности, в сравнении с контролем / % of pregnancy, compared to control	100	122
Выбраковка из-за воспроизводительных проблем, гол. / Culling due to reproductive problems, goal.	2	2

Достоверно при *- $p < 0,05$.

Установлено, что при использовании в кормлении новотельных коров ПОПСГ за весь период эксперимента в опытной группе в категорию «стельные» перевели на 22 % больше коров – 11 против 9 голов в контроле. Параллельно отмечали снижение индекса осеменения на 0,6 ед., а сервис-периода – на 63 дня ($p < 0,05$).

Выводы. Скармливание в рационах высокопродуктивных коров ПОПСГ в количестве 100 г/гол/сут. способствовало получению дополнительной прибыли – 3258,72 рубля на голову за период исследований (без учёта снижения индекса осеменения и сервисного периода), что подтверждает экономическую обоснованность и целесообразность его использования.

Таким образом, полученные нами результаты исследований позволяют рекомендовать специализированным и фермерским хозяйствам использование в кормлении высокопродуктивных новотельных коров ПОПСГ в период раздоя для улучшения функции рубцового пищеварения, обмена веществ и повышения иммунорезистентности. При всей совокупности положительных эффектов скармливание ПОПСГ приводит к лучшей реализации продуктивного потенциала молочного скота, повышению качества продукции.

Библиографический список

1. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах: монография / под ред. Р. В. Некрасова, А. В. Головина, Е. А. Махаева [и др.]. Москва, 2018. 290 с.
2. Победнов Ю. А., Соколова О. Н., Мамаев А. А. Содержание микотоксинов в корме при разных способах силосования и сенажирования трав // Проблемы биологии продуктивных животных. 2017. № 2. С. 51-59.
3. Применение кормовой добавки Алвисорб лактирующим коровам / А. А. Морозенко, А. В. Тюльков, Т. И. Юканова, В. В. Оханов, А. И. Сотниченко // Ветеринария. 2018. №2. С. 28-33.
4. Сотниченко А. И., Оханов В. В. Неполярные токсины в кормах. Стратегия борьбы // Комбикорма. 2016. №1. С. 106-109.
5. Фузариоз и диагностика заражённости концентрированных кормов его основными возбудителями / А. А. Стахеев, Р. В. Некрасов, Е. А. Гладырь, С. К. Завриев // Кормопроизводство. 2014. №7. С. 42-48.
6. A critical evaluation of health risk assessment of modified mycotoxins with a special focus on zearalenone / N. Lorenz, S. Dänicke, L. Edler, M. Rychlik, A. Mally // Mycotoxin Research. 2019. V. 35(1). P. 27-46. DOI: 10.1007 / s12550-018-0328-z.
7. Hydrophobized Reversed-Phase Adsorbent for Protection of Dairy Cattle against Lipophilic Toxins from Diet. Efficiency in Vitro and in Vivo / A. Sotnichenko, E. Pantsov, D. Shinkarev, V. Okhanov // Toxins. 2019. V. 11(5). P. 256-283. DOI: 10.3390/toxins11050256
8. Mycotoxins co-contamination: Methodological aspects and biological relevance of combined toxicity studies / Alassane-Kpembi, G. Schatzmayr, I. Taranu, D. Marin, O. Puel, I. P. Oswald // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2017. V. 57, I. 16. P. 3489-3507. DOI: 10.1080 / 10408398.2016.1140632.
9. Review on Mycotoxin Issues in Ruminants: Occurrence in Forages, Effects of Mycotoxin Ingestion on Health Status and Animal Performance and Practical Strategies to Counteract Their Negative Effects / A. Gallo, G. Giuberti, J. C. Frisvad et al. // Toxins. 2015. V. 7. P. 3057-3111. doi: 10.3390/toxins7083057.
10. Risks for animal health related to the presence of zearalenone and its modified forms in feed / H. K. Knutsen, J. Alexander, L. Lars Barreg et al. // EFSA Journal. 2017. V. 15(7). P. 4851. doi: 10.2903/j.efsa.2017.4851.
11. Risk to human and animal health related to the presence of 4,15-diacetoxyscirpenol in food and feed / H. K. Knutsen, J. Alexander, L. Barregård, S. Levorato, L. Edler // EFSA Journal. 2018. V. 16(8). e05367, DOI: 10.2903 / j.efsa.2018.5367.

Conclusions. The inclusion in the diet of high-yielding cows POPSH in the amount of 100 g per 1 head per day contributed to additional profit - 3258.72 rubles per head for the research period (without taking into account the decrease in the insemination index and the service period), which confirms the economic feasibility and advisability of its use.

Thus, the results of our research allow us to recommend to specialized farms the use of POPSH in the feeding of highly productive newly-calved cows during the initial milking period to improve the function of ruminal digestion, metabolism and increase immunoresistance. It can be stated that, in terms of the combination of positive effects, the feeding of POPSH unambiguously leads to a better realization of the productive potential of dairy cattle and to an increase in the quality of products.

References

1. Normy potrebnostej molochного skota i svinej v pitatel'nyh veschestvah: monografiya / pod red. R. V. Nekrasova, A. V. Golovina, E. A. Mahaeva [i dr.]. Moskva, 2018. 290 p.
2. Pobednov Yu. A., Sokolova O. N., Mamaev A. A. Soderzhanie mikotoksinov v korme pri raznyh sposobah silosovaniya i senazhirovaniya trav // Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh. 2017. № 2. P. 51-59.
3. Primenenie kormovoj dobavki Alvisorb laktiruyuschim korovam / A. A. Morozenko, A. V. Tyul'kov, T. I. Yukanova, V. V. Ohanov, A. I. Sotnichenko // Veterinariya. 2018. №2. P. 28-33.
4. Sotnichenko A. I., Ohanov V. V. Nepolyarnye toksiny v kormah. Strategiya bor'by // Kombikorma. 2016. №1. P. 106-109.
5. Fuzarioz i diagnostika zarazhonnosti koncentrirovannyh kormov ego osnovnymi vzbuditelyami / A. A. Staheev, R. V. Nekrasov, E. A. Gladyr', S. K. Zavriev // Kormoproizvodstvo. 2014. №7. P. 42-48.
6. A critical evaluation of health risk assessment of modified mycotoxins with a special focus on zearalenone / N. Lorenz, S. Dänicke, L. Edler, M. Rychlik, A. Mally // Mycotoxin Research. 2019. V. 35(1). P. 27-46. DOI: 10.1007 / s12550-018-0328-z.
7. Hydrophobized Reversed-Phase Adsorbent for Protection of Dairy Cattle against Lipophilic Toxins from Diet. Efficiency in Vitro and in Vivo / A. Sotnichenko, E. Pantsov, D. Shinkarev, V. Okhanov // Toxins. 2019. V. 11(5). P. 256-283. DOI: 10.3390/toxins11050256
8. Mycotoxins co-contamination: Methodological aspects and biological relevance of combined toxicity studies / Alassane-Kpembi, G. Schatzmayr, I. Taranu, D. Marin, O. Puel, I. P. Oswald // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2017. V. 57, I. 16. P. 3489-3507. DOI: 10.1080 / 10408398.2016.1140632.
9. Review on Mycotoxin Issues in Ruminants: Occurrence in Forages, Effects of Mycotoxin Ingestion on Health Status and Animal Performance and Practical Strategies to Counteract Their Negative Effects / A. Gallo, G. Giuberti, J. C. Frisvad et al. // Toxins. 2015. V. 7. P. 3057-3111. doi: 10.3390/toxins7083057.
10. Risks for animal health related to the presence of zearalenone and its modified forms in feed / H. K. Knutsen, J. Alexander, L. Lars Barreg et al. // EFSA Journal. 2017. V. 15(7). P. 4851. doi: 10.2903/j.efsa.2017.4851.
11. Risk to human and animal health related to the presence of 4,15-diacetoxyscirpenol in food and feed / H. K. Knutsen, J. Alexander, L. Barregård, S. Levorato, L. Edler // EFSA Journal. 2018. V. 16(8). e05367, DOI: 10.2903 / j.efsa.2018.5367.

Authors Information

Chabaev Magomed Gasiewicz, doctor of Agricultural Sciences, Professor, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Federal Agency of Scientific Organizations, 60, pos. Dubrovitsy, Podolsk District, Moscow Province, 142132 Russia, tel. 8 (4967) 65-12-90, e-mail: chabaev.m.g-1@mail.ru

Nekrasov Roman Vladimirovich, doctor of Agricultural Sciences, chief scientific researcher, Professor RAN, head of Department of feeding of agricultural animals, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Federal Agency of Scientific Organizations, 60, pos. Dubrovitsy, Podolsk District, Moscow Province, 142132 Russia, , tel. (4967) 65 1277, e-mail nek_roman@mail.ru.

Tsis Elena Yurievna, candidate of agricultural Sciences, research fellow, L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Federal Agency of Scientific Organizations, 60, pos. Dubrovitsy, Podolsk District, Moscow Province, 142132 Russia, , tel. +7(916) 277-47-27, e-mail: tsis-elen@yandex.ru

Okhanov Viktor Vladimirovich, candidate of chemical Sciences, Head of the Department of Research and Production Center «Fox and Co», 8, Simferopol Boulevard, Moscow, 117149, e-mail: sotnichenko@fox-rpc.com

Sotnichenko Alexander Ivanovich, candidate of biological Sciences, Head of the Department of Research and Production Center «Fox and Co», 8, Simferopol Boulevard, Moscow, 117149, e-mail: sotnichenko@fox-rpc.com

Информация об авторах

Чабаев Магомед Газиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (142132, Московская область, г.о. Подольск, п. Дубровицы, д.60), тел. (4967)651290, chabaev.m.g-1@mail.ru

Некрасов Роман Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, руководитель отдела кормления сельскохозяйственных животных федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (142132, Московская область, г.о. Подольск, п. Дубровицы, д.60), тел. (4967)651277, nek_roman@mail.ru

Цис Елена Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (142132, Московская область, г.о. Подольск, п. Дубровицы, д.60), тел. 8(916)277-47-27, e-mail: tsis-elen@yandex.ru

Оханов Виктор Владимирович, кандидат химических наук, ООО НПЦ «Фокс и Ко», 117149, г. Москва, Симферопольский бульвар, 8, +7 (499) 317-20-37, company@fox-rpc.com

Сотниченко Александр Иванович, кандидат биологических наук, начальник отдела ООО НПЦ «Фокс и Ко», 117149, г. Москва, Симферопольский бульвар, 8, тел. 8(916) 106-76-60, e-mail: sotnichenko@fox-rpc.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-20

MILK PRODUCTIVITY OF COWS, THE QUALITY OF MILK AND ITS PRODUCTS DURING NORMALIZATION OF PROTEIN NUTRITION

N. G. Chamurliiev¹, A. S. Filatov², A. G. Mel'nikov¹, E. A. Mel'nikova¹,
E. S. Vorontsova^{1,2}

¹Volgograd State Agrarian University

²Povolzhsky Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

Received 25.10.2019

Submitted 03.02.2020

Summary

The article studies the effect of protein normalization in cow diets on milk production, the quality of milk and its processed products. For 305 days of lactation, milk yield per cow in the experimental group amounted to 5735.0 kg, which is 495.0 kg or 9.44 % (P <0.01) higher compared to animals in the control group.

Abstract

Introduction. In the conditions of the Lower Volga region, waste of oil extraction production is used to cover the protein deficiency in winter rations of cows (about 30 %). Therefore, elimination of protein deficiency through the use of local high-protein additives (meal and meal) is an urgent problem and is of practical importance. In this regard, the aim of the study was to increase the milk productivity of cows by normalizing protein by using sunflower meal in their diets and to study the quality of milk and its processed products in the conditions of a peasant farm. **Materials and methods.** Studies on cows of black-motley breed were performed by the group method. 2 groups of cows were formed with

15 animals each. The animals in the groups were selected taking into account age, state of health, the number of lactations, the level of productivity for the previous lactation, calving time, live weight. The cows of the control group were fed a general diet + crushed barley, of the experimental group - a similar diet as in the control group, but part of the crushed barley was replaced by sunflower cake. **Results.** The cost per 1 kg of milk in the control group of cows was 0.80 energy feed units and 69.0 g of digestible protein versus 0.73 energy feed units and 74.6 g of digestible protein in the experimental group of animals. The highest average daily milk yield was recorded in cows of the experimental group - 18.80 kg, which is 1.62 kg or 9.43 % ($P < 0.01$) more than the average daily milk yield of cows in the control group. According to the content of fat and protein in milk, a significant difference between the cows of the control and experimental groups was not found. A significant difference ($P < 0.05$) was established in favor of the cows of the experimental group in the amount of milk fat (9.16 %) and in the amount of milk protein - 10.78 % ($P < 0.05$). The cost of milk in the experimental group of cows amounted to 13.99 rubles, which is 1.32 rubles. lower compared to the control group of animals. At the same time, the level of profitability of milk production in the experimental group of cows amounted to 56.95 %, which is 13.19 abs. percent higher compared to the control group of animals. **Conclusion.** Thus, in order to increase the milk productivity of cows and improve the quality of milk obtained by normalizing protein, it is advisable to add sunflower meal to the diets. Replacing 1.0 kg of barley in the diets of cows of the experimental group with 1.0 kg of sunflower meal allows you to increase milk yield for 305 days of lactation by 495.0 kg or 9.44 %, the amount of milk fat - by 9.16 %, the amount of milk protein - by 10.78 %, the average daily milk yield for lactation - by 1.62 kg or 9.43 %. The profitability of milk production increased by 13.19 abs. percent

Key word: cow, milk, milk productivity, milk quality, dairy product, cost, profitability.

Citation. Chamurliiev N. G., Filatov A. S., Mel'nikov A. G., Mel'nikova E. A., Vorontsova E. S. Milk productivity of cows, the quality of milk and its products during normalization of protein nutrition. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 202-212 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-20.

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

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

УДК 636.2.034.087.74:637.12.05

МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ, КАЧЕСТВО МОЛОКА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ ПРИ НОРМАЛИЗАЦИИ ПРОТЕИНОВОГО ПИТАНИЯ

Н. Г. Чамурлиев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. С. Филатов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. Г. Мельников¹, кандидат биологических наук
Е. А. Мельникова¹, кандидат биологических наук
Е. С. Воронцова^{1,2}, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград

²Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 25.10.2019

Дата принятия к печати 03.02.2020

Введение. В условиях Нижнего Поволжья отходы маслоэкстракционного производства используются для покрытия дефицита белка в зимних рационах коров (около 30 %). Проблема устранения дефицита белка за счет использования местных высокобелковых добавок (шрот и мука) является актуальной, имеет важное практическое значение. **Материалы и методы.** Исследования на коровах черно-пестрой породы проводились групповым методом. Были сформированы 2 группы коров по 15 голов в каждой. Животные в группах отбирались с учетом

возраста, состояния здоровья, количества лактаций, уровня продуктивности за предшествующую лактацию, времени отела, живой массы. Коровам контрольной группы скармливали общий рацион + дробленый ячмень, опытной группы – такой же рацион, как и в контрольной группе, но часть дробленого ячменя заменяли подсолнечным жмыхом. **Результаты и выводы.** В статье изучено влияние нормализации протеина в рационах коров на молочную продуктивность, качество молока и продуктов его переработки. За 305 дней лактации удой в расчете на одну корову в опытной группе составил 5735,0 кг, что на 495,0 кг, или 9,44 % ($P < 0,01$) выше по сравнению с животными контрольной группы. Затраты на 1 кг молока в контрольной группе коров составили 0,80 энергетических кормовых единиц и 69,0 г переваримого протеина против 0,73 энергетических кормовых единиц и 74,6 г переваримого протеина в опытной группе животных. Наибольший среднесуточный удой был зафиксирован у коров опытной группы – 18,80 кг, что на 1,62 кг или 9,43 % ($P < 0,01$) больше по сравнению со среднесуточным удоем коров контрольной группы. По содержанию жира и белка в молоке существенной разницы между коровами контрольной и опытной группами не установлено. Достоверная разница ($P < 0,05$) установлена в пользу коров опытной группы по количеству молочного жира (9,16 %) и по количеству молочного белка - 10,78 % ($P < 0,05$). Себестоимость молока в опытной группе коров составила 13,99 руб., что на 1,32 руб. ниже по сравнению с контрольной группой животных. При этом уровень рентабельности производства молока в опытной группе коров составил 56,95 %, что на 13,19 абс. процента выше по сравнению с контрольной группой животных.

Ключевые слова: переработка молока, молочная продуктивность коров, качество молока, кисломолочные продукты, себестоимость молока, рентабельность молочного производства.

Цитирование. Чамурлиев Н. Г., Филатов А. С., Мельников А. Г., Мельникова Е. А., Воронцова Е. С. Молочная продуктивность коров, качество молока и продуктов его переработки при нормализации протеинового питания. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 202-212. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-20.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Согласно Указу президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. N 120 важнейшей задачей, поставленной перед производственными и перерабатывающими предприятиями сельского хозяйства, является решение проблемы продовольственной безопасности страны. Одним из наиболее актуальных направлений является обеспечение населения молоком и молочными продуктами.

Многочисленными исследованиями подтверждено, что молочная продуктивность и качество молока коров определяются генотипом животного и паратипическими условиями, среди которых определяющим фактором является кормление [1, 2, 6, 8].

Ученые и практики на первое место по влиянию на молочную продуктивность ставят уровень и полноценность кормления, на второе место – генотип и селекцию скота, на третье – условия содержания. При организации биологически полноценного кормления коров основной проблемой становится протеиновое питание [3, 4, 7, 10].

В условиях Нижнего Поволжья для покрытия дефицита протеина в зимних рационах коров (около 30 %) используют отходы маслоэкстракционного производства. Поэтому устранение дефицита протеина за счет использования местных высокопротеиновых добавок (жмыхов и шротов) является актуальной проблемой и имеет практическое значение [5, 9].

В связи с этим целью исследования являлось повышение молочной продуктивности коров за счет нормализации протеина путем использования в их рационах подсолнечного жмыха и изучение качества полученного молока и продуктов его переработки в условиях крестьянского фермерского хозяйства (КФХ) «Хоботова М. Н.» Ольховского района Волгоградской области.

Материалы и методы. Исследования на коровах черно-пестрой породы проводили методом групп (Овсянников А. И., 1976). Были сформированы 2 группы коров по 15 голов в каждой. Животных в группы подбирали с учетом возраста, состояния здоровья, количества лактаций, уровня продуктивности за предыдущую лактацию, времени отела, живой массы. Коровам контрольной группы скормливали общехозяйственный рацион + ячмень дробленый, опытной группы – аналогичный рацион, как и в контрольной группе, но часть ячменя дробленого заменялась жмыхом подсолнечным.

Рационы для подопытных коров составляли согласно детализированным нормам кормления животных, разработанным Калашниковым А. П. и др. (2003).

Исследование используемых кормов, физиологического состояния животных, качественных показателей молока и молочного продукта проводили с использованием современных и классических методов зоотехнических исследований в аккредитованной и сертифицированной лаборатории.

Экономическую эффективность производства молока рассчитывали по методике ВАСХНИЛ (1983).

Цифровой материал, полученный в опытах, обработан методом вариационной статистики по Плохинскому Н. А. (1969) с использованием пакета программ Microsoft Office на ПК и определение критерия достоверности по Стьюденту – Фишеру при трех уровнях вероятности.

Результаты и обсуждение. По структуре и показателям компонентов рационы подопытных коров были аналогичными. Основной рацион коров контрольной группы состоял из силоса кукурузного 28,0 кг, сена суданской травы – 5,0 кг, ячменя дробленого – 4,0 кг. В рационах коров опытной группы 1,0 кг ячменя был заменен на 1,0 кг жмыха подсолнечного. В летний период животные обеих групп получали зеленую массу 55-60 кг + концентраты (ячмень дробленый 4,0 кг – контрольная группа и 3,0 кг ячмень дробленый + 1,0 кг жмых подсолнечный).

Общая питательность рационов в летний и зимний периоды в среднем составляла в контрольной группе 13,80 энергетических кормовых единиц (ЭКЕ), в опытной группе – 13,68, а переваримого протеина в рационах животных контрольной группы содержалось 1189,6 г, у опытных животных – 1392,6 г. В расчете на одну энергетическую единицу в рационах животных контрольной группы приходилось 86,2 г переваримого протеина, а в рационах коров опытной группы – 101,8 г.

Таким образом, за счет замены в рационах коров опытной группы 1,0 кг ячменя на 1,0 кг жмыха подсолнечного обеспеченность в переваримом протеине была сбалансирована и соответствовала рекомендуемым нормам.

Результаты, полученные в наших исследованиях, показали, что при постановке на опыт показатели температуры тела, частота дыхания и пульса у животных подопытных групп варьировали незначительно и находились в пределах нормы.

Однако через 3 месяца раздоя было установлено, что показатели температуры тела по контрольной группе от начальных показателей возросли на 0,1 °С, в опытной – на 0,3 °С ($P < 0,05$), частота дыхания – на 0,1 и 0,4 ($P < 0,05$) раз в минуту, частота пульса – на 0,1 и 0,6 ($P < 0,05$) раз в минуту.

В конце лактации отмечено снижение показателей у опытных животных в сравнении с периодом раздоя. Тем не менее, эти показатели у коров опытной группы оставались выше, чем при постановке на опыт. По-видимому, с повышением молочной продуктивности у животных создавалось дополнительное напряжение в их организме, что способствовало изменению температуры тела, учащению дыхания и пульса.

Гематологические и морфологические показатели крови находились в норме. Однако цифровые значения этих показателей в опытной группе имели тенденцию к увеличению.

В молочном скотоводстве главным показателем, характеризующим продуктивность коров, является удой за лактацию. Результаты удоя коров по месяцам лактации представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Удой коров по месяцам лактации, кг

Table 1 – Milking of cows by months of lactation, kg

Месяцы лактации / Months of lactation	Группа коров / Group of cows		Разница / Difference	
	контрольная / control	опытная / experimental	кг / kg	%
1	401,5±45,8	450,0±66,7	48,5	12,08
2	738,6±38,6	788,5±40,2	49,9	6,76
3	700,2±36,6	749,0±37,4	48,8	6,97
4	651,3±34,4	690,4±35,6	39,1	6,00
5	604,5±32,6	644,5±33,9	40,0	6,62
6	557,4±30,4	610,6±30,0	53,2	9,54
7	544,4±28,8	594,4±28,0	50,0	9,18
8	450,5±26,7	509,6±27,4	59,1	13,13
9	381,0±24,5	440,6±25,6	59,6	15,64
10	210,5±23,8	257,4±24,5	46,9	22,33
За 305 дней лактации / 305 days of lactation	5240,0±30,0	5735,0±35,0**	495,0	9,44

Примечание: здесь и далее *- $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; *** - $P < 0,001$ – достоверность разницы по сравнению с контрольной группой коров.

Анализ данных таблицы показывает, что удой коров опытной группы, в рационах которых частично использовали жмых подсолнечный вместо ячменя, во все месяцы лактации был выше, чем у контрольных животных. Разница по удою в пользу опытных коров колебалась от 6,0 до 22,33 %. За 305 дней лактации удой в расчете на одну корову в опытной группе составил 5735,0 кг, что на 495,0 кг или 9,44 % ($P < 0,01$) выше по сравнению с животными контрольной группы.

Общий расход кормов на одну корову за период лактации (305 дней) в контрольной группе составил 4209 энергетических кормовых единиц и 362,83 кг переваримого протеина, в опытной – 4172,4 ЭКЕ и 424,74 кг переваримого протеина соответственно. За этот же период в контрольной группе получено 5240,0 кг молока, а в опытной – 5735,0 кг. Результаты расчетов затрат кормов на 1 кг молока представлены в таблице 2.

Данные таблицы позволяют заключить, что затраты на 1 кг молока в контрольной группе коров составили 0,80 энергетических кормовых единиц и 69,0 г переваримого протеина против 0,73 энергетических кормовых единиц и 74,6 г переваримого протеина в опытной группе животных. Опытные коровы сэкономили 0,07 энергетических кормовых единиц на 1 кг молока, однако перерасходовали 9,6 г переваримого протеина по сравнению с коровами из контрольной группы.

Таблица 2 – Затраты кормов на 1 кг молока

Table 2 – The cost of feed per 1 kg of milk

Группа коров / Group of cows	Затраты кормов / Feed costs		Получено мо- лока, кг / Milk received, kg	Затраты кормов на 1 кг моло- ка / Feed costs per 1 kg of milk	
	ЭКЕ / EFU	пп, кг / dp, kg		ЭКЕ / EFU	пп, г / dp, g
Контрольная / Control	4209,0	362,83	5240,0	0,80	69,0
Опытная / Experimental	4172,4	424,74	5735,0	0,73	74,6

В наших исследованиях при оценке молочной продуктивности коров учитывались следующие показатели: продолжительность лактации, валовой удой в расчете на 1 голову, массовая доля жира и белка в молоке, количество молочного жира и молочного белка в молоке. Результаты молочной продуктивности коров за 305 дней лактации представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Молочная продуктивность подопытных коров

Table 3 – Milk productivity of experimental cows

Показатель / Indicator	Группа коров / Group of cows	
	контрольная / control	опытная / experimental
Продолжительность лактации, дней / Duration of lactation, days	305	305
Валовой удой в расчете на 1 голову, кг / Gross milk yield per 1 head, kg	5240,0±30,0	5735,0±35,0**
Массовая доля жира в молоке, % / Mass fraction of fat in milk, %	3,94±0,02	3,93±0,03
Массовая доля белка в молоке, % / Mass fraction of protein in milk, %	3,28±0,01	3,32±0,02
Количество молочного жира, кг / The amount of milk fat, kg	206,46±5,0	225,39±4,80*
Количество молочного белка, кг / The amount of milk protein, kg	171,87±3,95	190,40±4,40*

Таблица 4 – Качественные показатели молока подопытных коров

Table 4 – Qualitative indicators of milk experimental cows

Показатель / Indicator	Группа коров / Group of cows	
	контрольная / control	опытная / experimental
Среднесуточный удой за лактацию, кг / The average daily milk yield for lactation, kg	17,18±0,17	18,80±0,22**
Содержание жира в молоке, % / The fat content in milk, %	3,94±0,02	3,93±0,03
Содержание белка в молоке, % / The protein content in milk, %	3,28±0,01	3,32±0,02
в том числе казеин / including casein	2,72±0,01	2,75±0,01
Лактоза, % / Lactose, %	4,60±0,07	4,62±0,08
Сухое вещество, % / Dry matter %	12,45±0,11	12,54±0,09
СОМО, % / DSMR, %	8,51±0,07	8,61±0,08
Зола, % / Ash, %	0,63±0,01	0,67±0,02
Плотность молока, кг/м ³ / The density of milk, kg/m ³	1,029±0,02	1,030±0,03
Кислотность молока, °T / The acidity of milk, °T	17,35±0,19	17,42±0,21

Таблица 5 – Органолептические показатели выработанного биоогурта

Table 5 – Organoleptic indicators of the developed bioogurt

Наименование показателя / Name of indicator	Требования ГОСТ 31981-2013 / Requirements GOST 31981-2013	Образец биоогурта выработанный / Bioogurt sample worked out	
		из молока коров контрольной группы / from milk of cows of the control group	из молока коров опытной группы / from milk of cows of the experimental group
Внешний вид и консистенция / Appearance and consistency	Однородная, с нарушенным сгустком при резервуарном способе производства, с ненарушенным сгустком – при термостатном способе производства, в меру вязкая, при добавлении загустителей или стабилизирующих добавок – желеобразная или кремообразная. Допускается наличие включений нерастворимых частиц, характерных для внесенных компонентов/ Homogeneous, with a disturbed clot in the reservoir method of production, with an undisturbed clot in the thermostatic method of production, moderately viscous, with the addition of thickeners or stabilizing additives - jelly-like or creamy. The presence of inclusions of insoluble particles characteristic of the introduced components is allowed	Консистенция однородная, с нарушенным сгустком, вязкая. Имеется незначительный синерезис/ The consistency is uniform, with a broken clot, viscous. There is slight syneresis	Консистенция однородная, с нарушенным сгустком, в меру вязкая. Синерезис отсутствует/ The consistency is uniform, with a broken clot, moderately viscous. No syneresis
Вкус и запах / Taste and smell	Чистые, кисломолочные, без посторонних привкусов и запахов, в меру сладкий вкус (при выработке с подслащивающими компонентами), с соответствующим вкусом и ароматом внесенных компонентов/ Pure, sour-milk, without extraneous smacks and odors, moderately sweet taste (when developed with sweetening components), with the corresponding taste and aroma of non-hay components	Вкус чистый, кисломолочный, в меру сладкий. Запах соответствует кисломолочному продукту / The taste is clean, sour-milk, moderately sweet. The smell corresponds to a dairy product	Вкус чистый, кисломолочный, в меру сладкий. Запах соответствует кисломолочному продукту / The taste is clean, sour-milk, moderately sweet. The smell corresponds to a dairy product
Цвет / Colour	Молочно-белый или обусловленный цветом внесенных компонентов, однородный или с вкраплениями нерастворимых частиц / Milky white or due to the color of the introduced components, homogeneous or interspersed with insoluble particles	Цвет молочно-белый / Color milky white	Цвет молочно-белый / Color milky white

Показатели, отраженные в таблице, свидетельствуют о том, что валовой удой коров опытной группы в среднем составил 5735,0 кг, что на 9,44 % достоверно выше ($P < 0,01$) по сравнению с коровами контрольной группы. По содержанию жира и белка в молоке существенной разницы между коровами контрольной и опытной групп не установлено. Достоверная разница ($P < 0,05$) установлена в пользу коров опытной группы по количеству молочного жира (9,16 %) и по количеству молочного белка – 10,78 % ($P < 0,05$).

Исследования показали, что частичная замена в рационах коров опытной группы ячменя дробленого на жмых подсолнечный повлияла не только на количество произведенного молока, но и его количественный состав (таблица 4).

В исследованиях установлена достоверная разница по среднесуточному удою за лактацию – 1,62 кг, или 9,43 % ($P < 0,01$). По содержанию жира в молоке достоверной разницы не установлено, а по содержанию белка отмечена тенденция к ее увеличению в молоке коров опытной группы, в том числе и казеина. По содержанию лактозы в молоке коров разных групп разница была незначительна и составила 0,02 абс. проц. По таким показателям, как сухое вещество, СОМО и зола, незначительная разница была в пользу опытных коров.

Для исследования качественных показателей молока сырья, полученного от коров черно-пестрой породы контрольной и опытной групп, был выработан кисломолочный продукт – биойогурт с массовой долей жира 2,5 %.

Биойогурт вырабатывался по следующей технологической схеме: подготовка сырья, нормализация, гомогенизация, пастеризация, охлаждение до температуры заквашивания, заквашивание, сквашивание, перемешивание и охлаждение, фасование.

Основные компоненты рецептуры биойогурта следующие: молоко нормализованное с массовой долей жира 2,5 %, йогуртовая закваска (*Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*), сахар, стабилизатор.

Определение качества продукта проводили по органолептическим и физико-химическим показателям. Результаты представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 6 – Физико-химические показатели биойогурта

Table 6 – Physico-chemical characteristics of bioogurt

Наименование показателя / Name of indicator	Требования ГОСТ 31981-2013 / Requirements GOST 31981-2013	Образец биойогурта выработанный / Bioogurt sample worked out	
		из молока коров кон- трольной группы / from milk of cows of the control group	из молока коров опытной группы / from milk of cows of the experimental group
Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	2,5	2,5	2,5
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	не менее 3,2 not less than 3.2	3,3	3,4
Кислотность, °Т / Acidity, ° T	От 75 до 140 включ. From 75 to 140 incl.	76	75
Фосфатаза или Пероксидаза / Phosphatase or peroxidase	Отсутствие Absent	Не обнаружено Not Detected	Не обнаружено Not Detected

Данные таблицы свидетельствуют о том, что органолептические показатели биойогурта, выработанного из полученного молока, соответствуют требованиям ГОСТ 31981-2013 «Йогурты. Общие технические условия»; в продукте, выработанном из молока коров контрольной группы, наблюдался небольшой синерезис.

По физико-химическим показателям выработанный продукт из молока как контрольной, так и опытной групп полностью соответствует требованиям ГОСТ 31981-2013 «Йогурты. Общие технические условия».

Проведенное исследование позволяет утверждать, что использование молока сырого, полученного от коров опытной группы, при выработке кисломолочных продуктов, в частности био йогурта с массовой долей жира 2,5 % позволяет вырабатывать высококачественные продукты, соответствующие требованиям нормативных документов.

Критерием оценки результатов эффективности использования подсолнечного жмыха взамен части зерна ячменя в рационах лактирующих коров является расчет экономической эффективности (таблица 7).

За период лактации от коров опытной группы в среднем получено 6629,0 кг молока базисной жирности, что на 556,8 руб. или 9,17 % больше аналогичного показателя коров контрольной группы. При одинаковой цене реализации 1 кг молока 19,0 руб., себестоимость молока в опытной группе коров составила 13,99 руб., что на 1,32 руб. ниже по сравнению с контрольной группой животных. При этом уровень рентабельности производства молока в опытной группе коров составил 56,95 %, что на 13,19 абс. процента выше по сравнению с контрольной группой животных.

Таблица 7 – Экономическая эффективность производства молока подопытных коров

Table 7 – Economic efficiency of milk production of experimental cows

Показатель / Indicator	Группа коров / Group of cows	
	контрольная / control	опытная / experimental
Надоено молока за 305 дней лактации, кг / Milk is milked for 305 days of lactation, kg	5240,0	5735,0
Жирность молока, % / The fat content of milk, %	3,94	3,93
Надоено молока базисной жирности (3,4 %), кг / Milk of basic fat content (3,4 %), kg	6072,2	6629,0
Реализационная стоимость 1 кг молока, руб. / Realizable value of 1 kg of milk, rub.	19,00	19,00
Выручка от реализации за 305 дней лактации, руб. / Sales revenue for 305 days of lactation, rub.	115372	125951
Производственные затраты за 305 дней лактации, руб. / Production costs for 305 days of lactation, rub.	80250,0	80250,0
Прибыль, руб. / Profit, rub	35122	45701,0
Себестоимость 1 кг молока, руб. / Cost of 1 kg of milk, rub.	15,31	13,99
Уровень рентабельности, % / Profitability level, %	43,76	56,95

Выводы. Таким образом, для повышения молочной продуктивности коров и улучшения качественных показателей полученного молока за счет нормализации протеина целесообразно в рационы добавлять подсолнечный жмых. Замена 1,0 кг ячменя в рационах коров опытной группы на 1,0 кг жмыха подсолнечного позволяет увеличить надой за 305 дней лактации на 495,0 кг, или 9,44 %, количество молочного жира – на 9,16 %, количество молочного белка – на 10,78 %, среднесуточный удой за лактацию – на 1,62 кг, или 9,43 %. Уровень рентабельности производства молока увеличился на 13,19 абс. проц.

Библиографический список

1. Влияние аспарагинатов микроэлементов на метаболизм молочных коров / А. П. Коробов, И. И. Калюжный, С. В. Козлов, С. П. Москаленко, А. П. Гуменюк, А. С. Батаргалиев // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 4. С. 31-34.
2. Влияние новой комплексной кормовой добавки на переваримость питательных веществ кормов и молочную продуктивность коров / И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, Н. И. Мосолова, А. Н. Сивко, Г. А. Зеленкова, Н. И. Ковзалов, В. А. Бараников // Молочное и мясное скотоводство. 2017. №8. С. 31-35.
3. Долженкова Г. М., Гатауллин Н. Г., Губайдуллин Н. М. Влияние комплексной добавки БиоДарин на молочную продуктивность коров чёрно-пёстрой породы // Известия ОГАУ. 2017. №6 (68). С. 169-173.
4. Машкина Е. И., Степаненко Е. С. Влияние облепихового жмыха на молочную продуктивность коров-первотелок // Вестник АГАУ. 2016. №11 (145). С. 99-102.
5. Николаев С. И., Яценко А. П., Струк Н. В. Перспективы использования рыжикового жмыха и бишофита в кормлении дойных коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. №35-1. С. 101-102.
6. Разработка нового биоконсерванта для силосования кормов / Е. А. Васильева, Г. Ю. Рабинович, З. Я. Никитина, О. В. Абрампальская // Молочное и мясное скотоводство. 2017. №3. С. 26-29.
7. Рыжиковый жмых в комбикормах для лактирующих коров / В. С. Зотеев, Г. А. Симонов, С. В. Зотеев, Е. И. Писарев // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 3. С. 29-32.
8. Трухачев В. И., Эбзеев М. М., Барнев В. Н. Влияние скармливания разных источников протеина на молочную продуктивность лактирующих коров // Достижения науки и техники АПК. 2010. №3. С. 49.
9. Харитонов Е. Л. Сравнительные исследования использования соевого шрота и жмыха в рационах лактирующих коров в эквивалентных количествах по обменному протеину // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 2. С. 17-20.
10. Шурыгина А. И. Чем восполнить недостаток протеина в рационах высокопродуктивных коров? // Молочное и мясное скотоводство. 2014. № 2. С. 15-16.

Conclusion. Thus, in order to increase the milk production of cows and improve the quality of milk obtained by normalizing protein, it is advisable to add sunflower meal to the diets. The replacement of 1.0 kg of barley in the diets of cows of the experimental group with 1.0 kg of sunflower meal allows you to increase milk yield for 305 days of lactation by 495.0 kg or 9.44 %, the amount of milk fat - by 9.16 %, the amount of milk protein - by 10.78 %, the average daily milk yield for lactation - by 1.62 kg or 9.43 %. The profitability level of milk production increased by 13.19 abs. percent

References

1. Vliyanie asparaginatov mikroelementov na metabolizm molochnyh korov / A. P. Korobov, I. I. Kalyuzhnyj, S. V. Kozlov, S. P. Moskalenko, A. P. Gumenyuk, A. S. Batargaliev // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2015. № 4. P. 31-34.
2. Vliyanie novoj kompleksnoj kormovoj dobavki na perevarimost' pitatel'nyh veschestv kormov i molochnuyu produktivnost' korov / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, A. N. Sivko, G. A. Zelenkova, N. I. Kovzalov, V. A. Baranikov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2017. №8. P. 31-35.
3. Dolzhenkova G. M., Gataullin N. G., Gubajdullin N. M. Vliyanie kompleksnoj dobavki BioDarin na molochnuyu produktivnost' korov chjorno-pjostroy porody // Izvestiya OGAU. 2017. №6 (68). P. 169-173.
4. Mashkina E. I., Stepanenko E. S. Vliyanie oblepihovoogo zhmyha na molochnuyu produktivnost' korov-pervotelok // Vestnik AGAU. 2016. №11 (145). P. 99-102.
5. Nikolaev S. I., Yacenko A. P., Struk N. V. Perspektivy ispol'zovaniya ryzhikovogo zhmyha i bishofita v kormlenii dojnyh korov // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. №35-1. P. 101-102.

6. Razrabotka novogo biokonservanta dlya silosovaniya kormov / E. A. Vasil'eva, G. Yu. Rabino-
vich, Z. Ya. Nikitina, O. V. Abrampal'skaya // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2017. №3. P. 26-29.
7. Ryzhikovyj zhmyh v kombikormah dlya laktiruyuschih korov / V. S. Zoteev, G. A. Si-
monov, S. V. Zoteev, E. I. Pisarev // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2016. № 3. P. 29-32.
8. Truhachev V. I., Jebzeev M. M., Barnev V. N. Vliyanie skarmlivaniya raznyh istochnikov
proteina na molochnyuyu produktivnost' laktiruyuschih korov // Dostizheniya nauki i tehniki APK.
2010. №3. P. 49.
9. Haritonov E. L. Sravnitel'nye issledovaniya ispol'zovaniya soevogo shrota i zhmyha v ra-
cionah laktiruyuschih korov v jekvivalentnyh kolichestvah po obmennomu proteinu // Molochnoe i
myasnoe skotovodstvo. 2018. № 2. P. 17-20.
10. Shurygina A. I. Chem vospolnit' nedostatok proteina v racionah vysokoproduktivnyh ko-
rov? // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2014. № 2. P. 15-16.

Authors Information

Chamurliiev Nodari Georgievich, Professor, Department of Private Zootechnics, Volgograd State Agrari-
an University, (Russian Federation, 400002, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Doctor
of Agricultural Sciences. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065> E-mail: zootexnia@mail.ru

Filatov Alexander Sergeevich, Chief Researcher at the Department of storage and processing of agricul-
tural products The Volga region research institute of manufacture and processing of meat-and-milk produc-
tion (Russian Federation, 400131, , Volgograd region, Volgograd, st. them. Rokossovsky, 6), Doctor of
Agricultural Sciences ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3550-4324> E-mail: niimmp@mail.ru

Melnikov Artem Gennad'evich, associate professor of the department of production technology, pro-
cessing of livestock products and commodity science of the Volgograd State Agrarian University (Russia,
400002, Volgograd region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), candidate of biological sciences
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0154-5582> E-mail: artem.mag7@mail.ru

Melnikova Elena Aleksandrovna, Associate Professor of the Department of Production Technology, Pro-
cessing of Livestock Products and Commodity Science, Volgograd State Agrarian University (Russia,
400002, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), candidate of biological sciences
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5996-155X> E-mail: vkmailian@yandex.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

Чамурлиев Нодари Георгиевич, профессор кафедры частной зоотехнии Волгоградского государ-
ственного аграрного университета (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университет-
ский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065> E-
mail: zootexnia@mail.ru

Филатов Александр Сергеевич, главный научный сотрудник отдела по хранению и переработке сель-
скохозяйственной продукции Поволжского научно-исследовательского института производства и пере-
работки мясомолочной продукции (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. им. Рокоссовского, 6), доктор сельско-
хозяйственных наук ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3550-4324>. E-mail: niimmp@mail.ru

Мельников Артем Геннадьевич, доцент кафедры технологии производства, переработки продук-
тов животноводства и товароведения Волгоградского государственного аграрного университета
(РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат биологиче-
ских наук ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0154-5582>. E-mail: artem.mag7@mail.ru

Мельникова Елена Александровна, доцент кафедры технологии производства, переработки про-
дуктов животноводства и товароведения Волгоградского государственного аграрного университета
(РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат биологиче-
ских наук ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5996-155X>. E-mail: vkmailian@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, аспирант федерального государственного бюджетного научного
учреждения «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясо-
молочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0730-853X>. E-mail: esvoronts@mail.ru

FIGHTING THE *VARROA-JACOBSONI* TICK IN APIARIES IN THE VOLGOGRAD REGION

V. A. Chuchunov, E. B. Radzievskiy, V. A. Zlepkin, T. V. Konobley

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 10.02.2020

Submitted 11.03.2020

Summary

The article presents the results of the treatment of bees from Varroaosis. The results of the research showed that the use of bipin and thymol allowed to reduce the contamination of bee families in the experimental groups to an average of 0.91 % - 2.29 %, which corresponds to the minimum safe level, in comparison with the control groups, where the percentage of tick content increased slightly. We recommend using amitraz containing the drug "Bipin" in combination with thymol as an effective treatment for varroaosis when preparing bee colonies for winter.

Abstract

Introduction. Recently, one of the main problems of domestic beekeeping is the effectiveness of the fight against the parasite *Varroa*. A feature of this parasite is that it searches for its victims remotely, using its sense of smell, as well as thermoreceptors. By biting the victim and eating its lymph, the *Varroa tick* weakens the bee and «opens the gate» to infect the host, making the bee more susceptible to other diseases. Tick-affected bees cannot develop well, show high productive qualities, and cannot tolerate the winter period. According to the results of a number of studies, the therapeutic measures carried out as a result of cross-infection by ticks, the biology features of the *Varroa tick* itself, and in addition to the conditions that have formed on a particular apiary, it is not possible to completely destroy the parasite, and therapeutic measures can reduce the severity of families to some conditionally safe level. The most effective work, in our opinion, in combating the parasite is carried out during the preparation of bee colonies for wintering, when the family is absent or has the smallest number of broods, and nests are reduced and, if necessary, replenishment of feed reserves is carried out. **Object.** The object of research is the bee family of nomadic apiaries of the Volgograd region affected by the *Varroa tick*. **Materials and methods.** In our studies, we used bipin (amitraz containing preparation) and thymol preparations in the conditions of nomadic apiaries in the Volgograd region. We studied the biology and morphology of the *Varroa-Jacobsoni* tick, as well as its detrimental effect on both bee larvae in the state of printed brood and on adults. The main therapeutic and prophylactic drugs and modes that are used to combat this parasite are considered. The external signs of the manifestation of this disease were studied. Dosages, methods and modes of administration of bipin and thymol preparations were tested in accordance with our research scheme. **Results and conclusions.** When examining the apiaries by the degree of numbing by the parasite *Varroa-Jacobsoni* after the main honey collection, it was revealed that the number of ticks in apiaries was from 44.01 % to 17.42 %. According to the results of therapeutic measures according to the research scheme below, it was possible to reduce the burden of bee colonies in the experimental groups by an average of 0.91 % - 2.29 %, which corresponds to the minimum safe level, in comparison with the control groups, where the percentage of ticks has not changed. We recommend using amitraz-containing preparations in combination with thymol as an effective tool in the treatment of varroaosis in preparing bee colonies for wintering. Processing amitraz containing preparations should be carried out by small-drop watering of a working water emulsion of the bipin preparation on bees in the interframe spaces in the absence or minimum quantity of brood, and Timol-B should be fed with a small amount of 50 % sugar syrup using beehive feeders.

Key words: honey bee mites *Varroa – Jakobsoni* disease the varroa, bipin, Thymol-V.

Citation. Chuchunov V. A., Radzievsky E. B., Zlepkin V. A., Konobley T. V. Fighting the *Varroa-Jacobsoni* tick in apiaries of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 213-219 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-21.

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 638.15:638.141.4(470.45)

**БОРЬБА С КЛЕЩОМ *ВАРРОА-ЯКОБСОНИ*
НА ПАСЕКАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****В. А. Чучунов**, кандидат биологических наук**Е. Б. Радзиевский**, кандидат сельскохозяйственных наук**В. А. Злепкин**, доктор сельскохозяйственных наук**Т. В. Конобле**й, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.02.2020

Дата принятия к печати 11.03.2020

Актуальность. В последнее время одной из основных проблем отечественного пчеловодства является эффективность борьбы с паразитом *Varroa*, паразитирующем как на закрытом расплоде, так и на имаго медоносной пчелы. Особенностью данного паразита является то, что своих жертв он отыскивает дистанционно, используя своё обоняние, а также терморесепторы. Прокусывая хитин жертвы и питаясь гемолимфой, он ее ослабляет, а кроме того «открывает ворота» для инфицирования хозяина, делая пчелу более восприимчивой к другим заболеваниям. Пораженные клещом семьи не могут хорошо развиваться, показывать высокие продуктивные качества и плохо переносят зимний безоблётный период. По результатам ряда исследований, вследствие перекрёстного заражения клещами и особенностей биологии самого клеща *Varroa*, а кроме того условий, которые сформировались на конкретной пасеке, окончательно уничтожить паразита не представляется возможным, а лечебные мероприятия позволяют снизить заклещёванность семей до некоторого условно-безопасного уровня. Наиболее эффективная работа, по нашему мнению, при борьбе с паразитом осуществляется во время подготовки пчелиных семей к зимовке, когда в семье отсутствует или наблюдается наименьшее количество расплода, при этом проводится сокращение гнезда и при необходимости пополнение кормовых запасов. **Объект.** Объектом исследований являются пчелиные семьи кочевых пасек Волгоградской области, поражённые клещом *Varroa*. **Материалы и методы.** В наших исследованиях использовали препараты бипин (амитразсодержащий препарат) и тимол, в условиях кочевых пасек Волгоградской области. Были изучены особенности биологии и морфологии клеща *Varroa - Якобсони*, а также его пагубное влияние как на личинки пчел в состоянии печатного расплода, так и на имаго. Рассмотрены основные лечебные и профилактические препараты и режимы, которые используются при борьбе с данным паразитом. Изучены внешние признаки проявления данного заболевания. Были опробованы дозировки, способы и режимы применения препаратов бипин и тимол в соответствии с разработанной нами схемой проведения исследований. **Результаты и выводы.** При обследовании пасек по степени заклещёванности паразитом *Varroa - Якобсони* после главного медосбора было выявлено, что количество клеща на пасеках составляло от 44,01 % до 17,42 %. Проведение лечебных мероприятий по приведенной ниже схеме исследований позволило снизить заклещёванность пчелиных семей в опытных группах в среднем до 0,91-2,29 %, что соответствует минимально безопасному уровню, в сравнении с контрольными группами, где процентное содержания клеща практически не изменилось. Мы рекомендуем в качестве эффективного средства при лечении варроатоза при подготовке пчелиных семей к зимовке использовать амитразсодержащие препараты в сочетании с тимолом. Обработку амитразсодержащими препаратами следует проводить путем мелкокапельного поливания рабочей водной эмульсии препарата бипин на пчел в межрамочных пространствах при отсутствии или минимальном количестве расплода, а Тимол-В скармливать с небольшим количеством 50 % сахарного сиропа, посредством ульевых кормушек.

Ключевые слова: пчелы медоносные, клещ *Варроа-Якобсони*, болезни пчел, варроатоз, бипин, Тимол-В.

Цитирование. Чучунов В. А., Радзиевский Е. Б., Злепкин В. А., Конобле Т. В. Борьба с клещом *Варроа-Якобсони* на пасеках Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 213-219. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-21.

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. Варроатоз медоносной пчелы – это инвазионная болезнь, которая вызывается посредством паразитирования клещом *Varroa-Якобсони* на теле медоносной пчелы. Данное заболевание является карантинным. Первые данные о паразитировании данного клеща на медоносной пчеле регистрировались в 1958 году на пчелах, обитающих на юге Китая. А уже в 1964 году клещ *Varroa* был обнаружен в нашей стране на медоносных пчелах, разводимых в Приморском крае. Впоследствии свое распространение болезнь получила через Азию в Европу и по всему земному шару, нанося при этом огромный ущерб пчеловодству. С 90-х годов прошлого века практически каждую пасеку Российской Федерации можно условно считать заражённой клещом *Varroa*.

Клещи рода *Varroa* отыскивают своих жертв дистанционно, используя своё обоняние, а также терморепцепторы, органов зрения у них не обнаружено. Также их привлекают вибрации, создаваемые пчёлами. Тело самки клеща имеет округлую форму (ширина 1,8 мм, длина 1,1 мм) цвет хитина коричневый. Тело самца молочно-белого цвета, мягкое, и гораздо меньше чем у самки. Продолжительность жизни самки клеща составляет до 1 года, самцы живут 15-20 дней. Поражением клещами подвержен весь расплод перед запечатыванием. Однако поражения трутнёвого расплода в разы больше, в сравнении с расплодом рабочих пчёл. Это связано с тем, что при развитии трутневого расплода необходима меньшая температура, чем при развитии пчелиного, а кроме того у трутнёвого расплода более длительно по времени развивается печатный расплод. По этим причинам пик развития популяции клеща регистрируется в то время, когда в пчелиных семьях наблюдается массовый вывод трутней [5, 6].

Внешними признаками проявления данного заболевания является появление возле улья пчёл, у которых обнаруживаются дефекты развития, такие как отсутствующие или рудиментарные, искривлённые крылья, в более тяжелом течении заболевания появляются пчелы без лапок. Во время осмотра пчелиной семьи на рамках у некоторых пчёл в области брюшка сбоку, а также на груди недалеко от места крепления крыльев, отмечают взрослых самок клеща овальной формы светло- и темно-коричневого цвета, размер которых примерно 1,5×2 мм.

Жизнеспособность пчелиных семей при поражении клещом рода *Varroa* определяется тремя степенями поражения, слабая составляет до 10 %, средняя – от 10 до 20 %, сильная заклещёванность – свыше 20 %, то есть 20 и более клещей на 100 пчёл [1].

По данным исследований в этом направлении любые проведённые лечебные мероприятия не приводят к окончательной победе над данным заболеванием. Вследствие перекрёстного заражения клещами и особенностей биологии самого клеща *Varroa*, а кроме того условий, которые сформировались на конкретной пасеке, позволяют лишь сократить уровень заклещёванности отдельно взятых семей до некоторого условно-безопасного уровня.

На сегодняшний день практически все ветеринарные противоварроатозные препараты производятся на базе акарицидов системного действия, таких как амитраз и флувалинат [3, 7]. При этом если препараты с одним из перечисленных выше действующим веществом непрерывно используются в течение двух-трёх лет, то у клеща вырабатывается стойкая устойчивость к действующему веществу. Кроме того, не рекомендуется работать препаратами, в состав которых входят амитраз и флувалинат во время главного взятка [2].

Физический метод борьбы с клещом, такой как кратковременная термическая обработка пчел, хотя и эффективен, но чрезвычайно трудозатратен и может осуществляться, когда в пчелиной семье нет расплода, при этом согнанных с рамок пчел помещают в сетчатую кассету и обрабатывают в термокамерах при температуре от 43 °С до 46 °С [8].

Применяемые химические методы лечения предусматривают обработку пчелосемьи химическими препаратами, которые вызывают гибель клещей либо их осыпание. Из применяемых классических методов борьбы наиболее эффективны методы обработки семей парами щавелевой и муравьиной кислот, а также тимолом, при этом поражаются только те клещи, которые в момент обработки находились на пчеле. Кроме того, существуют данные о том, что применяемые химические методы борьбы с варроатозом приводят к поражению у маток репродуктивных органов [4, 9, 10, 11, 12].

К мерам профилактики варроатоза относят и периодическое удаление трутнёвого расплода со специальных, так называемых «строительных», рамок. Данный метод связан с высокими трудозатратами пчеловода и расходом ресурсов пчелиной семьи [13]. Расположение пасек на участках произрастания можжевельника, грецкого ореха, боярышника, полыни, лаванды, дягиля, тимьяна, бархатцев, пижмы, багульника, душицы, крапивы, мяты, бузины, кориандра, чистотела также является мерой профилактического характера при высокой заклещёванности пчелиного гнезда.

Биологические методы, которые можно эффективно применять при борьбе с клещом *Varroa*, не разработаны. Болезни самих клещей *Varroa* не выявлены.

Материалы и методы. Для определения влияния химических и ветеринарных препаратов на клеща рода *Varroa-Якобсони* при обработке пчелиных семей в условиях Волгоградской области нами были проведены исследования на кочевых пасеках г. Волгограда (пасека 1), Ольховского (пасека 2) и Дубовского (пасека 3) районов, когда после главного взятка при подготовке пчелиных семей к зимовке, нами были сформированы на каждой пасеке контрольные и опытные группы по 5 ульев в каждой, при этом в опытных ульях проводились лечебные мероприятия с применением бипина (амитраз-содержащий препарат) и тимола.

Перед применением препаратов и после степень заклещёванности пчелиных семей определяли посредством отбора проб из этих семей, несколько десятков живых пчёл (отбор проводился из центра гнезда). Затем отобранная партия пчел заливалась растворителем, смешанным с моющим средством и после перемешивания и отстаивания отделяли от мёртвых пчёл мёртвых клещей, после чего количество тех и других регистрировалось, и вычислялся процент заклещёванности. Допустимым процентом заклещёванности по результатам многих наблюдений и исследований являются 4 %.

Схема проводимых нами исследований представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта / Table 1 – schedule of experience

№ пасеки/ № apiaries	Группа / Group	Препарат / Medication	Количество семей/ Number of families
1	опытная/ experimental	бипин/ bipin	5
	контрольная/ control	-	5
2	опытная/ experimental	тимол + бипин/ bipin+ thymol	5
	контрольная/ control	-	5
3	опытная/ experimental	тимол/ thymol	5
	контрольная/ control	-	5

При проведении исследований в соответствии со схемой опыта и инструкцией по применению препарата бипин разводился в соотношении 1 мл препарата в 2-х литрах теплой питьевой кипяченой воды. Обработку проводили путем мелкокапельного

поливания рабочей водной эмульсией препарата на пчел в межрамочных пространствах, первая обработка сразу после окончания главного медосбора и откачки товарного меда, вторая – в период формирования клуба при отсутствии или же минимальном количестве расплода, при этом температура наружного воздуха была положительной. Норма расхода рабочей жидкости при обработке составляет 10 мл на 1 улочку.

Препарат Тимол-В подготавливали к скармливанию следующим образом: 1 гр. предварительно растворенного в небольшом количестве горячей воды препарата смешивали с 8 литрами 50 % сахарного сиропа и скармливали посредством ульевых кормоушек семьям в количестве 100-150 мл на семью трехкратно с интервалом 7 дней.

Результаты и обсуждение. Результаты проводимых нами исследований представлены в таблице 2.

Анализируя данные таблицы 2, следует отметить, что при обследовании пчел по степени заклещеванности паразитом *Варроа-Якобсони* после главного медосбора, наибольшее количество клеща 37,8 шт. (в среднем по опытным семьям) было выявлено на пасеке №1, а наименьшее (17,4 шт.) на пасеке №3 (в среднем по контрольной группе). Средняя заклещеванность по пасекам до проведения лечения в опытных семьях составляла 44,01, 38,62 и 22,62 % соответственно. После проведения лечебных мероприятий в соответствии со схемой опыта и после подготовительных мероприятий к зимовке была проведена контрольная оценка семей по степени заклещеванности, в результате которой оказалось, что меньше всего клеща регистрировалось на пасеке № 2, где степень заклещеванности в опытных группах составила 0,91 %, а наибольшая степень заклещеванности оказалась на пасеке под №3 в опытных группах с показателем 2,29 %. В целом следует отметить, что проводимые лечебные мероприятия принесли положительный эффект, и на всех пасеках количество паразитов не превышало 4 %.

Таблица 2 – Результаты опыта / Table 2 – Results of the experiment

№ пасеки/ № apiaries	До обработки препаратами / Before treatment with drugs			После обработки препаратами / After treatment with drugs		
	Кол-во пчел в пробе / Num- ber of bees in the sample	Кол-во осы- павшегося клеща / The number of falling mites	% закле- щеванно- сти / % of contaminat ion	Кол-во пчел в пробе / Num- ber of bees in the sample	Кол-во осы- павшегося клеща / The number of falling mites	% закле- щеванно- сти / % of contaminat ion
Пасека 1 / Apiaries 1	Опытная группа / Experimental group					
	86±3,18	37,8±1,8	44,01	90,4±4,2	1,6±0,24	1,8
	Контрольная группа / Control group					
	85,6±2,02	37,4±1,12	43,65	84,4±0,87	40,2±1,46	44,66
Пасека 2 / Apiaries 2	Опытная группа / Experimental group					
	91,2±4,3	35,2±2,50	38,62	83,8±3,0	0,8±0,37	0,91
	Контрольная группа / Control group					
	92,6±1,5	34,69±0,87	34,69	88,6±0,9	35±0,76	39,35
Пасека 3 / Apiaries 3	Опытная группа / Experimental group					
	82,8±5,27	18,8±1,85	22,63	84,4±5,25	2±0,54	2,29
	Контрольная группа / Control group					
	87,4±1,73	15,2±0,38	17,42	77,6±1,56	16,6±0,59	21,27

Выводы. Проведя комплексные исследования по применению препаратов для лечения варроатоза, мы рекомендуем в качестве достаточно эффективных средств борьбы с клещами при подготовке пчелиных семей к зимовке использовать амитразсодержащие препараты в сочетании с тимолом. Обработку амитразсодержащими препаратами следует проводить путем мелкокапельного поливания рабочей водной эмульсии препарата на пчел

в межрамочных пространствах при отсутствии или минимальном количестве расплода, а Тимол-В скармливать с небольшим количеством 50 % сахарного сиропа, посредством ульевых кормушек. Данные мероприятия позволяют снизить заклещеванность пчелиных семей до 0,91 %, что соответствует минимально безопасному уровню.

Библиографический список

1. Вирусная и клещевая нагрузки на пчелиные семьи в Ростовской области / В. И. Масленникова, Е. А. Климов, А. В. Королев, З. Г. Кокаева, А. А. Шевцова // Пчеловодство. 2019. № 5. С. 20-33.
2. Ивойлова М. М., Брандорф А. З., Семакина А. А. Критерии резистентности медоносных пчел к *Varroa destructor* // Пчеловодство. 2017. № 7. С. 20-23.
3. Морева Л. Я., Мойся А. А. Хронический паралич пчел и роль клеща варроа в его распространении // Пчеловодство. 2018. № 5. С. 22-24.
4. Оценка влияния вирусной и клещевой нагрузки на гибель пчел / В. И. Масленникова, Е. А. Климов, А. В. Королев, З. Г. Кокаева, Р. Р. Гареев, А. А. Луньева // Пчеловодство. 2017. № 5. С. 28-30.
5. Поведенческие адаптации популяции клещей *Varroa destructor* при противоварроатозных обработках / В. И. Масленникова, Н. М. Ишмуратова, А. В. Королев, В. Е. Кулабухов // Пчеловодство. 2019. № 7. С. 21-23.
6. Сохликов А. Б., Игнатъева Г. И. Борьба с варроатозом // Пчеловодство. 2018. № 3. С. 30-33.
7. Угрозы распространения вирусных инфекций у пчел (*Apis mellifera* L.) и роль клеща *Varroa destructor* в развитии патологий / А. В. Спрыгин, Ю. Ю. Бабин, Е. М. Ханбекова, Л. Е. Рубцова // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. № 2. С. 156-171.
8. Эффективность ветеринарных препаратов в профилактике и лечении варроатоза пчел / Ж. А. Землянкина, В. Н. Косарев, Р. В. Ляшенко, М. С. Галичева // Пчеловодство. 2019. № 2. С. 24-26.
9. Юмагузин Ф. Г. Варроатоз в семьях бурзянских бортевых пчел // Пчеловодство. 2014. № 5. С. 32-33.
10. Ecology and Biological Resources of Melliferous Plants in the Vasyugan Plain and their Importance for the Arctic Belt / V. G. Kashkovskii, A. A. Plakhova, I. V. Moruzi, V. S. Tokarev, D. V. Kropachev // International Journal of Engineering and Technology. 2018. Vol. 7, No 4.38. P. 235-238.
11. Genetic diversity of honeybees in different geographical regions of Siberia / N. V. Ostroverkhova, A. N. Kucher, O. L. Konusova, T. N. Kireeva, I. V. Sharakhov // International Journal of Environmental Studies. 2017. Vol. 74, № 5. P. 771-781. DOI: 10.1080/00207233.2017.1283945. 0,79 / 0,16 а.л. (Scopus) 13.
12. Ruiz J., Gutierrez M., Porrini C. Biomonitoring of Bees as Bioindicators // Bee World. 2013. Vol. 90, №3. P. 61-63.
13. Van der Steen J. J., Kraker J., Grotenhuis T. Assessment of the Potential of Honeybees (*Apis mellifera* L.) in Biomonitoring of Air Pollution by Cadmium, Lead and Vanadium // Journal of Environmental Protection. 2015. № 6. P. 96-102.

Conclusions. Having conducted comprehensive studies on the use of drugs for the treatment of varroatosis, we recommend that amitraz containing drugs in combination with thymol be used as a fairly effective means of controlling mites when preparing bee colonies for winter. Treatment of amitraz containing drugs should be carried out by small-drop watering of the working water emulsion of the drug on bees in the interstitial spaces in the absence or minimum amount of brood, and Thymol-In fed with a small amount of 50 % sugar syrup, by means of hive feeders. These measures can reduce the contamination of bee colonies to 0.91 %, which corresponds to the minimum safe level.

References

1. Virusnaya i kleshevaya nagruzki na pchelinye sem'i v Rostovskoj oblasti / V. I. Maslennikova, E. A. Klimov, A. V. Korolev, Z. G. Kokaeva, A. A. Shevcova // Pchelovodstvo. 2019. № 5. P. 20-33.
2. Ivojlova M. M., Brandorf A. Z., Semakina A. A. Kriterii rezistentnosti medonosnyh pchel k *Varroa destructor* // Pchelovodstvo. 2017. № 7. P. 20-23.

3. Moreva L. Ya., Mojsya A. A. Hronicheskij paralich pchel i rol' klescha varroa v ego rasprostranении // Pchelovodstvo. 2018. № 5. P. 22-24.
4. Ocenka vliyaniya virusnoj i kleschevoj nagruzki na gibel' pchel / V. I. Maslennikova, E. A. Klimov, A. V. Korolev, Z. G. Kokaeva, R. R. Gareev, A. A. Lun'eova // Pchelovodstvo. 2017. № 5. P. 28-30.
5. Povedencheskie adaptacii populyacii kleschej Varroa destructor pri protivovarroatoznyh obrabotkah / V. I. Maslennikova, N. M. Ishmuratova, A. V. Korolev, V. E. Kulabuhov // Pchelovodstvo. 2019. № 7. P. 21-23.
6. Sohlikov A. B., Ignat'eva G. I. Bor'ba s varroatozom // Pchelovodstvo. 2018. № 3. P. 30-33.
7. Ugrozy rasprostraneniya virusnyh infekcij u pchel (Apismellifera L.) i rol' klescha Varroa destructor v razvitii patologij / A. V. Sprygin, Yu. Yu. Babin, E. M. Hanbekova, L. E. Rubcova // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. T. 51. № 2. P. 156-171.
8. Jefferktivnost' veterinarnyh preparatov v profilaktike i lechenii varroatosa pchel / Zh. A. Zemlyankina, V. N. Kosarev, R. V. Lyashenko, M. S. Galicheva // Pchelovodstvo. 2019. № 2. S. 24-26.
9. Yumaguzhin F. G. Varroatoz v sem'yah burzyanskih bortevyh pchel // Pchelovodstvo. 2014. № 5. P. 32-33.
10. Ecology and Biological Resources of Melliferous Plants in the Vasyugan Plain and their Importance for the Arctic Belt / V. G. Kashkovskii, A. A. Plakhova, I. V. Moruzi, V. S. Tokarev, D. V. Kropachev // International Journal of Engineering and Technology. 2018. Vol. 7, No 4.38. P. 235-238.
11. Genetic diversity of honeybees in different geographical regions of Siberia / N. V. Ostroverkhova, A. N. Kucher, O. L. Konusova, T. N. Kireeva, I. V. Sharakhov // International Journal of Environmental Studies. 2017. Vol. 74, № 5. P. 771–781. DOI: 10.1080/00207233.2017.1283945. 0,79 / 0,16 а.л. (Scopus) 13.
12. Ruiz J., Gutierrez M., Porrini C. Biomonitoring of Bees as Bioindicators // Bee World. 2013. Vol. 90, №3. P. 61-63.
13. Van der Steen J. J., Kraker J., Grotenhuis T. Assessment of the Potential of Honeybees (Apismellifera L.) in Biomonitoring of Air Pollution by Cadmium, Lead and Vanadium // Journal of Environmental Protection. 2015. № 6. P. 96-102.

Authors Information

Vasily Alexandrovich Chuchunov, associate Professor of the Department of "Private zootechnics" of the Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskij Ave., 26.), candidate of biological Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3569-5725chuchunov.78@mail.ru>

Evgeny Borisovich Radzievsky, associate Professor of the Department of "Private zootechnics" of the Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskij Ave., 26.), candidate of agricultural Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045yenia79@mail.ru>

Viktor Alexandrovich Zlepkin, associate Professor of the Department of "Private zootechnics" of the Volgograd state agrarian University (26, Universitetskij Ave., 400002, Volgograd, Russian Federation).) doctor of agricultural Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>, vzlepkin@mail.ru

Tatyana Viktorovna Konobley, associate Professor of the Department of "Private zootechnics" of the Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskij Ave., 26.) candidate of agricultural Sciences ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8274-3961oziola@mail.ru>

Информация об авторах

Чучунов Василий Александрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат биологических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3569-5725chuchunov.78@mail.ru>

Радзиевский Евгений Борисович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID: https://orcid.org/0001-5938-1045_yenia79@mail.ru

Злепкин Виктор Александрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>, vzlepkin@mail.ru

Коноблей Татьяна Викторовна, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8274-3961oziola@mail.ru>

CLINICAL AND ANATOMICAL ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF CARDIAC INSUFFICIENCY IN MYOCARDITES OF VIRAL ETIOLOGY IN DOGS

P. V. Kolesnikov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 08.07.2019

Submitted 04.02.2020

Summary

The article examined the clinical and anatomical analysis of the development of heart failure of myocarditis of viral etiology in dogs. Clinical diagnostic includes troponin I, which has high specificity (89 %), but limited sensitivity (34 %) in the diagnosis of myocarditis. Our clinical and experimental data indicate that an elevated level of cardiac troponin I is more diagnostically reliable than an elevated level of creatine kinase in the development of acute myocarditis.

Abstract

Introduction. Heart failure in dogs can be fatal; its causes can be diseases of a contagious etiology. Currently, the main etiological factors that affect the prognosis of the disease are not defined. There is also no algorithm for clinical diagnostic criteria for the diagnosis and therapeutic correction of myocarditis against acute heart failure in dogs. In this regard, the study of the characteristics of the clinical and pathogenetic course of complications, the analysis of clinical and anatomical data in diseases of viral etiology in dogs, with the development of myocarditis, is of particular relevance. **Materials and methods.** The study included dogs with clinical signs of disorders of the cardiovascular system, which was manifested by shortness of breath during physical exertion, cough, cyanosis of visible mucous membranes. Subsequently, a special clinical examination, x-ray, laboratory research methods were carried out. The animals underwent electrocardiographic (ECG) and echocardiographic examinations. ECG was performed using a BTL SD08® device (BTL, UK) in standard leads aVR, aVL and aVF. An echocardiographic study performed under standard conditions using the Mindray DC-60 ultrasound diagnostic apparatus included: diameter of the left atrium to the aorta, final systolic and final diastolic measurements of the left ventricle, evaluation of left ventricular contraction and ejection fraction, blood flow through aortic and pulmonary valves and assessment of the function of atrioventricular valves. In addition, all dogs underwent a general blood test, blood biochemistry (alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, urea, creatinine, electrolyte composition of blood Na⁺, K⁺ + Mg²⁺, Cl⁻ and cardiac troponin-I). Troponin-I levels of less than 0.07 ng / ml were considered normal, as suggested by Sleeper et al. **Results and conclusion.** Clinical and anatomical analysis showed that in dogs the development of acute heart failure with myocarditis was promoted by the viral etiology of the development of the primary provoking factor like parvovirus enteritis or coronavirus enteritis. Moreover, parvovirus enteritis has a paramount role in the development of myocarditis in dogs as the most formidable complication. Given the pathogenetic features of development, clinical pathological criteria can distinguish fulminant lymphocytic myocarditis from acute lymphocytic myocarditis, which determines the prognosis of the disease. Diagnostic criteria of myocarditis in the development of acute heart failure in dogs with the course of viral enteritis include troponin I, which has high specificity (89 %) but limited sensitivity (34 %) in the diagnosis of myocarditis, as biomarkers. Our clinical and experimental data indicate that an elevated level of cardiac troponin I is more diagnostically reliable than an elevated level of creatine kinase in the development of acute myocarditis.

Key words: heart failure, myocarditis, clinical anatomical analysis, clinical diagnostic criteria, diseases of viral etiology.

Citation. Kolesnikov P. V. Clinical and anatomical analysis of the development of cardiac insufficiency in myocardites of viral etiology in dogs *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 220-227 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-22.

УДК 619:616.1:636.7

КЛИНИКО-АНАТОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ПРИ МИОКАРДИТАХ ВИРУСНОЙ ЭТИОЛОГИИ У СОБАК

П. В. Колесников, кандидат ветеринарных наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 08.07.2019

Дата принятия к печати 04.02.2020

Актуальность. Сердечная недостаточность у собак может привести к летальному исходу, ее причиной могут быть болезни заразной этиологии. В настоящее время не определены основные этиологические факторы, которые влияют на прогноз заболевания. Также отсутствует алгоритм клинико-диагностических критериев диагностики и терапевтической коррекции миокардита на фоне острой сердечной недостаточности у собак. В связи с этим изучение особенностей клинического и патогенетического течения осложнений, анализ клинико-анатомических данных при болезнях вирусной этиологии с развитием миокардита у собак, имеет особо актуальное значение. **Материалы и методы.** В исследование включали собак с клиническими признаками нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы, которые проявлялись одышкой при физической нагрузке, кашлем, цианозом видимых слизистых оболочек. В дальнейшем проводили специальное клиническое обследование, рентгенологические, лабораторные методы исследований. Животным проводили электрокардиографическое (ЭКГ) и эхокардиографическое обследование. ЭКГ проводили с использованием устройства BTL SD08® (BTL, UK) в стандартных отведениях aVR, aVL и aVF. Эхокардиографическое исследование, выполненное в стандартных условиях с использованием аппарата ультразвуковой диагностики Mindray DC-60, включало: диаметр левого предсердия до аорты, конечные систолические и конечные диастолические измерения левого желудочка, оценку сокращения левого желудочка фракции и фракции выброса, скорость кровотока через аортальные и легочные клапаны и оценку функции атриовентрикулярных клапанов. Кроме того, все собаки подверглись общему анализу крови (аланинаминотрансфераза, аспаратаминотрансфераза, мочевины, креатинин, электролитный состав крови Na⁺, K⁺ Mg²⁺, Cl⁻ и сердечный тропонин-I). Уровень тропонина-I менее 0,07 нг / мл считался нормальным, как было предложено Sleeper et al. **Результаты и выводы.** Проводя клинико-анатомический анализ установили, что у собак развитию острой сердечной недостаточности с миокардитной формой способствовала вирусная этиология развития первичного провоцирующего фактора как парвовирусный энтерит или коронавирусный энтерит. Причем парвовирусный энтерит имеет первостепенно значимую роль в развитии миокардитной формы у собак в качестве наиболее грозного осложнения. С учетом патогенетических особенностей развития, клинико-патологические критерии могут отличать молниеносный лимфоцитарный миокардит от острого лимфоцитарного миокардита, что определяет прогноз заболевания. Диагностическими критериями миокардита при развитии острой сердечной недостаточности у собак с течением вирусных энтеритов в качестве биомаркеров следует отнести тропонин I, который имеет высокую специфичность (89 %), но ограниченную чувствительность (34 %) при диагностике миокардита. Наши клинические и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что повышенный уровень сердечного тропонина I наиболее диагностически достоверен, чем повышенный уровень креатинкиназы при развитии острого миокардита.

Ключевые слова: сердечная недостаточность, миокардиты собак, болезни собак вирусной этиологии.

Цитирование. Колесников П. В. Клинико-анатомический анализ развития сердечной недостаточности при миокардитах вирусной этиологии. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 220-227. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-22.

Введение. Сердечная недостаточность у собак в зависимости от степени ее тяжести может привести к летальному исходу [1]. Причинами сердечной недостаточности могут быть разные заболевания сердечно-сосудистой системы, а также болезни заразной этиологии [1, 2, 6].

Южный федеральный округ представляет собой зону со сложной эпизоотической обстановкой по инфекционным болезням, особое место среди инфекционных заболеваний собак занимают болезни вирусной этиологии [1-4]. Болезни вирусной этиологии протекают в тяжелой форме с развитием различного рода осложнений [3, 8, 12, 13]. Наиболее распространенными из них являются миокардит и острая сердечно-сосудистая недостаточность [4-7, 9-11, 14, 15].

В настоящее время не определены основные этиологические факторы, которые влияют на прогноз заболевания, также отсутствует алгоритм клинико-диагностических критериев диагностики и терапевтической коррекции миокардита на фоне острой сердечной недостаточности у собак. В свою очередь миокардит проявляется широким спектром неспецифических симптомов, что может привести к скоротечному летальному исходу, затрудненной диагностике и неэффективной терапии.

Это связано прежде всего с особенностью развития миокардита, так как при остром течении отмечается малосимптомное течение, а внезапное развитие острой сердечной недостаточности может проявиться через несколько лет.

Клинически миокардит при болезнях вирусной этиологии диагностировать очень сложно, так как симптомы вирусных болезней и миокардита при своем клиническом течении очень схожи. На данный момент основные причины развития миокардита не изучены [4, 6, 9].

В связи с этим изучение особенностей клинического и патогенетического течения осложнений при болезнях вирусной этиологии у собак с развитием миокардита имеет особо актуальное значение.

Цель наших исследований – изучить клинико-диагностические критерии развития сердечной недостаточности миокардита вирусной этиологии у собак.

Материалы и методы. Исследования проводили на собаках различных пород возраста от 1 года до 6 лет.

В исследование включали собак с клиническими признаками нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы, которая проявлялись в виде одышки при физической нагрузке, кашлем, цианозом видимых слизистых оболочек. В дальнейшем проводили обследование согласно ГОСТ Р 58090-2018 «Клиническое обследование непродуктивных животных», включающее специальное клиническое обследование, электрокардиографические, эхокардиографические, рентгенологические и лабораторные методы исследований. Дополнительно для комплексного диагностического подхода всем животным провели электрокардиографическое (ЭКГ) и эхокардиографическое обследование. ЭКГ проводили с использованием устройства BTL SD08® (BTL, UK) в стандартных отведениях aVR, aVL и aVF. Эхокардиографическое исследование, выполненное в стандартных условиях с использованием аппарата ультразвуковой диагностики Mindray DC-60, включало диаметр левого предсердия до аорты, конечные систолические и конечные диастолические измерения левого желудочка, оценку сокращения левого желудочка фракции и фракции выброса, скорость кровотока через аортальные и легочные клапаны и оценку функции атриовентрикулярных клапанов. Кроме того, у всех собак брали общий анализ крови и исследовали биохимию крови (аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, мочевины, креатинин, электролитный состав крови Na⁺, K⁺ Mg²⁺, Cl⁻ и сердечный тропонин-I). Уровень тропонина-I менее 0,07 нг / мл считался нормальным, как было предложено Sleeper et al.

Также с целью изучения клиническо-патогенетических критериев развития сердечной недостаточности миокардитной формы у собак при болезнях заразной этиологии некоторые собаки подверглись патологоанатомическому вскрытию, осмотр проводился непосредственно после смерти, который был выполнен из-за развития тяжелых

осложнений клинического течения болезни, низкой терапевтической эффективности проведенного лечения или внезапной сердечной смерти. Для дальнейшего гистопатологического исследования были собраны несколько образцов сердца из стенки левого желудочка, межжелудочковой перегородки, стенки левого предсердия и правой предсердной стенки (включая образцы с участков, показывающих макроскопические изменения). Образцы фиксировали в 7 % забуференном формалине, вставляли в парафиновые блоки и разделяли на 6 мкм. Затем их окрашивали с использованием стандартного метода гематоксилином и эозином, впоследствии подвергали легкой микроскопической оценке при 400-кратном увеличении. Образцы анализировали на наличие и интенсивность изменений, т.е. воспалительную инфильтрацию, количество соединительной ткани и особенности дегенерации кардиомиоцитов с использованием полуколичественного масштаба (без изменений, + умеренных изменений, ++ умеренных изменений, +++ серьезных изменений). Образцы со средним числом воспалительных клеток выше 5 на поле были признаны положительными для воспалительной инфильтрации.

Если присутствовала инфильтрация гранулоцитов, проводилось дополнительное бактериологическое исследование, включающее культуру (агар с кровью и агар MacConkey), микроскопическое (окрашивание по методу Грама) и контроль биохимического исследования.

Результаты. По результатам наших исследований у собак развитию острой сердечной недостаточности с миокардитной формой способствовала вирусная этиология развития первичного провоцирующего фактора как парвовирусный энтерит или коронавирусный энтерит. Причем парвовирусный энтерит имеет первостепенно значимую роль в развитии миокардитной формы у собак в качестве наиболее грозного осложнения. С учетом патогенетических особенностей развития, клинико-патологические критерии могут отличать молниеносный лимфоцитарный миокардит от острого лимфоцитарного миокардита, что определяет прогноз заболевания (который мы определяли гистологически, в случаях летального исхода).

На основании клинико-патологических критериев молниеносный лимфоцитарный миокардит имеет отчетливое начало от момента развития острой сердечной недостаточности при течении вирусного энтерита, в течение 2 недель до появления симптомов осложнений гемодинамических процессов организма, что часто приводит к летальному исходу животного.

По результатам наших исследований при использовании таких клинико-патологических критериев важны два критерия. Во-первых, собаки с острым лимфоцитарным миокардитом часто восстанавливаются, однако заболевание протекает в тяжелой форме, и при этом необходимо проведение длительного лечения с внутривенным введением препаратов, увеличивающих силу сокращения миокарда.

Результаты клинико-диагностических критериев развития миокардита вирусной этиологии у собак на фоне сердечной недостаточности представлены в таблице 1.

По результатам наших исследований клинические критерии миокардита при болезнях вирусной этиологии характеризовались тем, что острый миокардит часто диагностировался как дилатационная кардиомиопатия у собак с симптомами, которые присутствуют в течение нескольких недель до нескольких месяцев. Тем не менее, проявления варьировались от субклинического заболевания до внезапного летального исхода, с проявлением предсердных или желудочковых аритмий или атриовентрикулярной блокады как правило II степени. Клинические симптомы варьируются и могут включать быструю утомляемость, снижение толерантности к физической нагрузке, учащение частоты сердечных сокращений. По результатам наших исследований общими преобладающими симптомами у собак в 72 % случаев была одышка, а у 18 % были аритмии.

Таблица 1 – Клинико-диагностические критерии проявления миокардита вирусной этиологии у собак на фоне сердечной недостаточности
Table 1 – Clinical and diagnostic criteria for the manifestation of myocarditis of viral etiology in dogs with heart failure

Клиническая характеристика / Clinical characteristics	Продолжительность болезни / Disease duration	Патологические корреляции / Pathological correlations	Прогноз / prognosis	Лечение / Treatment
Острое нарушение коронарного кровообращения / Acute coronary circulation disorder	Несколько часов или дней / Few hours or days	Активный лимфоцитарный миокардит или, реже, некротический эозинофиль- ный миокардит или миокардит гигант- ских клеток / Active lymphocytic myocarditis or, rarely, necrotic eosinophilic myocarditis or giant cell myocarditis	Если лимфоцитарный миокардит присутствует на биопсии прогноз удо- влетворительный / If lym- phocytic myocarditis is pre- sent at the biopsy, the prog- nosis is satisfactory	Поддерживающая / Supporting
Сердечная недостаточность с нормализованным или расширенным левым желудочком и гемоди- намическим компромиссом / Heart failure with a normalized or enlarged left ventricle and hemodynam- ic compromise	Менее 2 недель / Less than 2 weeks	Активный лимфоцитарный миокардит или, реже, некротический эозинофиль- ный миокардит или гигантский клеточ- ный миокардит / Active lymphocytic myocarditis or, less commonly, necrotic eosinophilic myocarditis or giant cell myocarditis	При лимфоцитарном мио- кардите необходимо про- ведение инотропной тера- пии / With lymphocytic myocarditis, inotropic therapy is necessary	Поддерживающая; возможное использование кортикостеро- идов / Supportive; possible use of corticosteroids
Сердечная недостаточность с расширенным левым желудочком и новыми желудочковыми аритмиями, сердечным блоком с высокой степенью сердечной недостаточности или отсутствием ответа на обычный уход в течение 1-2 недель / Heart failure with an enlarged left ventricle and new ventricular arrhythmias, a heart block with a high degree of heart failure or a lack of response to normal care within 1-2 weeks	Несколько недель или месяцев / Few weeks or months	Миокардит гигантских клеток, эозино- фильный миокардит или лимфоцитар- ный миокардит / Giant cell myocarditis, eosinophilic myocarditis or lymphocytic myocarditis	Высокая вероятность ле- тального исхода, если на биопсии обнаружен мио- кардит гигантских клеток/ High probability of death if giant cell myocarditis is detected on a biopsy	Терапия согласно результатам гистологии / Therapy accord- ing to the results of histology
Сердечная недостаточность с расширенным левым желудочком без новых желудочковых аритмий или сердечной блокады высокой степени / Heart failure with dilated left ventricle without new ven- tricular arrhythmias or high grade heart block	Несколько недель или месяцев / Few weeks or months	Скорее всего, неспецифические измене- ния с наличием вирусных включений в кардиомиоцитах у 25-35% собак и лим- фоцитарного миокардита (критерии Дал- ласа) примерно у 10% / Most likely, nonspecific changes with the presence of viral inclusions in cardiomyocytes in 25-35% of dogs and lymphocytic myocarditis (Dallas criteria) in about 10%	Хорошо в первые несколь- ко лет, но риск позднего прогрессирования заболе- вания с сердечной недо- статочностью и кардио- миопатией / Good in the first few years, but the risk of late progression of the disease with heart failure and cardiomyopathy	Поддерживающая; высокий риск возникновения леталь- ного исхода / Supportive; high risk of death
Сердечная недостаточность с эозинофилией / Heart failure with eosinophilia	В зависимости от прогрессирования развития осложне- ний / Depending on the progression of the development of com- plications	Эозинофильный или гиперчувствитель- ный миокардит, эозинофильный эндо- миокардит / Eosinophilic or hypersensitive myocarditis, eosinophilic endomyocarditis	Неблагоприятный / Ad- verse	Поддержка, включая иденти- фикацию и лечение основной причины; возможное исполь- зование кортикостероидов для гиперчувствительности миокардита/ Support, including identification and treatment of the underlying cause; possible use of cortico- steroids for myocarditis hyper- sensitivity

Также в установлении этиологических факторов развития миокардита, по результатам наших исследований, наиболее достоверным является применение эндомикардиальной биопсии, однако ее следует применять в редких случаях, из-за предполагаемых рисков механического повреждения миокарда и отсутствия разработанного в настоящее время гистологического стандарта. При этом сероэпидемиологические данные трудно интерпретировать из-за гетеротопического эффекта энтеровирусов, которые могут вызывать реакцию антител на другие штаммы энтеровирусов. Также по результатам наших исследований, вирусный геном энтеровируса концентрируется в кардиомиоцитах при миокардите и сохраняется в последующем после его терапевтической коррекции, на фоне развития осложнений в виде дилатационной кардиомиопатией в наибольшей степени, чем в ткани у собак с патологией клапанного аппарата или ишемической кардиомиопатией. Кроме того, миокардит является первостепенной причиной внезапной смерти у собак при вирусном энтерите с развитием сердечной недостаточности.

По результатам наших исследований диагностическими критериями миокардита при развитии острой сердечной недостаточности у собак с течением вирусных энтеритов, в качестве биомаркеров следует отнести тропонин I, который имеет высокую специфичность (89 %), но ограниченную чувствительность (34 %) при диагностике миокардита. Наши клинические и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что повышенный уровень сердечного тропонина I наиболее диагностически достоверен, чем повышенный уровень креатинкиназы, при развитии острого миокардита.

Другими косвенными диагностическими критериями при остром миокардите может послужить электрокардиограмма, которая показывает синусовую тахикардию с неспецифическим ST-сегментом и расширение комплексов QRST аномалиями T-волн. Иногда изменения проявляются в виде развития ишемических процессов в миокарде, а именно повышение сегмента ST, депрессию сегмента ST и патологические расширения комплексов QRS. Однако чувствительность электрокардиограммы для миокардита низкая (47 %), при этом она является полезной при терапевтической коррекции острой сердечной недостаточности при развитии миокардита.

Эхокардиография является достоверным методом диагностики при развитии клинической картины дилатационной, гипертрофической и рестриктивной кардиомиопатий на фоне миокардита, что имеет достоверное подтверждение в гистологических образцах тканей отобранных нами с подтверждением миокардита у собак и развитием острой недостаточности на фоне течения вирусного энтерита.

Обсуждение. По результатам клинко-анатомического анализа, клинические критерии миокардита при болезнях вирусной этиологии характеризовались тем, что острый миокардит часто диагностировался как не ишемическая расширенная кардиомиопатия у собак с симптомами, которые присутствуют в течение нескольких недель до нескольких месяцев.

Диагностическими критериями миокардита при развитии острой сердечной недостаточности у собак с течением вирусных энтеритов в качестве биомаркеров следует отнести тропонин I, который имеет высокую специфичность (89 %), но ограниченную чувствительность (34 %) при диагностике миокардита. Наши клинические и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что повышенный уровень сердечного тропонина I наиболее диагностически достоверен, чем повышенный уровень креатинкиназы, при развитии острого миокардита.

Выводы. Исходя из клинко-анатомического анализа развития сердечной недостаточности при миокардитах вирусной этиологии у собак, установлено что наиболее достоверными диагностическими критериями миокардита является биомаркер, такой как тропонин I, имеющий высокую специфичность (89 %), но ограниченную чувствительность (34 %) при диагностике. Наши клинические и экспериментальные данные

свидетельствуют о том, что повышенный уровень сердечного тропонина I наиболее диагностически достоверен, чем повышенный уровень креатинкиназы при развитии острого миокардита и другие косвенные показатели.

Библиографический список

1. Колесников П. В., Шинкаренко А. Н. Профиль заразных болезней собак с развитием острой сердечной недостаточности // Аграрная наука основа успешного развития АПК и сохранения экосистем: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2012. Т3. С. 101-103.
2. Шинкаренко А. Н., Колесников П. В. Нозологический профиль сердечнососудистых заболеваний собак // Международный ветеринарный журнал: Ветеринарная патология. 2012. №1 (39). С. 31-33.
3. Artificial cardiac pacemaker placement in dogs with a cohort of myocarditis suspects and association of ultrasensitive cardiac troponin I with survival / S. Wesselowski, K. Cusack, S. G. Gordon, N. Jeffery, A. B. Saunders // Journal of Veterinary Cardiology. 2019. Vol. 22. P. 84-95.
4. Calkins H. A new diagnostic test for arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy: Is this too good to be true? // European Heart Journal. 2018. N.39 (44). P. 3945-3946.
5. Cenk E. R., Mahmut O. K. Levels of cardiac biomarkers and coagulation profiles in dogs with parvoviral enteritis // Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi. 2015. N. 21(3). P. 383-388.
6. Diagnosis of myocarditis: Current state and future perspectives / P. S. Biesbroek, A. M. Beek, T. Germans, H. W. M. Niessen, A. C. Van Rossum // International Journal of Cardiology 2015. N.191. P. 211-219.
7. Effects of Cr (VI) exposure on electrocardiogram, myocardial enzyme parameters, inflammatory factors, oxidative kinase, and ATPase of the heart in Chinese rural dogs // Environmental Science and Pollution Research. 2019. N. 26(29). P. 30444-30451.
8. Fundamental mechanisms of regulated cell death and implications for heart disease / D. P. Del Re, D. Amgalan, A. Linkermann, Q. Liu, R. N. Kitsis // Physiological Reviews. 2019. N. 99(4). P. 1765-1817.
9. Keeshen T. P., Chalkley M., Stauthammer C. A case of an unexplained eosinophilic myocarditis in a dog // Journal of Veterinary Cardiology. 2016. №18 (3). P. 278-283.
10. Matshela M.R. The role of echocardiography in acute viral myocarditis // Cardiovascular Journal of Africa. 2019. N. 30(4). P. 239-244.
11. Moving into the next era of PET myocardial perfusion imaging: introduction of novel ¹⁸F-labeled tracers / R. A. Werner [et all.] // International Journal of Cardiovascular Imaging. 2019. N. 35(3). P. 569-577.
12. Myocardial inflammation in experimental acute right ventricular failure: Effects of prostacyclin therapy / C. Dewachter, A. Belhaj [et all.] // Journal of Heart and Lung Transplantation. 2015. N. 34(10). P. 1334-1345.
13. Parvovirus Infection Is Associated With Myocarditis and Myocardial Fibrosis in Young Dogs Ford / J. McEndaffer, L. Renshaw, R. Molesan, A. Kelly // Veterinary Pathology. 2017. N. 54(6). P. 964-971.
14. Pathological Features of Complete Atrioventricular Block in Dogs with Lymphocytic Myocarditis / T. Sasaki [et all.] // Journal of Comparative Pathology. 2020. N. 174. P. 18-25.
15. The Causes of Canine Myocarditis and Myocardial Fibrosis Are Elusive by Targeted Molecular Testing: Retrospective Analysis and Literature Review / A. Molesan, L. Goodman, J. Ford, S. J. Lovering, K. Kelly // Veterinary Pathology. 2019. N. 56(5). P. 761-777.

Conclusions. Based on the clinical and anatomical analysis of the development of heart failure in myocarditis of viral etiology in dogs, it was found that the most reliable diagnostic criteria for myocarditis is a biomarker, such as troponin I, which has high specificity (89 %) but limited sensitivity (34 %) for diagnosis. Our clinical and experimental data indicate that an elevated level of cardiac troponin I is the most diagnostically reliable than an increased level of creatine kinase in the development of acute myocarditis and other indirect indicators.

References

1. Kolesnikov P. V., Shinkarenko A. N. Profil' zaraznyh boleznej sobak s razvitiem ostroj serdechnoj nedostatochnosti // Agrarnaya nauka osnova uspehnogo razvitiya APK i sohraneniya ekosistem: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Volgograd: Volgogradskij GAU, 2012. Vol. 3. P. 101-103.
2. Shinkarenko A. N., Kolesnikov P. V. Nozologicheskij profil' serdechnosudistyh zabolevanij sobak // Mezhdunarodnyj veterinarnyj zhurnal: Veterinarnaya patologiya. 2012. №1 (39). P. 31-33.
3. Artificial cardiac pacemaker placement in dogs with a cohort of myocarditis suspects and association of ultrasensitive cardiac troponin I with survival / S. Wesselowski, K. Cusack, S. G. Gordon, N. Jeffery, A. B. Saunders // Journal of Veterinary Cardiology. 2019. Vol. 22. P. 84-95.
4. Calkins H. A new diagnostic test for arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy: Is this too good to be true? // European Heart Journal. 2018. N.39 (44). P. 3945-3946.
5. Cenk E. R., Mahmut O. K. Levels of cardiac biomarkers and coagulation profiles in dogs with parvoviral enteritis // Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi. 2015. N. 21(3). P. 383-388.
6. Diagnosis of myocarditis: Current state and future perspectives / P. S. Biesbroek, A. M. Beek, T. Germans, H. W. M. Niessen, A. C. Van Rossum // International Journal of Cardiology 2015. N.191. P. 211-219.
7. Effects of Cr (VI) exposure on electrocardiogram, myocardial enzyme parameters, inflammatory factors, oxidative kinase, and ATPase of the heart in Chinese rural dogs // Environmental Science and Pollution Research. 2019. N. 26(29). P. 30444-30451.
8. Fundamental mechanisms of regulated cell death and implications for heart disease / D. P. Del Re, D. Amgalan, A. Linkermann, Q. Liu, R. N. Kitsis // Physiological Reviews. 2019. N. 99(4). P. 1765-1817.
9. Keeshen T. P., Chalkley M., Stauthammer C. A case of an unexplained eosinophilic myocarditis in a dog // Journal of Veterinary Cardiology. 2016. №18 (3). P. 278-283.
10. Matshela M.R. The role of echocardiography in acute viral myocarditis // Cardiovascular Journal of Africa. 2019. N. 30(4). P. 239-244.
11. Moving into the next era of PET myocardial perfusion imaging: introduction of novel ¹⁸F-labeled tracers / R. A. Werner [et all.] // International Journal of Cardiovascular Imaging. 2019. N. 35(3). P. 569-577.
12. Myocardial inflammation in experimental acute right ventricular failure: Effects of prostacyclin therapy / C. Dewachter, A. Belhaj [et all.] // Journal of Heart and Lung Transplantation. 2015. N. 34(10). P. 1334-1345.
13. Parvovirus Infection Is Associated With Myocarditis and Myocardial Fibrosis in Young Dogs Ford / J. McEndaffer, L. Renshaw, R. Molesan, A. Kelly // Veterinary Pathology. 2017. N. 54(6). P. 964-971.
14. Pathological Features of Complete Atrioventricular Block in Dogs with Lymphocytic Myocarditis / T. Sasaki [et all.] // Journal of Comparative Pathology. 2020. N. 174. P. 18-25.
15. The Causes of Canine Myocarditis and Myocardial Fibrosis Are Elusive by Targeted Molecular Testing: Retrospective Analysis and Literature Review / A. Molesan, L. Goodman, J. Ford, S. J. Lovering, K. Kelly // Veterinary Pathology. 2019. N. 56(5). P. 761-777.

Author Information

Kolesnikov Pavel Viktorovich, Associate Professor, Department of Veterinary Expertise, Infectious Diseases and Morphology, Faculty of Biotechnology and Veterinary Medicine, Volgograd State Agrarian University, Volgograd (400002, Volgograd, st. University Avenue, 24 a), Candidate of Veterinary Sciences, tel: 8-995-404-97-33 Email: Kolesnikovpq@yandex.ru

Информация об авторе

Колесников Павел Викторович, доцент кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология», факультет Биотехнологий и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Волгоград, ул. Университетский проспект, 24а), кандидат ветеринарных наук, тел: 8-995-404-97-33 Email: Kolesnikovpq@yandex.ru

DEVELOPMENT AND REORGANIZATION OF PROCESSES OF PROCESSING OF CHICKPEA FOR CREATION OF FOOD AND FODDER PRODUCTS

A. A. Martynov, O. V. Kochetkova, V. V. Shkalenko, V. I. Vodyannikov

Volgograd State Agrarian University

Received 15.01.2020

Submitted 05.03.2020

Summary

The article presents the results of modeling the chickpea processing business process. Production built taking into account the scientific substantiation of a business model, is described, its effectiveness is justified. The developed method of chickpea processing ensures non-waste production. Testing of chickpea processing products in pig feeding and meat production was carried out. The chickpea processed products can be recommended for use in food and feed purposes.

Abstract

Introduction. Since chickpea is an unpretentious, high-yielding crop containing a significant amount of protein, the prospects for its use in the food and feed industry are quite high. Chickpeas semi-finished foods and feeds can serve as alternatives to similar soy products. The development of an innovative method of processing chickpeas will make it possible to organize waste-free, highly efficient production. **Object.** The object of research is chickpea seeds, subject to industrial processing. **Materials and methods.** Formalization and documentation of business processes acts as the basis for the study and optimization of various types of activities. The article has developed a functional model for the creation of food and feed products using the ARIS software product for modeling business processes, which allows us to present the system under study in the form of interconnected blocks representing processes, subprocesses, and operations carried out in the system under study. The developed model was tested both in laboratory conditions and through the implementation of scientific and economic experience at the enterprise individual businessman head of the farm, Soloviev D.V. Dubovsky district of the Volgograd region. Large white pigs were selected as experimental individuals for studying the developed additives to the feed ration. The possibilities of using innovative chickpea ingredients in the food industry have been studied by developing meat products, including developed components. **Results and conclusions.** The article developed functional diagrams of business processes “As is” and “To be”. The assessment of quantitative indicators confirmed the correctness of the developed models. The proposed chickpea processing technology allows for the comprehensive processing of raw materials and to avoid the generation of industrial waste. Intensification of pig growth during feeding using chickpea ingredients was revealed. The relative increase in the individuals of the experimental group for the entire period of feeding was 286.5 %, while the control - 231.7 %. Testing of chickpea components on smoked-cooked pork products has confirmed that innovative products are superior to control samples in such indicators as yield, nutritional and biological value. For example, the yield of prototypes of smoked-cooked pork is 89 % on average, and the yield of control samples is 78 %. The increase in output helps to increase economic performance. Thus, the efficiency of using the developed chickpea processing products in the formulations of meat products and in pig diets has been confirmed. Specializations of food products made using the developed chickpea components are proposed. Recommendations are made on the analysis and application of the model in order to identify bottlenecks, perform risk management, and eliminate redundant operations.

Keywords: food products, feed products, chickpea, business process, modeling, processing, non-waste technology.

Citation. Martynov A. A., Kochetkova O. V., Shkalenko V. V. Development and reorganization of processes of processing of chickpea for creation of food and fodder products *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 228-239 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-23.

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 636.085.57:635.657

**РАЗРАБОТКА И РЕОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕРАБОТКИ НУТА
ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПИЩЕВЫХ И КОРМОВЫХ ПРОДУКТОВ****А. А. Мартынов, аспирант****О. В. Кочеткова, доктор технических наук, профессор****В. В. Шкаленко, доктор биологических наук, доцент****В. И. Водяников, доктор биологических наук, профессор***Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 15.01.2020

Дата принятия к печати 05.03.2020

Актуальность. Поскольку нут является неприхотливой и высокоурожайной культурой, содержащей значительное количество белка, перспективы его использования в пищевой и кормовой промышленности достаточно высоки. Нутовые полуфабрикатные пищевые и кормовые продукты могут служить альтернативой аналогичным соевым продуктам. Разработка инновационного способа переработки нута позволит организовать безотходное высокоэффективное производство. **Объект.** Объектом исследований являются семена нута, подлежащие промышленной переработке. **Материалы и методы.** Формализация и документирование бизнес-процессов выступает в качестве основы изучения и оптимизации различных видов деятельности. В статье разработана функциональная модель создания пищевых и кормовых продуктов с использованием программного продукта «Арис» для моделирования бизнес-процессов, которая позволяет представить исследуемую систему в виде взаимосвязанных блоков, отображающих процессы, подпроцессы и операции, осуществляемые в изучаемой системе. Разработанная модель прошла апробацию как в лабораторных условиях, так и путем осуществления научно-хозяйственного опыта на предприятии «ИП КФХ Соловьев Д.В.» в Дубовском районе Волгоградской области. В качестве подопытных особей для изучения разработанных добавок к кормовому рациону выбраны свиньи породы крупная белая. Возможности использования инновационных нутовых ингредиентов в пищевой промышленности изучены путем выработки продуктов из мяса, включающих разработанные компоненты. **Результаты и выводы.** В статье разработаны функциональные диаграммы бизнес-процессов «Как есть» и «Как будет». Произведенная оценка количественных показателей подтвердила правильность разработанных моделей. Предлагаемая технология переработки нута позволяет обеспечить комплексную переработку сырья и избежать образования производственных отходов. Выявлена интенсификация роста свиней при кормлении с использованием нутовых ингредиентов. Относительный прирост особей опытной группы за весь период откорма составил 286,5 %, в то время как контрольной – 231,7 %. Апробация нутовых компонентов на изделиях из свинины копчено-вареных подтвердила, что инновационные продукты превосходят контрольные образцы по таким показателям, как выход, пищевая и биологическая ценность. Например, выход опытных образцов свинины копчено-вареной в среднем составляет 89 %, а выход контрольных образцов равен 78 %. Повышение выхода продукции способствует повышению экономических показателей. Таким образом, подтверждена эффективность использования разработанных продуктов переработки нута в рецептурах продуктов из мяса и в рационах свиней. Предложены специализации пищевых продуктов, изготовленных с использованием разработанных нутовых компонентов. Составлены рекомендации по анализу и применению модели с целью выявления узких мест, выполнения управления рисками, устранения избыточных операций.

Ключевые слова: *пищевые продукты, кормовые продукты, нут, бизнес-процессы, переработка нута, безотходные технологии.*

Цитирование. Мартынов А. А., Кочеткова О. В., Шкаленко В. В., Водяников В. И. Разработка и реорганизация процессов переработки нута для создания пищевых и кормовых продуктов. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 228-239. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-23.

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.

Нут уступает сое по общему содержанию белка [9]. Однако белки нута более сбалансированы по аминокислотному составу и содержат достаточно высокое количество незаменимых аминокислот, в частности метионина и триптофана [7].

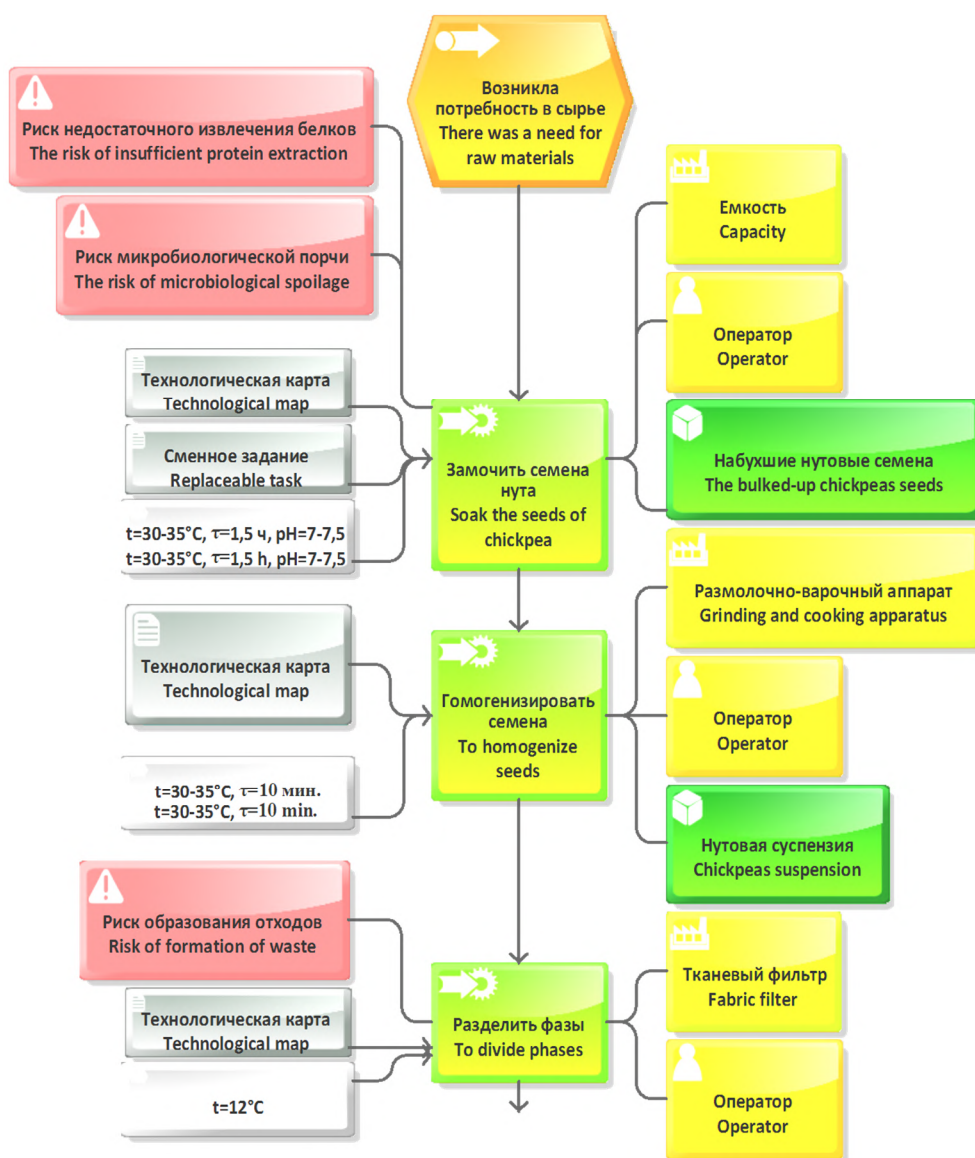


Figure 1 – eEPC diagram of «As is» feed production (part 1)

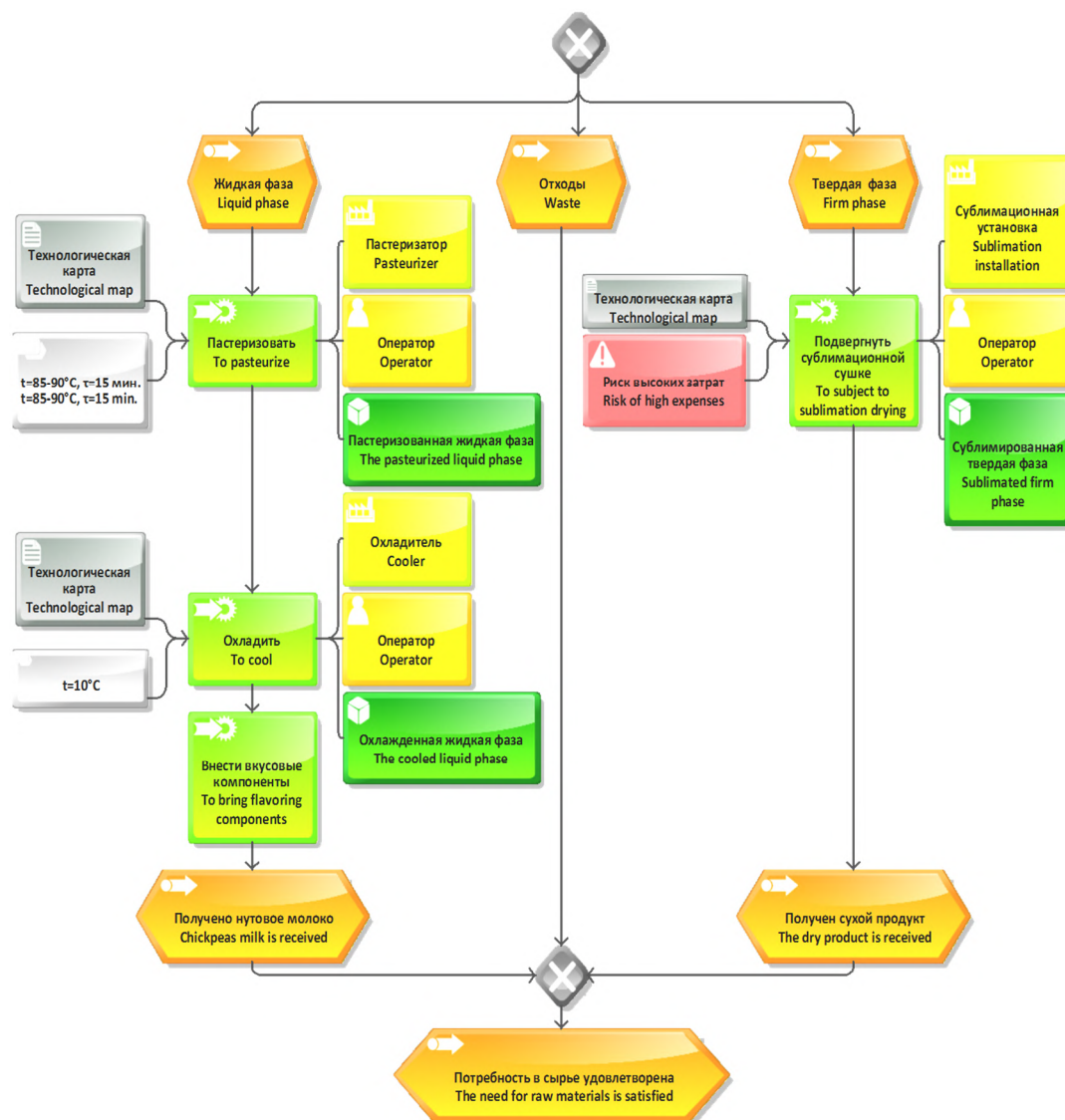


Рисунок 2 – eEPC диаграмма «Как есть» производства кормов (часть 2)

Figure 2 – eEPC diagram of «As is» feed production (part 2)

Существующие технологии переработки нута и подготовки к использованию в пищевой промышленности или в кормлении сельскохозяйственных животных, но они имеют ряд недостатков, к которым относятся высокая себестоимость, значительные количества отходов, отсутствие комплексного подхода. Большинство технологий, в которых целевым продуктом является жидкая фракция, отличаются неполным извлечением белков. Производственные отходы негативно сказываются на состоянии окружающей среды.

В связи с перечисленными факторами поставлена цель: разработать комплексную переработку семян нута, исключаящую образование отходов [4]. Реализацию инновационной разработки необходимо осуществлять с применением научно обоснованного подхода, предполагающего вычленение бизнес-процессов, установление взаимосвязей, а также управление ими. Основным средством анализа бизнес-процессов является их формализации в виде графических моделей. Означенные модели иллюстрируют последовательность выполняемых процедур, механизмы управления и контроля, а также документацию, регламентирующую выполнение определенной процедуры в рамках рассматриваемого бизнес-процесса [5].

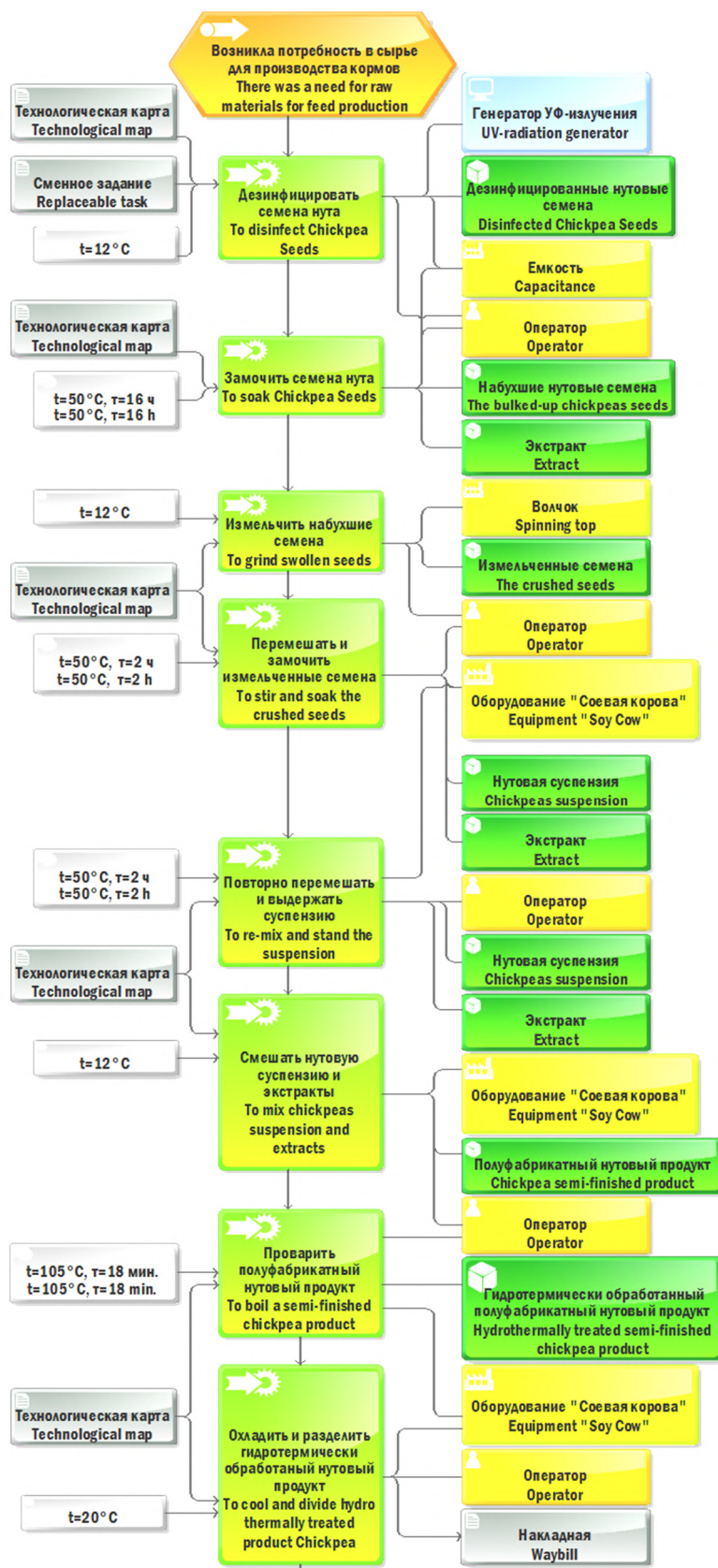


Рисунок 3 – eEPC диаграмма «Как будет» производства кормов (часть 1)

Figure 3 – eEPC diagram of «To be» feed production (part 1)

Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что исследование бизнес-процессов разработки кормовых и пищевых добавок является актуальной задачей, решение которой позволит распознать, оценить и представить процессы как основу для их организации и совершенствования.

Материалы и методы. В исследовании применены методика бизнес-моделирования и метод процессного подхода, позволяющие оценить изучаемую деятельность по критериям, характеризующим управление, функционирование и результаты деятельности [6]. Указанные методы позволяют строить графические модели, отличающиеся универсальностью, простотой и наглядностью. Диаграммы бизнес-процессов, используемые в качестве моделей, отображают существующие виды информации и связей, а также дают представление о том, когда, каким образом и при каких условиях осуществляется информационное взаимодействие между процессами.

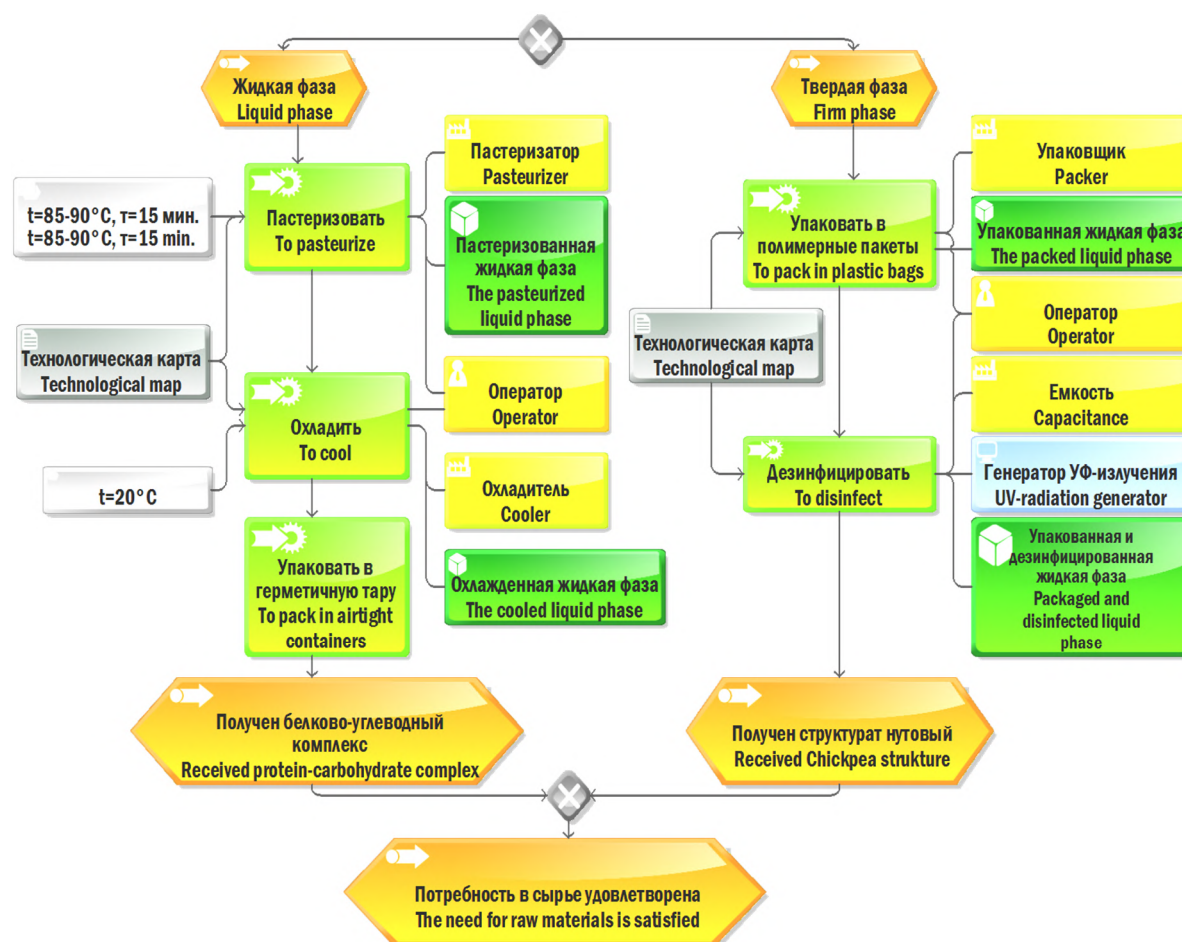


Рисунок 4 – eEPC диаграмма «Как будет» производства кормов (часть 2)

Figure 4 – eEPC diagram of «To be » feed production (part 2)

Для моделирования процессов переработки нута в исследовании использовался программный продукт для моделирования бизнес-процессов ARIS и диаграммы Extended Event Driven Process Chain (eEPC). Процессы, изображенные в виде eEPC-диаграмм, включают элементы логики, позволяющие создавать схемы с условиями для описания деятельности, отображать потоки объектов и документов со статусами; обеспечивают возможность корректной имитации и адекватное межпроцессное взаимодействие. Модели процессов в виде диаграмм потоков работ дают

возможность оценить изучаемые процессы, определить необходимые их улучшения для достижения заявленных целей. Модель «Как есть» характеризует прототип технологии, позволяя выявить его недостатки. Модель «Как будет» отражает правила реализации процессов для достижения поставленных целей.

Результаты и обсуждение. В качестве прототипа разрабатываемой технологии выбран способ переработки нута, разработанный Н. В. Аникеевой [6]. Основные бизнес-процессы переработки нута представлены на рисунках 1-4 в моделях «Как есть» и «Как будет».

Оценка разработанных моделей путем расчета показателей бизнес-процесса осуществлена по методике, приведенной в работе. В таблице 1 представлены количественные значения параметров бизнес-процесса, необходимые для расчета показателей процесса «Как есть».

Таблица 1 – Исходные данные для расчета показателей бизнес-процесса «Как есть»

Table 1 – The Source data for the calculation of indicators of the business process «As is»

Параметр бизнес-процесса / Business Process Option	Количественное значение / Quantitative value
Количество уровней бизнес-процессов / Number of business process levels	7
Количество экземпляров бизнес-процессов / Number of business process instances	7
Количество разрывов процессов в экземплярах бизнес-процессов / Number of process breaks in business process instances	0
Количество классов бизнес-процессов / Number of business process classes	1
Число собственников бизнес-процессов / Number of business process owners	1
Количество использованных ресурсов в бизнес-процессе / Amount of resources used in a business process	6
Количество «выходов» в экземплярах бизнес-процессов / The number of «output» in instances of business processes	7
Количество регламентирующей нормативной документации / Number of regulatory documents	2
Количество рисков технологического процесса / Number of process risks	4

В результате разработки и анализа модели «Как есть», принятой в качестве прототипа, выявлены следующие недостатки и риски: неполное извлечение белков при однократной экстракции, риск микробной обсемененности исходного сырья, образование отходов, высокие затраты при сублимационной сушке. Указанные факторы свидетельствуют о необходимости реорганизации существующего бизнес-процесса переработки нута. Исходные данные для расчета показателей бизнес-процесса «Как будет» представлены в таблице 2.

Расчет коэффициентов эффективности процесса переработки нута представлен в таблице 3. Анализ таблицы 3 показывает, что в результате реорганизации показатели процесса переработки нута улучшились: повысилась его контролируемость, снизились ресурсоемкость и показатели риска.

Разработанный бизнес-процесс переработки нута предполагает комплексную переработку сырья и отсутствие производственных отходов. За счет многократной экстракции достигается более полное извлечение белков.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета показателей бизнес-процесса «Как будет»

Table 2 – The source data for calculating the performance of the business process «To be»

Параметр бизнес-процесса / Business Process Option	Количественное значение / Quantitative value
Количество уровней бизнес-процессов / Number of business process levels	13
Количество экземпляров бизнес-процессов / Number of business process instances	13
Количество разрывов процессов в экземплярах бизнес-процессов / Number of process breaks in business process instances	0
Количество классов бизнес-процессов / Number of business process classes	1
Число собственников бизнес-процессов / Number of business process owners	2
Количество использованных ресурсов в бизнес-процессе / Amount of resources used in a business process	10
Количество «выходов» в экземплярах бизнес-процессов / The number of «output» in instances of business processes	13
Количество регламентирующей нормативной документации / Number of regulatory documents	2
Количество рисков технологического процесса / Number of process risks	0

Таблица 3 – Характеристики показателей бизнес-процессов

Table 3 – Characteristics of indicators of business processes

Показатель эффективности бизнес-процессов / Business process performance indicator	Формулы расчета коэффициентов / Coefficient formulas	Нормативное значение коэффициента / The standard value of the coefficient	Полученное значение коэффициентов для моделей / The resulting value of the coefficients for the models	
			«Как есть» «As is»	«Как будет» «To be»
Сложность / Complexity	$k_{cl} = \Sigma P_{ур} / \Sigma P_{экз}$	$k_{cl} \leq 0,66$	1,0	1,0
Процессность / Processivity	$k_{пр} = \Sigma P_{раз} / \Sigma P_{кп}$	$k_{пр} < 1$	0	0
Контролируемость / Controllability	$k_{отв} = \Sigma П / \Sigma П_{кп}$	$k_{отв} = 1$	1,0	2,0
Ресурсоемкость / Resource intensity	$k_p = P / \Sigma П_{вых}$	$k_p < 1$	0,86	0,77
Регулируемость / Adjustability	$k_{пер} = \Sigma П_{пер} / \Sigma П_{кп}$	$k_{пер} \geq 1$	2,0	2,0
Показатель риска / Risk indicator	$k_{risk} = \Sigma Risk / \Sigma P_{экз}$	$k_{risk} = 0$	0,57	0

Процесс дезинфекции путем замачивания семян в растворе перманганата калия и обработки их УФ-излучением способствует снижению риска микробной обсемененности исходного сырья. Поскольку разработанный бизнес-процесс исключает стадию сублимационной сушки, снижаются затраты.

Полученная в результате технологического процесса жидкая фракция, названная белково-углеводный комплекс (БУК), может использоваться в технологии продуктов из мяса, а твердая фракция – структурат нутовый – в кормлении сельскохозяйственных животных, в частности свиней [2, 3].

Апробация БУК осуществлена на изделиях из свинины копчено-вареных. Определены показатели выхода, пищевой и биологической ценности контрольных и экспериментальных образцов. Контрольные образцы изготовлены по требованиям ГОСТ.

Выход изделия из свинины копчено-вареного, произведенного с использованием БУК, составил 89 %, а выход контрольного образца равен 78 %. Таким образом, использование БУК позволяет увеличить выход мясных изделий.

Содержание белков и жиров в контрольном и экспериментальном образцах изделия из свинины копчено-вареного составило 16 и 15,4 % масс. соответственно. Содержание белков за счет использования БУК в рецептуре копчено-вареного изделия увеличилось на 2 %, что свидетельствует о высокой пищевой ценности продукта. Содержание липидов в экспериментальном образце снижено по сравнению с контрольным образцом в два раза, что позволит сделать продукт доступнее для широких слоев населения.

Коэффициент сбалансированности аминокислотного состава в экспериментальных изделиях из свинины копчено-вареных равен 0,64, коэффициент различия аминокислотного состава – 12,3 %. Следовательно, незаменимые аминокислоты достаточно сбалансированы в готовых продуктах. Биологическая ценность разработанных изделий из свинины копчено-вареных составляет 87,7 %, что является достаточно высоким значением. Использование БУК не ведет к значительному снижению пищевой и биологической ценности готовых продуктов.

Структурат нутовый, используемый в кормлении свиней для обеспечения безотходности технологии, не оказывает негативного влияния на поедаемость благодаря пастообразной консистенции. Кроме того, свиньи отличаются неприхотливостью к условиям содержания, изменениям рациона и консистенции кормов, что является дополнительным обоснованием выбора указанного вида сельскохозяйственных животных для осуществления опыта [1].

Апробация структурата на свиньях осуществлена путем проведения научно-хозяйственного опыта на предприятии «ИП КФХ Соловьев Д. В.» Дубовского района Волгоградской области. Определены клинико-физиологические показатели подопытных свиней крупной белой породы, относительные приросты линейных промеров статей экстерьера, индексы телосложения, абсолютные и относительные приросты живой массы. Исследования показали, что интенсивность роста была выше у опытной группы, в которой содержащаяся в общехозяйственном рационе пшеница была полностью заменена на структурат нутовый. Например, относительный прирост свиней опытной группы за весь период откорма составил 286,5 %, в то время как контрольной – 231,7 %.

Выводы. В результате выполнения исследования, включающего элементы функционального моделирования, разработана модель бизнес-процессов переработки нута для создания компонентов, служащих сырьем для производства пищевых и кормовых продуктов [8], в частности структурата нутового и БУК. Осуществлена оценка количественных показателей бизнес-процесса, обосновавшая его соответствие основным требованиям, предъявляемым к качественному бизнес-процессу.

Выстраивание производства с учётом научного обоснования указанной бизнес-модели позволит реализовать безотходную технологию переработки нута с более полным по сравнению с существующими технологиями извлечением белков. Ряд процессов означенной технологии минимизирует риск микробного обсеменения исходного сырья и конечного продукта переработки. Указанные факторы обеспечат высокую пищевую и кормовую ценность, а также хранимоспособность пищевых и кормовых продуктов, изготовленных с использованием нутовых компонентов. Термическая обработка полученного структурата в процессе его изготовления снижает риск контаминации корма вирусами, в том числе вирусом семейства *Asfarviridae*, вызывающим африканскую чуму у свиней. Низкое содержание жиров в нутовых компонентах [10, 11] позволит разработать на их основе пищевые продукты для функционального и геродиетического питания. Интенсификация роста свиней при использовании в рационе разработанных кормовых добавок обоснована экспериментальным путем. Дальнейшее развитие технологии переработки нута предполагает обогащение нутового сырья микронутриентами, в частности, йодом и селеном [12].

Библиографический список

1. Биохимические показатели крови свиней при оценке качественных характеристик мяса / И. Ф. Горлов [и др.] // Свиноводство. 2019. № 1. С. 31-35.
2. Водяников В. И., Шкаленко В. В. Профилактика стресса – увеличение количества и качества мясной продукции // Свиноводство. 2018. № 2. С. 61-63.
3. Водяников В. И., Шкаленко В. В. Профилактика технологических стрессов на заключительном откорме молодняка свиней // Свиноводство. 2017. № 2. С. 23-24.
4. Изменения физиологического статуса сельскохозяйственных животных и птицы под воздействием биологически активных добавок / С. И. Николаев [и др.] // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Вып. 7. С. 100-105.
5. Кочеткова О. В. Модернизация бизнес-процессов мясоперерабатывающего предприятия для управления безопасностью продукции // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса : наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (28). С. 287-295.
6. Кочеткова О. В., Подковыров И. Ю. Формализация и анализ бизнес-процессов первичной переработки хлопка-сырца // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 291-300.
7. Местные сорта нута из центров происхождения культуры: разнообразие и различия / М. А. Вишнякова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2017. Том 52. № 5. С. 976-985.
8. Николаев С. И., Шкаленко В. В. Влияние на продуктивность молодняка свиней канадской селекции органических микроэлементов нового поколения // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 1. С. 68-72.
9. Повышение белковой пищевой ценности рационов для сельскохозяйственных животных и птицы путем введения отходов масложировой промышленности / С. И. Николаев [и др.] // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Вып. 7. С. 78-84.
10. Comparison of sensitive stages of wheat, barley, canola, chickpea and field pea to temperature and water stress across Australia / M. F. Dreccer, J. Fainges, J. Whish, V. O. Sadras // Agricultural and Forest Meteorology. 2018. Vol. 248. P. 275-294.
11. Genetic parameters and trends for lean growth rate and its components in U.S. Yorkshire, Duroc, Hampshire, and Landrace pigs / P. Chen, T. J. Baas, J. W. Mabry etc. // J Anim Sci. 2002. V. 80. P. 2062-2070.
12. UPLC-HRMS based Untargeted Metabolic Profiling Reveals Changes in Chickpea (*Cicer arietinum*) Metabolome following Long-Term Drought Stress / N. Khan, A. Bano, M. A. Rahman, B. Rathinasabapathi, M. A. Babar // Plant Cell Environ. 2018. Mar 13. doi: 10.1111/pce.13195.

Conclusions. As a result of the functional modeling, a business process model for processing chickpeas has been developed to create components that serve as raw materials for the production of food and feed products [8], in particular, chickpea structure and protein-carbohydrate complex. The quantitative indicators of the business process were evaluated, which proved its compliance with the requirements of a quality business process.

Establishing production, taking into account the scientific justification of the specified business model, will make it possible to implement non-waste chickpea processing technology with a more complete protein extraction compared to existing technologies. A number of processes of this technology minimizes the risk of microbial contamination of the feedstock and the final processing product. These factors will provide high nutritional and feed value, as well as the storage ability of food and feed products made using chickpea components. The heat treatment of the resulting structurate during its manufacture reduces the risk of food contamination by viruses, including the Asfarviridae virus, which causes African swine fever. The low fat content in chickpeas components [10, 11] will allow developing food products for functional and gerodietic nutrition based on them. The intensification of pig growth when using the developed feed additives in the diet is justified experimentally. Further development of chickpea processing technology involves the enrichment of chickpea raw materials with micronutrients, in particular, iodine and selenium [12].

References

1. Biohimicheskie pokazateli krovi svinej pri ocenke kachestvennyh harakteristik myasa / I. F. Gorlov [i dr.] // Svinovodstvo. 2019. № 1. P. 31-35.
2. Vodyannikov V. I., Shkalenko V. V. Profilaktika stressa - uvelichenie kolichestv i kachestva myasnoj produkcii // Svinovodstvo. 2018. № 2. P. 61-63.
3. Vodyannikov V. I., Shkalenko V. V. Profilaktika tehnologicheskikh stressov na zaklyuchitel'nom otkorme molodnyaka svinej // Svinovodstvo. 2017. № 2. P. 23-24.
4. Izmeneniya fiziologicheskogo statusa sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i pticy pod vozdejstviem biologicheskii aktivnyh dobavok / S. I. Nikolaev [i dr.] // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Vol. 7. P. 100-105.
5. Kochetkova O. V. Modernizaciya biznes-processov myasopererabatyvayuschego predpriyatiya dlya upravleniya bezopasnost'yu produkcii // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa : nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 3 (28). P. 287-295.
6. Kochetkova O. V., Podkovyrov I. Yu. Formalizaciya i analiz biznes-processov pervichnoj pererabotki hlopka-syrca // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3 (51). P. 291-300.
7. Mestnye sorta nuta iz centrov proisxozhdeniya kul'tury: raznoobrazie i razlichiya / M. A. Vishnyakova [i dr.] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2017. Tom 52. № 5. P. 976-985.
8. Nikolaev S. I., Shkalenko V. V. Vliyanie na produktivnost' molodnyaka svinej kanadskoj selekcii organicheskikh mikroelementov novogo pokoleniya // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 1. P. 68-72.
9. Povyshenie belkovej pischevoj cennosti racionov dlya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i pticy putem vvedeniya othodov maslozhirovoj promyshlennosti / S. I. Nikolaev [i dr.] // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Vol. 7. P. 78-84.
10. Comparison of sensitive stages of wheat, barley, canola, chickpea and field pea to temperature and water stress across Australia / M. F. Dreccer, J. Fainges, J. Whish, V. O. Sadras // Agricultural and Forest Meteorology. 2018. Vol. 248. P. 275-294.
11. Genetic parameters and trends for lean growth rate and its components in U.S. Yorkshire, Duroc, Hampshire, and Landrace pigs / P. Chen, T. J. Baas, J. W. Mabry etc. // J Anim Sci. 2002. V. 80. P. 2062-2070.
12. UPLC-HRMS based Untargeted Metabolic Profiling Reveals Changes in Chickpea (*Cicer arietinum*) Metabolome following Long-Term Drought Stress / N. Khan, A. Bano, M. A. Rahman, B. Rathinasabapathi, M. A. Babar // Plant Cell Environ. 2018. Mar 13. doi: 10.1111/pce.13195.

Authors Information

Martynov Anton Andreevich, graduate student of Volgograd State Agrarian University (400040, Volgograd, Bogunskaya St., 28a), tel.: +7(960)8856108, e-mail: martaal19944991@mail.ru.

Kochetkova Ol'ga Vladimirovna, Head of the Department of Information Systems and Technologies, Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetsky Prospect, 26), Doctor of Technical Sciences, Professor

Shkalenko Vera Vladimirovna, corresponding member RANS, dr. biol. sciences, associate professor, honorary worker of the agro-industrial complex of Russia, professor of Volgograd State Agrarian University

Vladimir Ivanovich Vodyannikov, professor of department of private zootechny, Volgograd State Agrarian University, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26.), doctor Biological Sciences, Professor E-mail: vera.shkalenko@mail.ru.

Информация об авторах

Мартынов Антон Андреевич, аспирант федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», (400040, Волгоград, ул. Богунская, 28а, кв. 38), **E-mail:** martaal19944991@mail.ru.

Кочеткова Ольга Владимировна, заведующая кафедрой «Информационные системы и технологии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор технических наук, профессор
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4892-1899> **E-mail:** ovk555@bk.ru

Шкаленко Вера Владимировна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор биологических наук, доцент **E-mail:** vera.shkalenko@mail.ru

Водяников Владимир Иванович, профессор кафедры «Частная зоотехния» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор биологических наук, профессор **E-mail:** vera.shkalenko@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-24

FEED BIOCONVERSION AND QUALITY OF PIG MEAT UNDER THE INFLUENCE OF SYNTHETIC AMINO ACIDS

**M. I. Slozhenkina^{1,2}, I. F. Gorlov^{1,2}, O. E. Krotova¹, Z. B. Komarova¹,
A. A. Chernyak¹**

¹ *Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd, Russia*

² *Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia*

Received 03.02.2020

Submitted 11.03.2020

This work performed under RF President grant to support leading scientific schools HHI-2542.2020.11.

Summary

The article considers the issue of compensation for protein deficiency in the diet of pigs due to missing synthetic amino acids.

Abstract

Introduction. Understanding the needs of the animal organism for essential amino acids in various sex and age periods of growing and fattening pigs makes it possible to use efficiently and economically feed and various biologically active additives. Protein, as such, is not a criterion for assessing the protein supply of animals, therefore, the number of individual amino acids, as well as their ratio, should be taken into account

in nutrition. The optimization of the amino acid composition of feed is an urgent problem of modern pig farming. It is especially important to balance the diets of chickens and pigs according to lysine, methionine and tryptophan, a deficiency of which is observed in plant foods. This is associated with an increase in the production of synthetic amino acids in our country, primarily lysine and methionine, which are used as feed additives for combination feeds. In the presented article, the authors studied the effect of synthetic amino acids lysine and methionine on the bioconversion of feed in young fattening pigs. **Results and discussion.** It was proved that young pigs of group I, who received mixed feed balanced for all nutrients, including digestible protein, and group IV, in which the amino acid composition deficiency was balanced due to synthetic feed lysine and methionine, digested the feed most efficiently and at approximately the same level. The digestibility coefficients were the lowest in group II, where the animals received a general economic diet deficient in digestible protein, lysine and methionine. Considering the level of digestibility of food nutrients by animals of groups III and IV in comparison with the II experimental group, a difference of digestibility of dry and organic substances by 0.4 was established; 0.7 % and 1.1; 1.5 %, and crude protein - by 0.8 and 2.4 %, crude fat - by 2.1 and 2.6 %. The positive effect of the studied amino acids on the chemical composition of the longest muscle of the back has been established. An increase in protein content in the longest muscle of the back in groups III and IV relative to group II was recorded by 3.82 (P <0.05) and 5.09 % (P <0.01) against the background of a slight decrease in the content of intramuscular fat. The protein content in group I was at the level of indicators of group IV. Studies have confirmed that feed imbalance in amino acid composition negatively affects the digestibility of nutrients, nitrogen balance, chemical composition and technological properties of meat. It was proved that the lowest bioconversion of feed was observed in animals of group II, which received a general diet (OR), deficient in digestible protein, lysine and methionine. **Conclusion.** The animals of groups I and IV were most efficiently digested, from which it follows that the protein deficiency in the diet can be compensated for by the lack of synthetic amino acids (lysine, methionine).

Key words: *amino acids, feed bioconversion, young pigs, meat quality.*

Citation. Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Krotova O. E., Komarova Z. B., Chernyak A. A. Feed bioconversion and quality of pig meat under the influence of synthetic amino acids *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 239-248 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-24.

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

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

УДК 636.4.087.7

БИОКОНВЕРСИЯ КОРМОВ И КАЧЕСТВО МЯСА СВИНЕЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ АМИНОКИСЛОТ

М. И. Сложеникина^{1,2}, доктор биологических наук,
член-корреспондент РАН, профессор

И. Ф. Горлов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, профессор

О. Е. Кротова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

З. Б. Комарова¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

А. А. Черняк¹, соискатель

¹ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции», г. Волгоград

²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

Дата поступления в редакцию 03.02.2020

Дата принятия к печати 11.03.2020

*Исследования выполнены по гранту Президента РФ для поддержки
ведущих научных школ НШ-2542.2020.11.*

Введение. Понимание потребности животного организма в незаменимых аминокислотах в различные половозрастные периоды выращивания и откорма свиней дает возможность эффективно и экономично использовать корма и различные биологически активные добавки.

Белок как таковой не является критерием оценки протеиновой обеспеченности животных, поэтому в питании необходимо учитывать количество отдельных аминокислот, а также их соотношение между собой. Оптимизация аминокислотного состава корма является актуальной проблемой современного свиноводства. Особенно важно балансировать рационы кур и свиней по лизину, метионину и триптофану, дефицит которых наблюдается в растительных кормах. С этим связано увеличение изготовления синтетических аминокислот в нашей стране, в первую очередь, лизина и метионина, которые применяются в качестве кормовых добавок к комбинированным кормам. В представленной статье авторы изучили влияние синтетических аминокислот лизина и метионина на биоконверсию кормов у молодняка свиней на откорме. **Результаты и обсуждение.** Доказано, что молодняк свиней I группы, получавший комбикорм, сбалансированный по всем питательным веществам, включая перевариваемый протеин, и IV группы, в которой дефицит аминокислотного состава корма балансировали за счет синтетического кормового лизина и метионина, переваривал корм наиболее эффективно и примерно на одном уровне. Наиболее низкими коэффициенты переваримости оказались во II группе, где животные получали общехозяйственный рацион, дефицитный по переваримому протеину, лизину и метионину. Рассматривая уровень переваримости питательных веществ корма животными III и IV групп в сравнении со II опытной группой, установили разницу усвояемости сухого и органического веществ на 0,4; 0,7 % и 1,1; 1,5 %, а сырого протеина – на 0,8 и 2,4 %, сырого жира – на 2,1 и 2,6%. Установлено положительное влияние изучаемых аминокислот на химический состав длиннейшей мышцы спины. Зафиксировано увеличение содержания белка в длиннейшей мышце спины в III и IV группах относительно II группы на 3,82 ($P<0,05$) и 5,09 % ($P<0,01$) на фоне некоторого снижения содержания внутримышечного жира. Содержание белка в I группе находилось на уровне показателей IV группы. Проведенные исследования подтвердили, что несбалансированность корма по аминокислотному составу негативно влияет на переваримость питательных веществ, баланс азота, химический состав и технологические свойства мяса. Доказано, что самая низкая биоконверсия корма наблюдалась у животных II группы, которые получали общехозяйственный рацион (ОР), дефицитный по переваримому протеину, лизину и метионину. **Вывод.** Наиболее эффективно переваривали корм животные I и IV групп, из чего следует, что дефицит белка в рационе возможно компенсировать за счет недостающих синтетических аминокислот (лизин, метионин).

Ключевые слова: аминокислоты, биоконверсия кормов, молодняк свиней, качество мяса свиней, синтетические аминокислоты.

Цитирование. Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Кротова О. Е., Комарова З. Б., Черняк А. А. Биоконверсия кормов и качество мяса свиней под воздействием синтетических аминокислот. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 239-248. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-24.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Скрытые ресурсы животного организма, относящиеся к его продуктивности, могут быть осуществлены только при условии полноценного кормления, сбалансированного по всем питательным веществам, включая аминокислоты. Однако корма растительного происхождения, являющиеся основой рациона сельскохозяйственных животных, по большей части не восполняют потребности высокопродуктивных животных в биологически полноценном белке, а значит, и в незаменимых аминокислотах [1, 8].

Увеличение эффективности использования имеющихся кормов является постоянной задачей в кормлении животных, при этом особое значение приобретает эффективность использования протеина корма. Установлено, что биологическая валидность протеина зависит от содержания аминокислот в определенной пропорции [6, 9, 11].

Животный организм нуждается не в самом кормовом протеине, а в его составных частях – аминокислотах, которые высвобождаются из белка пищи при его распаде в желудочно-кишечном тракте. Понизить общий уровень сырого протеина в кормах возможно при условии сбалансированности аминокислот с помощью синтетических препаратов [2, 4, 5].

Исследованиями доказано, что использовать в рационе синтетические аминокислоты предпочтительнее как с экономической, так и с физиологической точки зрения, чем сбалансировать рацион с помощью протеинсодержащих кормов. В настоящее время на рынке представлено большое количество различных препаратов, содержащих синтетические аминокислоты [3, 7, 10]. Однако биоконверсия кормов при их использовании в свиноводстве изучена недостаточно.

Материалы и методы. Исследования проводились на молодняке свиней крупной белой породы, содержащихся в условиях племязавода «Колхоз имени Ленина» Суворовкинского района Волгоградской области.

В эксперименте в качестве добавок использовали L-лизин сульфат – 70 % (СТО 71461874-002-2014, Россия, Белгородская область) и метионин кормовой (ГОСТ 23423-2017, Россия, Волгоградская область).

Для проведения испытаний по принципу аналогов были сформированы 4 группы животных, полученных в результате второго опороса, по 16 голов в каждой.

Откормочный процесс был разделен на три периода: до 50, 80 и 120 кг. Молодняк свиней I группы получал сбалансированный по всем питательным веществам корм, в состав которого включено 58-65 % молотого ячменя, горох, мясокостная мука. Содержание переваримого протеина по периодам откорма составляло 119; 106 и 90 г соответственно. Животные II группы получали стандартный общехозяйственный рацион (ОР), в котором дефицит по переваримому протеину в первом периоде откорма составил 19,0 %, во втором – 14,4, а в третьем соответствовал нормативным показателям кормления молодняка свиней (ВИЖ). Дефицит по лизину в первом периоде – 34,9 %, метионину + цистину – 37,8 %, во втором – 29,6 и 23,1 %, в третьем – 14,9 и 8,0 % соответственно. Молодняк свиней III опытной группы получал ОР, а для сбалансированности корма по лизину вводили кормовой лизин. Молодняк свиней IV опытной группы получал ОР, а недостаток лизина и метионина компенсировали за счет соответствующих синтетических аминокислот.

Все рационы были сбалансированы по витаминам и минеральным веществам. Перед скармливанием все комбикорма подвергались экструдированию. Предварительно комбикорм увлажняли электроактивированным анолитом, действующими веществами которого являлись смесь пероксидных и хлоркислородных соединений.

Как показали исследования, в процессе экструдирования повышается переваримость белков и усвоение аминокислот, увеличивается доступность масла за счет разрыва маслосодержащих клеток, происходит гибель микрофлоры, грибов, плесени, уничтожаются либо подавляются до приемлемых уровней афлатоксина, нейтрализуются ингибиторы трипсина и уреазы.

В процессе опыта изучали переваримость питательных веществ корма и баланс азота у животных подопытных групп по методике Овсянникова А.И. (1976).

Химический состав мяса исследовали в соответствии с ГОСТ 9793-74, ГОСТ 25011-81 и ГОСТ 23042-86, величину pH – по ГОСТ Р 51478-99 (ИСО 291774). Спектр аминокислот длиннейшей мышцы спины изучали на аминокислотном анализаторе Agacus (Германия).

Результаты исследований обрабатывали метом вариационной статистики с определением критерия достоверности разницы.

Результаты и обсуждение. Результаты, полученные в процессе балансового опыта, позволили установить, что переваримость питательных веществ кормов подопытными животными была различной (рисунок 1).

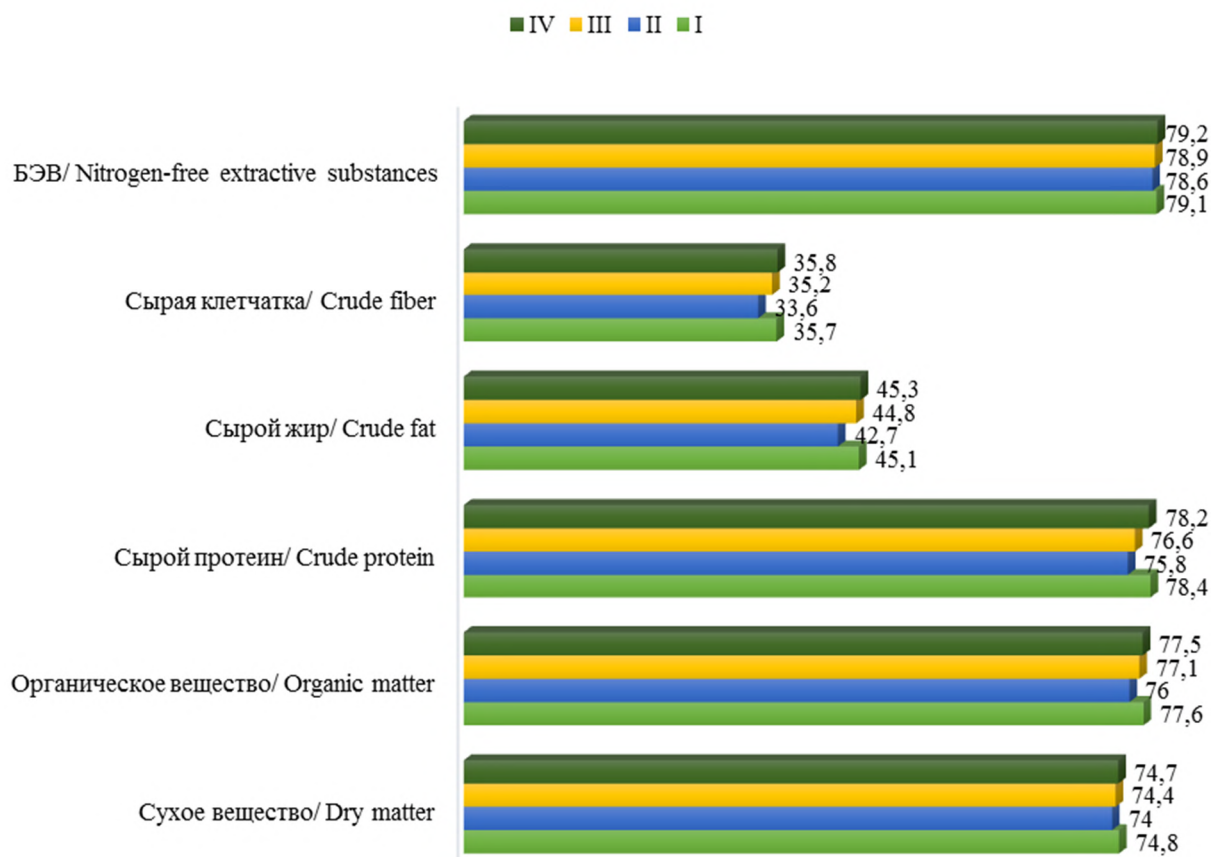


Рисунок 1 – Уровень усвояемости питательных веществ корма молодняком свиней

Figure 1 – The level of digestibility of feed nutrients young pigs

Молодняк свиней I группы, получавший комбикорм, сбалансированный по всем питательным веществам, включая перевариваемый протеин, и IV группы, в которой дефицит аминокислотного состава корма балансировали за счет синтетического кормового лизина и метионина, переваривал корм наиболее эффективно и примерно на одном уровне. Наиболее низкими коэффициенты переваримости оказались во II группе, где животные получали общехозяйственный рацион, дефицитный по переваримому протеину, лизину и метионину, в III группе, где дефицит лизина был обеспечен введением в рацион кормового лизина, переваримость питательных веществ увеличилась относительно сверстников из II группы.

Рассматривая уровень усвояемости питательных веществ животных III и IV групп в сравнении со II опытной группой, можем сделать вывод, что преимущество переваримости сухого и органического веществ составило 0,4 и 0,7 %, 1,1 и 1,5 %; сырого протеина – 0,8 и 2,4 % ($P < 0,05$); сырого жира – 2,1 ($P < 0,05$) и 2,6 % ($P < 0,05$); сырой клетчатки – 1,6 ($P < 0,05$) и 2,2 % ($P < 0,05$); БЭВ – 0,3 и 0,6 % соответственно.

Аналогичные результаты наблюдались и при изучении баланса азота в организме молодняка свиней подопытных групп (рисунок 2).

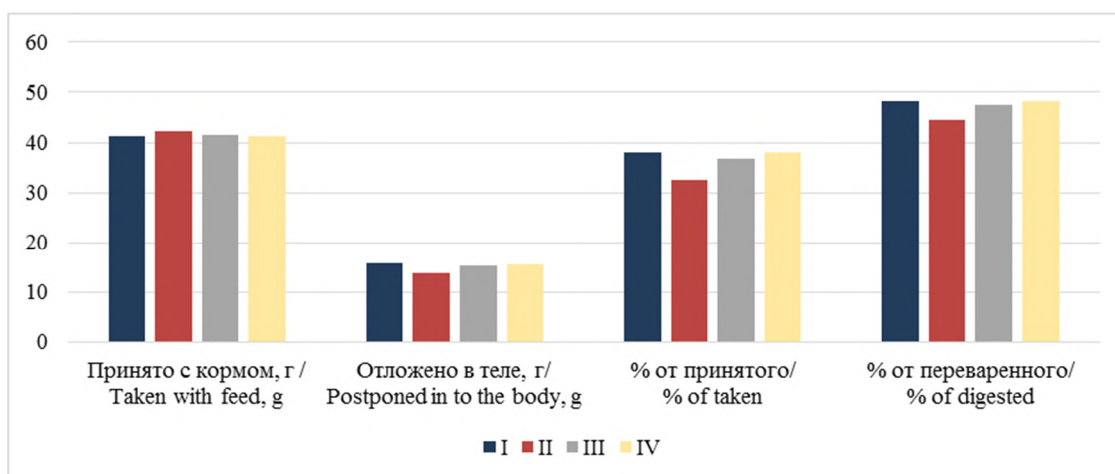


Рисунок 2 – Баланс и использование азота корма подопытными животными

Figure 2 – The balance and use of feed nitrogen in experimental animals

Во II группе уровень отложения азота в теле животных оказался самым низким и составил 13,72 г. Превышение данного показателя в III группе относительно II составило 11,15 ($P<0,05$), в IV – 14,14 ($P<0,01$), в I – 14,36 % ($P<0,01$). Коэффициент использования азота напрямую зависит от отложения его в теле, соответственно превышение его по данному показателю от принятого составило 4,27 ($P<0,05$), 5,42 ($P<0,01$) и 5,46 % ($P<0,01$), а от переваренного – 2,92 ($P<0,05$), 3,67 ($P<0,01$) и 3,69 % ($P<0,01$).

Полученные результаты доказывают, что сбалансированный корм по аминокислотному составу за счет синтетических кормовых аминокислот (лизин, метионин) не уступает по переваримости и усвояемости питательных веществ корму, сбалансированному по переваримому протеину.

Химический состав мяса является объективным показателем трансформации питательных веществ корма в мышечную ткань. Результаты наших исследований доказывают положительное влияние кормовых синтетических аминокислот (лизин, метионин) на уровень концентрации биохимических веществ в длиннейшей мышце спины (рисунок 3).

Зафиксировано увеличение содержания белка в длиннейшей мышце спины в III и IV группах относительно II группы на 3,82 ($P<0,05$) и 5,09 % ($P<0,01$) на фоне некоторого снижения содержания внутримышечного жира. Содержание белка в I группе находилось на уровне показателей IV группы.

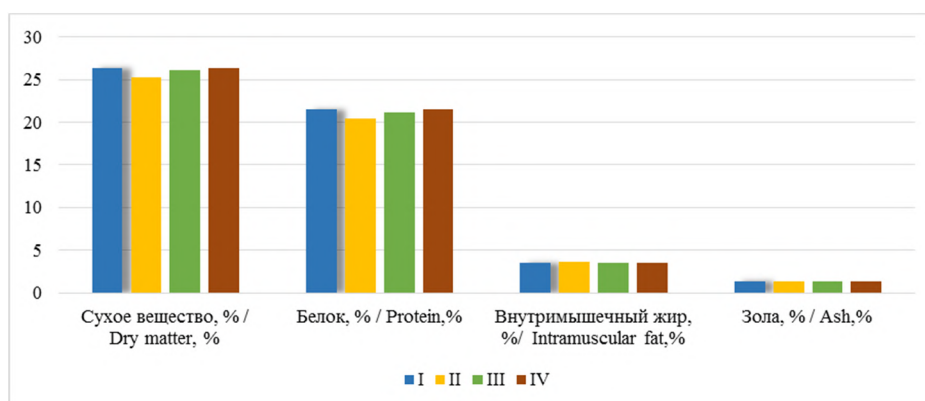


Рисунок 3 – Концентрация биохимических веществ

Figure 3 – The concentration of biochemical substances

Расширенный спектр аминокислотного состава длиннейшей мышцы спины подопытных животных представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Аминокислотный состав белков длиннейшей мышц спины, % (n=3)

Table 1 – Amino acid composition of proteins of the longest back muscles, % (n = 3)

Перечень аминокислот Amino Acid List	Группы подопытных особей Groups of experimental individuals			
	I	II	III	IV
Аргинин (Arg) / Arginine (Arg)	6,79±0,19**	5,01±0,28	6,32±0,31*	6,80±0,20**
Гистидин (His) / Histidine(His)	3,68±0,13	3,20±0,12	3,51±0,15	3,77±0,18
Лизин (Lys) / Lysine (Lys)	7,35±0,16**	5,82±0,17	7,28±0,19**	7,43±0,24**
Метионин (Met) / Methionine (Met)	3,82±0,07**	3,54±0,08	3,62±0,07	4,03±0,09**
Валин (Val) / Valine (Val)	3,59±0,11	3,32±0,15	3,54±0,13	3,62±0,14
Треонин (Thr) / Threonine(Thr)	4,09±0,08	3,88±0,10	4,03±0,08	4,12±0,09
Лейцин (Leu) / Leucine (Leu)	5,27±0,16	5,24±0,12	5,26±0,15	5,28±0,14
Изолейцин (Ile) / Isoleucine (Ile)	3,37±0,09*	2,92±0,10	3,33±0,07*	3,39±0,08*
Фенилаланин (Phe) / Phenylalanine (Phe)	3,09±0,10	3,06±0,08	3,08±0,09	3,08±0,11
Сумма незаменимых аминокислот / Amount of Essential Amino Acids	41,05±0,73**	35,99±0,66	39,97±0,82*	41,52±0,71**
Глутаминовая кислота (Glu) / Glutamic acid (Glu)	11,85±0,18*	10,75±0,24	11,42±0,17	11,97±0,19
Серин (Ser) / Serine (Ser)	2,41±0,09	2,39±0,14	2,35±0,12	2,43±0,11
Глицин (Gly) / Glycine (Gly)	2,79±0,09	2,68±0,08	2,72±0,06	2,84±0,07
Пролин (Pro) / Proline(Pro)	3,34±0,11**	2,65±0,09	3,28±0,14**	3,40±0,10**
Аланин (Ala) / Alanine (Ala)	4,79±0,15	3,51±0,16	4,55±0,17*	4,81±0,19**
Аспарагиновая кислота (Asp) / Aspartic acid (Asp)	7,15±0,35	6,89±0,31	7,12±0,29	7,18±0,43
Тирозин (Tyr) / Tyrosine (Tyr)	2,57±0,16	2,53±0,17	2,59±0,11	2,61±0,15
Сумма заменимых аминокислот / Amount of Essential Amino Acids	34,90±0,46*	31,40±0,55	34,03±0,51*	35,24±0,49**
Аминокислотный индекс / Amino Acid Index	1,18	1,15	1,17	1,18

При определении уровня незаменимых аминокислот в разрезе групп было отмечено достоверное увеличение аргинина в I, III и IV группах на 35,53 (P<0,01), 26,15 (P<0,05) и 35,73 % (P<0,01), лизина в I, III и IV группах – на 26,29 (P<0,01), 25,09 (P<0,01) и 27,66 % (P<0,01), метионина в I и IV группах – на 7,91 (P<0,01) и 13,84 % (P<0,01), изолейцина в I, III и IV группах – на 15,41 (P<0,05), 14,04 (P<0,05) и 16,09 % (P<0,05). Уровень содержания остальных незаменимых аминокислот варьировал в пределах статистической ошибки.

В целом сумма незаменимых аминокислот в III и IV группах достоверно превышала уровень II группы на 11,06 (P<0,05) и 15,37 % (P<0,01), а в I группе сумма незаменимых аминокислот находилась на уровне показателей IV группы.

Среди заменимых аминокислот достоверная разница была получена по содержанию пролина и аланина между I и II группами на 26,52 (P<0,01) и 36,47 % (P<0,01), между III и II группами – на 24,24 (P<0,01) и 29,63 % (P<0,01) и между IV и II группами 28,30 (P<0,01) и 37,04 % (P<0,01) соответственно. Аминокислотный индекс в I и IV группах оказался одинаковым и составил 1,18 против 1,15 во II группе, а в III группе на уровне 1,17.

Потребительская ценность мяса непосредственно связана с содержанием полноценных белков и уровнем белково-качественного показателя (таблица 2).

Таблица 2 – Биологические и технологические свойства длиннейшей мышцы спины (n=3)

Table 2 – Biological and technological properties of the longest back muscles (n = 3)

Изучаемые показатели / The studied indicators	Группы животных / Groups of animals			
	I	II	III	IV
Триптофан, мг% / Tryptophan, mg%	427,32±1,82**	409,88±2,41	421,48±2,69*	425,86±1,98**
Оксипролин, мг% / Oxypoline, mg%	47,05±0,61*	49,64±0,53	47,13±0,49*	47,02±0,57*
Белково-качественный показатель (БКП) / Protein-quality indicator (BKP)	9,08	8,26	8,94	9,06
Влагоудерживающая способность (ВУС), % / Water retention ability (WCS), %	62,48±0,22*	61,49±0,15	62,27±0,19*	62,52±0,24*
Увариваемость, % / Digestibility, %	39,09±0,11	39,28±0,12	39,12±0,17	39,07±0,13
Кулинарно-технологический показатель / Culinary and technological indicator	1,60	1,57	1,59	1,60
Концентрация ионов водорода (pH) / The concentration of hydrogen ions (pH)	5,86	5,79	5,83	5,86

Как показывают данные таблицы, белково-качественный показатель длиннейшей мышцы спины во всех группах находился на высоком уровне, однако в I, III и IV группах, где животные получали сбалансированный комбикорм, по переваримости протеина (I группа), лизина (III группа), лизина и метионина (IV группа) превышал аналогичный показатель II группы на 0,82; 0,68 и 0,80.

Выводы. Результаты исследований позволили установить, что несбалансированность корма по аминокислотному составу негативно влияет на переваримость питательных веществ, баланс азота, химический состав и технологические свойства мяса. Доказано, что самая низкая биоконверсия корма наблюдалась у животных II группы, которые получали общехозяйственный рацион (ОР), дефицитный по переваримому протеину, лизину и метионину. Наиболее эффективно переваривали корм животные I и IV групп, из чего следует, что дефицит белка в рационе возможно компенсировать за счет недостающих синтетических аминокислот (лизин, метионин).

Библиографический список

1. Гамко Л. Н., Бадырханов М. Б. Влияние скармливания разных доз смектитного трепела на мясную продуктивность свиней на откорме // Аграрная наука. 2016. № 2. С. 22-23.
2. Кисель Н. Н., Тырсин Ю. А. Аминокислоты и повышение продуктивности животных // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2014. № 9. С. 68-72.
3. Клименко Т. В. Сравнение разных источников метионина в рационах поросят // Свиноводство. 2014. № 3. С. 41-42.
4. Лаврентьев А. Ю. L-лизин монохлоргидрат кормовой в составе зерносмеси для молодняка свиней // Свиноводство. 2014. № 3. С. 26-27.
5. Минеральная добавка «Коретрон» в рационах молодняка свиней на откорме / А. А. Барыкин, С. М. Иванов, Д. В. Фризен, Г. Н. Сницаренко // Научный электронный журнал Куб ГАУ. Краснодар: КубГАУ. 2016. № 120 (06). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/137.pdf>.
6. Ниязов Н. С.-А., Родионова О. Н., Пьянкова Е. В. Использование в кормлении растущих свиней низкопротеиновых комбикормов, сбалансированных по аминокислотам, доступным для всасывания в кишечнике // Проблемы биологии продуктивных животных. 2016. № 4. С. 81-88.

7. Ниязов Н. С.-А., Кальницкий Б. Д. Продуктивность и азотистый обмен у свиней, получавших низкопротеиновые рационы с разным уровнем незаменимых аминокислот // Доклады РАСХА. 2014. № 3. 60-62.

8. Оптимизация соотношений лизина и обменной энергии комбикормов для синтеза мяса у молодняка свиней белорусской мясной породы / В. М. Голушко, В. А. Рошин, С. А. Линкевич, А. В. Ситько, М. А. Шацкий // Зоотехническая наука Беларуси. Сб. науч. трудов. Том 49, часть 2. Технология кормов и кормления, продуктивность технология производства, зоогигиена, содержание. Жодино, 2014. С. 27-36.

9. Перспектива производства кормовых белковых продуктов / А. Я. Самуйленко [и др.] // Вестник РАСХ. 2010. № 4. С. 53-60.

10. Симбиотические препараты в животноводстве / А. Я. Самуйленко, И. В. Павленко, В. И. Еремец, Л. Е. Соловьёв, И. В. Бобровская, В. А. Гаврилов // Ветеринария и кормление. 2014. № 6. С. 23-24.

11. Chemical Composition, Biological Values And Processing Properties Of Meat From Pigs Fed With A New Biologically Active Supplement In Their Rarions / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, Z. B. Komarova, E. S. Heruvimskikh, O. E. Krotova, V. G. Friesen, S. M. Ivanov, A. V. Rudkovskaya, Y. U. Danilov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. № 6. P. 1497-1503.

Conclusion. The results of the research allowed us to establish that the imbalance of feed in terms of amino acid composition negatively affects the digestibility of nutrients, nitrogen balance, chemical composition and technological properties of meat. It is proved that the lowest bioconversion of feed was observed in group II animals that received a General diet (GD) that was deficient in digestible protein, lysine and methionine. Animals of groups I and IV digested food most effectively, which means that the protein deficit in the diet can be compensated for by missing synthetic amino acids (lysine, methionine).

References

1. Gamko L. N., Badyrhanov M. B. Vliyanie skarmlivaniya raznyh doz smektitnogo trepela na myasnuyu produktivnost' svinej na otkorme // Agrarnaya nauka. 2016. № 2. P. 22-23.

2. Kisel' N. N., Tyrsin Yu. A. Aminokisloty i povyshenie produktivnosti zhivotnyh // Kormlenie sel'skokozyajstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo. 2014. № 9. P. 68-72.

3. Klimenko T. V. Sravnenie raznyh istochnikov metionina v racionah porosyat // Svinovodstvo. 2014. № 3. P. 41-42.

4. Lavrent'ev A. Yu. L-lizin monohlorgidrat kormovoj v sostave zernosmesi dlya molodnyaka svinej // Svinovodstvo. 2014. № 3. P. 26-27.

5. Mineral'naya dobavka "Koretron" v racionah molodnyaka svinej na otkorme / A. A. Barykin, S. M. Ivanov, D. V. Frizen, G. N. Snicarenko // Nauchnyj jelektronnyj zhurnal Kub GAU. Krasnodar: KubGAU. 2016. № 120 (06). Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/137.pdf>.

6. Niyazov N. S. -- A., Rodionova O. N., P'yankova E. V. Ispol'zovanie v kormlenii rastuschih svinej nizkoproteinovyh kombikormov, sbalansirovannyh po aminokislotam, dostupnym dlya vsasyvaniya v kishechnike // Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh. 2016. № 4. P. 81-88.

7. Niyazov N. S.-A., Kal'nickij B. D. Produktivnost' i azotistyj obmen u svinej, poluchavshih nizkoproteinovye raciony s raznym urovnem nezamenimyh aminokislot // Doklady RASXA. 2014. № 3. P. 60-62.

8. Optimizaciya sootnoshenij lizina i obmennoj lnergii kombikormov dlya sinteza myasa u molodnyaka svinej belorusskoj myasnoj porody / V. M. Golushko, V. A. Roschin, S. A. Linkevich, A. V. Sit'ko, M. A. Shackij // Zootehnicheskaya nauka Belarusi. Sb. nauch. trudov. Tom 49, chast' 2. Tehnologiya kormov i kormleniya, produktivnost' tehnologiya proizvodstva, zoogigiena, soderzhanie. Zhodino, 2014. P. 27-36.

9. Perspektiva proizvodstva kormovyh belkovyh produktov / A. Ya. Samujlenko [i dr.] // Vestnik RASX. 2010. № 4. P. 53-60.

10. Simbioticheskie preparaty v zhivotnovodstve / A. Ya. Samujlenko, I. V. Pavlenko, V. I. Eremec, L. E. Solov'jov, I. V. Bobrovskaya, V. A. Gavrilo / Veterinariya i kormlenie. 2014. № 6. P. 23-24.

11. Chemical Composition, Biological Values And Processing Properties Of Meat From Pigs Fed With A New Biologically Active Supplement In Their Rarions / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, Z. B. Komarova, E. S. Heruvimskikh, O. E. Krotova, V. G. Friesen, S. M. Ivanov, A. V. Rudkovskaya, Y. U. Danilov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. № 6. P. 1497-1503.

Authors Information

Slozhenkina Marina Ivanovna, Director of the Federal State Budgetary Institution «Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production» (6, Rokossovsky St., Volgograd, 400131, Russian Federation, tel.: (8442) 39-10-48; 39-11 -01; 37-38-09), Doctor of Biological Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, E-mail: niimmp@mail.ru

Gorlov Ivan Fiodorovich, Scientific Director of the Federal State Budgetary Institution «Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production» (RF, 400131, Volgograd, Rokossovsky St., 6), doctor S.-kh. Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159> E-mail: niimmp@mail.ru

Krotova Olga Evgenevna, employee of the Volga research Institute for production and processing of meat and dairy products (Russia, 400131, Volgograd, Rokossovsky str., 6, tel.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2476-1395>, candidate of agricultural sciences, associate Professor, E-mail: niimmp@mail.ru

Komarova Zoya Borisovna, leading researcher, Volga region research Institute of meat and dairy production and processing (Russia, 400131, Volgograd, Rokossovsky str., 6, tel.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), doctor of agricultural Sciences; E-mail: way_kom@mail.ru

Chernyak Alexander, applicant of FGNU "Volga scientific research Institute of production and processing of meat and dairy products" (Russia, 400131, Volgograd, Rokossovsky str., 6, tel.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1818-2725>, E-mail: niimmp@mail.ru

Информация об авторах

Сложенкина Марина Ивановна, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, E-mail: niimmp@mail.ru

Горлов Иван Федорович, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159> E-mail: niimmp@mail.ru

Кротова Ольга Евгеньевна, сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2476-1395>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент E-mail: niimmp@mail.ru

Комарова Зоя Борисовна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), доктор сельскохозяйственных наук; E-mail: way_kom@mail.ru

Черняк Александр, соискатель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1818-2725>, E-mail: niimmp@mail.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-25

PRESSING ROOTS AND RHIZOMES OF LICORICE

V. V. Borodychev¹, T. G. Konstantinova², A. E. Novikov^{1,2},
M. I. Filimonov^{1,2}

¹*Volgograd Branch of the All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering
and Land Reclamation, Volgograd*

²*Federal State Budget Scientific Institution the All-Russian research institute
of irrigated agriculture, Volgograd*

³*Volgograd State Technical University, Volgograd*

Received 16.12.2019

Submitted 05.03.2020

Summary

The article presents the results of the development of press equipment designs designed for raw material productivity from 0.65 to 20 t/h, allowing to obtain bales from the roots and rhizomes of licorice of different densities, and, accordingly, different sizes that facilitate their transportation. The results of the study showed that the presses have high performance indicators, and compressed roots and rhizomes of licorice in bales better retain their quality indicators even under adverse storage conditions.

Abstract

Introduction. The extract from the roots and rhizomes of licorice, containing glycyrrhizin, plant polyphenols, sucrose, glucose, organic acids, starch, gums, tar and other substances, has been widely used in the pharmaceutical industry in the manufacture of medicines, as well as in food technology in the production of sweeteners. In 2014, the global market for licorice extract amounted to more than \$ 190 million, the main consumers of which are Germany (22%), China (16%), and the United Arab Emirates (9%). Thickets of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.), Uralic (*Glycyrrhiza uralensis*) and Korzhinsky (*Glycyrrhiza korshinskyi*), which grow in the floodplains of the Urals, Volga, Don and Kura rivers, steppes of Western Siberia, the south of the Krasnoyarsk Territory, are of industrial importance. With the collapse of the Soviet Union, natural licorice thickets remained in Turkmenistan and Uzbekistan, and processing plants in Kazakhstan. Despite the loss of raw materials and production bases, 2014 was marked by the construction in the Astrakhan region of a unique new plant in Russia for processing roots and rhizomes of licorice. With co-financing and technological support of this innovative project by the Japanese company Cokey Systems Co., Ltd. in 2018, the installation and commissioning of unique equipment were completed, industrial operation and export of products began. The formation and development of the licorice industry will require the development of raw materials not only in the Astrakhan region, but also in other regions of Russia, and, accordingly, the pressing of licorice roots and rhizomes, which have different morphometric indicators depending on the area of growth, will become relevant. **Object.** The object of research is the press equipment, licorice roots and rhizomes, quality indicators of raw materials. **Materials and methods.** Research on environmentally safe extraction and pressing of the root mass of bare licorice, improvement of natural licorice thickets were carried out on the Rodina collective farm (Raznochinovka village) of the Narimanov district of the Astrakhan region in the framework of cooperation between the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture and Astrakhan Licorice LLC. To determine the length and width of the roots and rhizomes of licorice, the linear measurement method was used. The extracted root mass was dried in a natural way. Press equipment was developed on the basis of the logical processing of scientific and technical information using software systems for designing in the plane and in space. **Results and conclusion.** Roots and rhizomes of licorice in dried form with a small mass occupy a significant amount, which creates certain difficulties and inconveniences during their transportation. Therefore, the best option for delivering raw materials to the place of further processing is bales of pressed roots measuring 0.80-0.85 m in length and 0.50-0.53 m in width and weighing no more than 200 kg, not lined with fabric but covered steel packing tape. Bales weighing no more than 100 kg are recommended to be packed with metal wire and film. Compressed roots and rhizomes are less exposed to moisture and temperature, so the decomposition of active substances in it slows down. In addition to external signs, the quality of raw materials is determined by the

content and active substances. Rigid cylindrical roots and rhizomes of various lengths and thicknesses of 7-50 mm and 7-150 mm, respectively, with moisture and the presence of substandard raw materials with a thickness of 3 to 7 mm no more than 12% are subjected to pressing. The floodplain ecotype of licorice has morphometric features that distinguish it from traditionally grown plants in China, in which the average root depth and core root diameter are no more than 225 and 15 mm, respectively. A complex of phytotherapeutic harvesting machines has been developed for their extraction. Flood licorice, on the other hand, develops a powerful system of rhizomes that reach a length of 0.5 to 1.5 m with a diameter of 50-80 mm, which leads to the need to develop special hydraulic systems because of the impossibility of using serial press equipment to produce bales from medicinal and plant materials root mass pressing devices to create bales of standard parameters. The proposed press designs, designed for productivity from 0.65 to 20 t / h, will be able to solve the issues posed. The modernization of the PGSh-16 hydraulic press allows producing bales with dimensions of 0.75×0.74 ×0.82 m and a mass of 65-75 kg by uniaxial compression with a capacity of 0.65 t/h. At the same time, the roots and rhizomes of licorice with a density of 217 kg/m³ are packed in burlap and tied with wire with a diameter of 2-5 mm. The design of the press according to patent No. 2171567 due to uniaxial and biaxial compression of the roots and rhizomes of licorice allows you to adjust the density of bales, respectively, from 180 to 210 kg/m³ and from 525 to 548 kg/m³. Increasing the density of pressing allows to reduce the dimensions of bales and, accordingly, to facilitate their transportation, to improve the preservation of the quality of raw materials even under adverse storage conditions. The design of the two-chamber press according to patent No. 2178636, manufactured at the VNIITMASH experimental plant due to the sequential pressing of the roots and rhizomes of licorice in separate chambers, allows to increase labor productivity with a minimum number of staff due to the elimination of non-production costs of working time. Press according to patent No. 2192734 allows to obtain bales of a cylindrical shape weighing 50-60 kg, 100 and 200 kg, respectively, with an error of not more than ± 10%. The design of the machine according to patent No. 2192734 is intended for pressing roots and rhizomes of licorice with a density of 930 to 1150 kg / m³. Biaxial compression in orthogonal directions creates a density of raw materials in a rectangular bale in the range of 1300-1350 kg/m³.

Key words: *licorice roots and rhizomes, medicinal raw materials, pressing, pressing machines, bales.*

Citation. Borodychev V.V., Konstantinova T.G., Novikov A.E., Filimonov M.I. Pressing roots and rhizomes of licorice. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. № 1 (57). 249-260 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-25.

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 631.363.282

ПРЕССОВАНИЕ КОРНЕЙ И КОРНЕВИЩ СОЛОДКИ

В. В. Бородычев¹, доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, академик РАН

Т. Г. Константинова², старший научный сотрудник

А. Е. Новиков^{2,3}, доктор технических наук, доцент

М. И. Филимонов^{2,3}, младший научный сотрудник

¹Волгоградский филиал Всероссийский НИИ гидротехники и мелиорации
имени А.Н. Костякова, г. Волгоград

²Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

³Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 16.12.2019

Дата принятия к печати 05.03.2020

Актуальность. Экстракт из корней и корневищ солодки, содержащий глицирризин, растительные полифенолы, сахарозу, глюкозу, органические кислоты, крахмал, камеди, смолистые и другие вещества, нашел широкое применение в фармацевтической отрасли при производстве ле-

карственных препаратов, а также в пищевой технологии при производстве сахарозаменителей. Несмотря на утрату сырьевых и производственных баз, 2014 г. ознаменован строительством в Астраханской области уникального для России нового завода по переработке корней и корневищ солодки. При софинансировании и технологическом обеспечении этого инновационного проекта японской компанией *Cokey Systems Co., Ltd.* в 2018 г. были завершены монтаж и наладка уникального оборудования, начата промышленная эксплуатация и экспорт продукции. **Объект.** Объектом исследования является прессовое оборудование, корни и корневища солодки, качественные показатели сырья. **Материалы и методы.** Исследования по экологически безопасной добыче и прессованию корневой массы солодки голой, улучшению естественных солодковых зарослей проводили в колхозе «Родина» (с. Разночиновка) Наримановского района Астраханской области в рамках сотрудничества Всероссийского НИИ орошаемого земледелия с ООО «Астраханская солодка». **Результаты и выводы.** Прессование корневой массы в кипы является оптимальным вариантом доставки сырья к месту его дальнейшей переработки. Кроме этого, прессованное сырье меньше подвергается воздействию влаги и температуры, поэтому процессы разложения действующих веществ в нем замедляются. Однако серийное прессовое оборудование не обеспечивает получения кип из лекарственного и растительного сырья, соответствующих стандартам. Предложенные конструкции прессов, рассчитанные на производительность от 0,65 до 20 т/ч, способны будут решить поставленные вопросы. В частности, конструкция машины по патенту № 2192734 предназначена для прессования корней и корневищ солодки плотностью от 930 до 1150 кг/м³. Двухосное сжатие в ортогональных направлениях создает плотность сырья в кипе прямоугольной формы в пределах 1300-1350 кг/м³.

Ключевые слова: корни и корневища солодки, лекарственное сырье, прессование, прессовальные машины, кипы.

Цитирование. Бородычев В.В., Константинова Т.Г., Новиков А.Е., Филимонов М.И. Прессование корней и корневищ солодки. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 249-260. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-25.

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. Интерес к солодке голой (*Glycyrrhiza glabra* L.) как лекарственному растению остается неизменным на протяжении уже нескольких тысяч лет [8, 11]. Разработаны вопросы технологии ее добычи, заготовки и переработки для получения глицирризина, растительных полифенолов (природные красители, пищевые антиоксиданты, дубильные вещества), полимеров моносахаридов (камеди) и других веществ [2-7], выращивания и адаптации к засоленной среде [12]. С помощью сложного технологического процесса из корней и корневищ солодки получают жидкий экстракт, используемый в производстве фармацевтических препаратов, лакричных конфет и других изделий. В 2014 году мировой рынок экстракта солодки составил более 190 млн долларов, основные потребители которого Германия (22 %), Китай (16 %), ОАЭ (9 %) [1].

Исторически сложилось, что первые промышленные заготовки солодки и заводы по ее переработке были организованы на территории Азербайджана и Западного Казахстана в конце XIX века англо-американскими компаниями. В то время объем заготовок сырья достигал 50 тыс. тонн, а производство солодкового экстракта составляло до 500 тонн в год.

В Российской Империи экспортная добыча солодки, обладавшей высоким качеством по содержанию глицирризина, велась в долинах низовий рек Урала, Волги, Дона и Куры. Во времена СССР ее заготовка ограничивалась преимущественно поймой реки Амударья, а производство лакричного экстракта было организовано в г. Уральске (Западный Казахстан), сюда же поставлялось до 1,5 тыс. тонн сырья из окрестностей г. Чарджоу (Туркмения) [5].

Однако после распада СССР основные сырьевые базы солодки остались в Туркменистане и Узбекистане, а производства лакричного экстракта – в Казахстане. Несмотря на сложившиеся обстоятельства для нашей страны, 2013 г. можно считать началом восстановления этого сегмента рынка, чему послужило создание в поселке Тальниковый Красноярского района Астраханской области уникального для России предприятия ООО «Солодка-А». Старт строительства нового завода по переработке корней и корневищ солодки мощностью до 2000 тонн в год при софинансировании и технологическом обеспечении японской компанией *Cokey Systems Co., Ltd* был дан в 2014 г, а в 2018 г. – завершен монтаж и наладка уникального оборудования, начата промышленная эксплуатация и экспорт продукции.

Материалы и методы. Исследования по экологически безопасной добыче и прессованию корневой массы солодки голой, улучшения естественных солодковых зарослей проводили в колхозе «Родина» (с. Разночиновка) Наримановского района Астраханской области в рамках сотрудничества Всероссийского НИИ орошаемого земледелия с ООО «Астраханская солодка».

Для определения длины и ширины корней и корневищ солодки использовали метод линейных измерений. Сушку добытой корневой массы проводили естественным способом.

Прессовое оборудование разрабатывали на основе логической обработки научно-технической информации.

Результаты и обсуждение. Корни и корневища солодки в высушенном виде при небольшой массе занимают значительный объем, что создает определенные трудности и неудобства при их транспортировке. Поэтому оптимальный вариант доставки сырья к месту дальнейшей переработки – это кипы из прессованных корней размером по длине 0,80-0,85 м и по ширине – 0,50-0,53 м массой не более 200 кг, не обшитых тканью, но обтянутых стальной упаковочной лентой (ГОСТ 6077-80, ГОСТ 3560-73). Кипы массой не более 100 кг рекомендуют упаковывать металлической проволокой и пленкой марки Н (ГОСТ 792-67, ГОСТ 10354-82).

Спрессованные корни и корневища меньше подвергаются воздействию влаги и температуры, поэтому процессы разложения действующих веществ в них замедляются. Помимо внешних признаков, качество сырья определяется содержанием действующих веществ.

Прессованию подвергают цельные не подверженные процессам разложения (плесневению, гниению) корни и корневища цилиндрической формы различной длины и толщиной соответственно 7-50 мм и 7-150 мм при влажности и наличии некондиционного сырья толщиной от 3 до 7 мм не более 12 % (ГОСТ 22839-88).

Пойменный экотип солодки имеет морфометрические особенности, отличающие его от традиционно выращиваемых растений в Китае, у которых средние значения глубины корней и диаметра стержневого корня составляют не более 225 и 15 мм соответственно. Для их добычи разработан комплекс фитотерапевтических уборочных машин [9]. Пойменная же солодка развивает мощную систему корневищ, которые достигают длины от 0,5 до 1,5 м при диаметре 50-80 мм, что обуславливает необходимость разработки специальных гидравлических устройств прессования корневой массы для создания кип стандартных параметров.

Для прессования сырья была проведена модернизация гидравлического пресса ПГШ-16 (патент на изобретение № 2161090). Камера пресса 1 из-за неравномерности распределения массы и разброса параметров одревесневших частей солодки и ее сдвигания с поверхности спрессованной кипы испытывает максимальные динамические воздействия соответственно при загрузке и прессовании сырья. Размещение в гидро-

приводе дополнительного гидроцилиндра 3 нивелирует реактивные моменты, провоцирующие критические нагрузки на подшипники скольжения во втулках 2. В таком исполнении необходимость в оборудовании для синхронного отслеживания перемещения камеры отсутствует (рисунок 1).

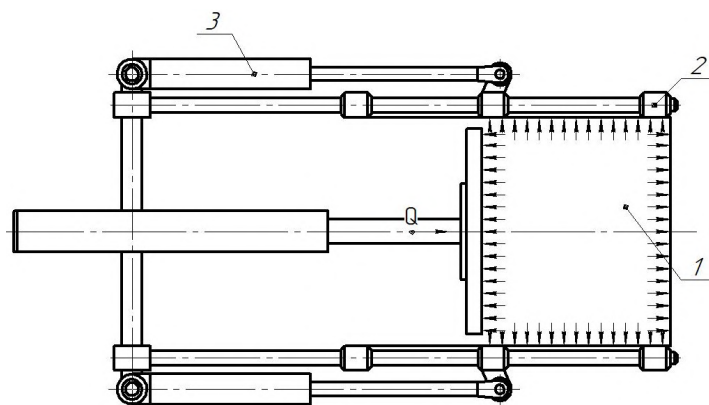


Рисунок 1 – Процесс прессования кип на модернизированном гидравлическом прессе ПГШ-16

Figure 1 – The process of pressing BIP on the upgraded hydraulic press PGSH-16

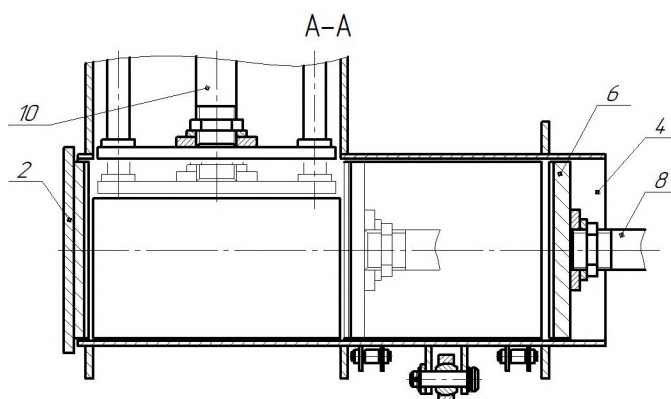
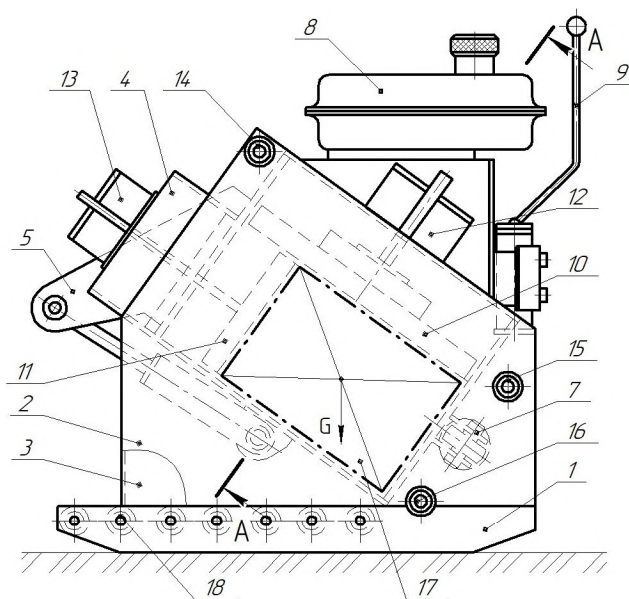


Рисунок 2 – Схема пресса для производства кип из корневой массы солодки /

Figure 2 – Press scheme for the production of bales from the root mass of licorice

Такая доработка пресса позволила получать кипы с размерами $0,75 \times 0,74 \times 0,82$ м и массой 65-75 кг путем одноосного сжатия производительностью 0,65 т/ч. При этом корни и корневища солодки с плотностью 217 кг/м^3 упаковываются в мешковину и обвязываются проволокой диаметром 2-5 мм.

На рисунке 2 показана схема пресса для производства кип (патент на изобретение № 2171567). В его конструкции имеются основание 1, траверсы 2 и 3, прессовальная камера 4, установленная под углом к горизонту и размещенная на направляющих 14, 15 и 16 посредством втулок и подшипников скольжения, с заслонкой 5 и гидроприводом 7, прессующий пуансон 6 с гидроприводом 8, гидростанция с пультом управления 9. Камера 4 оснащена дополнительными прессующими пуансонами 10 и 11 с гидроприводами 12 и 13, размещенными ортогонально верхней и боковой наклонным граням. Все пуансоны выполнены разновеликими, а полости гидроприводов – равными объемами. За счет создания рабочих усилий на штоках гидроприводов обеспечивается уплотнение опрессованного материала до заданной плотности. Полученная таким образом кипа 17 под действием своего веса G опускается на роликовый транспортер 18 и отводится из пресса.

Разработанная конструкция обеспечивает повышение производительности пресса, уменьшение габаритов кипы за счет увеличения ее плотности при сохранении массы. Одноосное и двухосное сжатие корней и корневищ солодки позволяет регулировать плотность кипы соответственно от 180 до 210 кг/м^3 и от 525 до 548 кг/м^3 . Повышение плотности прессования позволяет уменьшить габариты кип и, соответственно, облегчить их транспортировку, улучшить сохранность качества сырья даже при неблагоприятных условиях хранения.

На рисунке 3 показана схема двухкамерного пресса для производства кип из корневой массы солодки или других схожих корневищных лекарственных растений (Патент на изобретение № 2178636), изготовленного на опытном заводе НПО «ВНИИТМАШ».

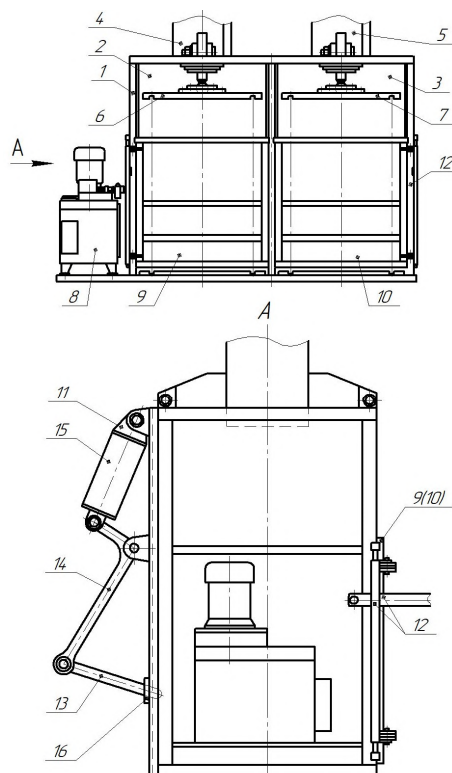


Рисунок 3 – Схема двухкамерного пресса / Figure 3 – Scheme dual-chamber press

Машина конструктивно включает раму 1, основную 2 и дополнительную 3 прессовые камеры с прессующими механизмами 4, 5 и плитами 6, 7, а также гидростанцию 8 с пультом управления. Подвижные створки 9, 10 камер имеют механизм блокировки 12, а также на задней вертикальной стенке механизм разгрузки 11, который выполнен в виде подвижного штока 13, кинематически связанного двуплечим рычагом 14 со штоком силового гидроцилиндра 15.

Сырье в камеру 2 поступает через окно между верхним срезом подвижной створки 9 и плитой 6, по мере ее заполнения оператор включает прессующий механизм 4. Обслуживающий персонал в это время заполняет сырьем емкость камеры 3. Спрессованная и обвязанная кипа при перемещении штока гидроцилиндра и, соответственно, поворота двуплечего рычага 14 выталкивается из прессовой камеры подвижным штоком 13 с помощью направляющей 16.

Процесс последовательного прессования корней и корневищ солодки в отдельных камерах позволяет увеличить производительность труда при минимальном количестве обслуживающего персонала за счет исключения непроизводительных затрат рабочего времени.

Для прессования кип цилиндрической формы разработан пресс (патент на изобретение № 2192734; рисунок 4), в котором камера прессования 7 выполнена составной из подвижных частей 12, 13 и 14 в виде разновеликих полых цилиндров, что позволяет прессовать корень в виде цилиндра с разными диаметрами. Верхняя часть 12 и нижняя часть 13 снабжены индивидуальными гидроприводами 9 и 10, оппозитно размещенными на верхней траверсе 4. Кроме того, камера прессования выполнена с возможностью изменения габаритов по высоте, что позволяет менять не только диаметр кипы, но и ее высоту.

По завершении прессования рабочий рычагом 15 привода поворачивает упор 16, который касается нижней грани матрицы 5 и давит на нее, обеспечивая этим ее наклон и удаление спрессованной кипы из прессовой камеры 7 за пределы направляющих 2 и 3. На схеме (рисунок 4) также обозначены нижняя 1 и верхняя 4 траверсы, подвижная верхняя матрица 6 с гидроприводом 8, гидростанция 11.

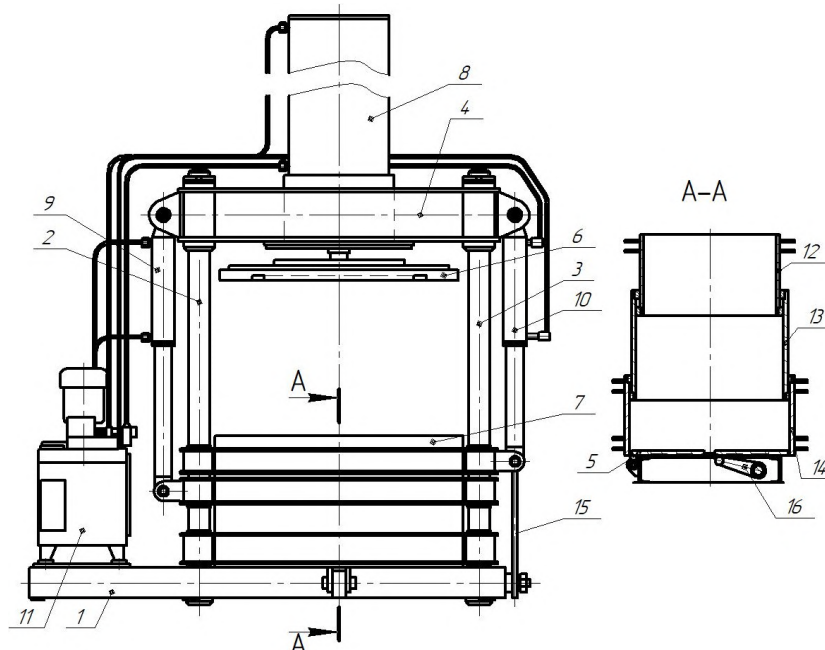


Рисунок 4 – Схема пресса для производства цилиндрических кип

Figure 4 – Scheme of a press for the production of cylindrical bales

Пресс позволяет получать кипы массой 50-60 кг, 100 и 200 кг соответственно с погрешностью не более $\pm 10\%$.

Для получения кип с высокой плотностью прессуемого материала разработан высокопроизводительный пресс (патент на изобретение № 2192734; рисунок 5), снабженный основной 3 и оппозитно установленной относительно нее дополнительной 6 прессовальными камерами, имеющими гидроприводы 17 и 18; каждая из них укомплектована соответственно передними 4, 7 и задними 5, 8 подвижными траверсами. Конструкцией машины предусмотрены подвижная траверса 13, а также передняя 1 и задняя 2 неподвижные траверсы, на которых размещены две пары вертикально и горизонтально расположенных устройств 21 и 22 для подачи обвязочных лент 23 и неподвижная матрица 33. Основной 14 и дополнительный 15 прессующие пуансоны имеют гидропривод 16, а лотки 9 и 11 с заслонками 10 и 12 – гидроприводы 19 и 20. Загрузочное окно камер 3 и 6 выполнено шириной и длиной на 0,8-0,9 мм больше аналогичных размеров заслонок 10 и 12.

Внутренние поверхности прессовальных камер подвержены цементации на глубину 0,6-0,8 мм. Для изготовления заслонок применяют листовую высокоуглеродистую сталь толщиной 20 мм. Периферийные грани заслонок снабжены режущими кромками и термоупрочнены с твердостью кромок не ниже 45-55 HRC. Неподвижная матрица выполнена прямоугольной формой с размерами $(500 \pm 0,1) \times (800 \pm 0,2)$ мм и толщиной 20 мм.

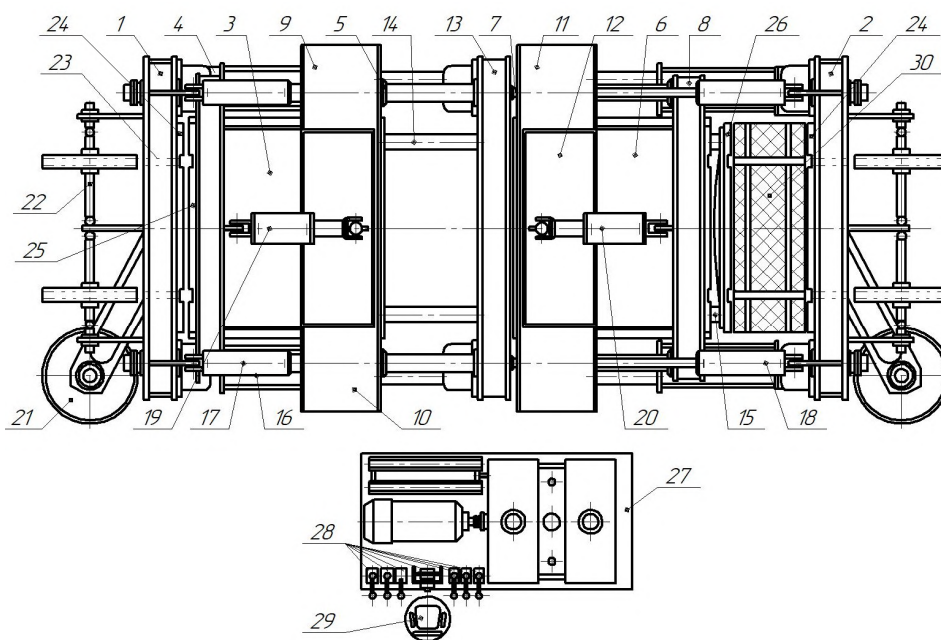


Рисунок 5 – Схема пресса с оппозитно расположенными прессующими пуансонами

Figure 5 – Scheme press with the pressing plungers oppositely disposed

На рабочих поверхностях матриц 24, 25, 26 со смещением от режущих кромок выполнены две вертикальные параллельные канавки, и со смещением к центру матрицы от верхней и нижней режущих кромок выполнены две горизонтальные канавки со скосами. Ширина канавок больше ширины ленты на 1-2 мм. Режущие кромки плит матрицы подвержены объемной закалке до твердости не менее 60-65 HRC.

Гидростанция 27 с пультом управления 28 и местом оператора 29 выполнена отдельным блоком и гидравлически соединена с гидроприводами 16, 17, 18, 19 и 20. Перед началом прессования сырь в вертикальные и горизонтальные прорези на непо-

движной матрице 24 траверс 1 и 2 укладывают металлические ленты 23 длиной в полный охват периметра спрессованной кипы. Ленты разматывают с кассет устройств 21 и 22. Свободные концы пар лент фиксируют зажимами.

Подготовленное сырье вильчатым захватом манипулятора оператор 29 загружает в лотки 9 и 11 при открытых заслонках 10 и 12. Части корневой массы (охвостья), не проходящие в габарит загрузочного окна, отрезаются режущими кромками гидроруляемой заслонки и верхней гранью прессовальной камеры. При прессовании корней и корневищ солодки плотностью от 930 до 1150 кг/м³ с размером поперечного сечения прессовальной камеры 800×500 мм двухосное сжатие в ортогональных направлениях создает плотность сырья в кипе прямоугольной формы в пределах 1300-1350 кг/м³. Характеристики пресса сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Технические характеристики пресса с оппозитно расположенными прессующими пуансонами

Table 1 – Technical characteristics of the press with opposed pressing punches

Показатель / Indicator	Размерность / Dimension	Значение / Value
Производительность устройства / Productivity device	т/ч / t/h	20-23
Плотность кипы / Bale density	кг/м ³ / kg/m ³	1300-1350
Влажность сырья / Humidity raw materials	%	12
Требование к сырью / The requirement for raw materials	–	ГОСТ / GOST 22839-88
Требование к упаковке, маркировке, транспортировке и хранению сырья в кипе / The requirement for packaging, labeling, transportation and storage of raw materials in bales	–	ГОСТ / GOST 6077-80
Габариты кипы / Dimensions of the bale:		
ширина / width	мм / mm	800
длина / length	мм / mm	425
высота / height	мм / mm	500
Масса кипы / Weight of bales	кг / kg	200 ± 1
Расход ленты при обвязке кипы / Belt consumption when tying bales	кг/т / kg/t	2,4
Параметры металлической ленты для обвязки кипы по ГОСТ 3560-73 / Parameters of a metal tape for tying bales according to GOST 3560-73	мм / mm	20×0,7
Мощность электродвигателя привода гидростанции / Drive motor power pumping station	кВт / kW	40
Частота вращения вала электродвигателя / Motor shaft speed	об/мин rpm	1450
Габариты установки / Installation Dimensions:		
ширина / width	мм / mm	1850
длина / length	мм / mm	2500
высота / height	мм / mm	950
Масса устройства / Device weight	кг / kg	2500 ± 5%
Габариты гидростанции / Dimensions of the pumping station:		
ширина / width	мм / mm	800
длина / length	мм / mm	1400
высота / height	мм / mm	1200
Масса гидростанции / Pump Station Weight	кг / kg	950
Обслуживающий персонал / Service staff	чел / people	3

Выводы. Содержащиеся в корневой массе солодки биологически активные соединения (глицирризиновая кислота и ее производные, флавоноиды, полисахариды) активно используются в фармацевтической отрасли и пищевой промышленности соответственно при производстве лекарственных средств и кондитерских изделий [12].

Открытый в Астраханской области совместно с японской компанией *Cokey Systems Co., Ltd.* завод по переработке солодкового корня на глицирризин – это первые шаги в возрождении отечественной лакричной индустрии. А значит, понадобится сырьевая база не только Астраханской области, но, возможно, и других регионов. Так, например, промышленное значение могут иметь заросли солодки уральской (*Glycyrrhiza uralensis*) и солодки Коржинского (*Glycyrrhiza korshinskyi*), произрастающих в степях Западной Сибири, юга Красноярского края и Южного Урала. Закономерно станет вопрос о доставке спрессованной корневой массы к месту его переработки. Предложенные конструкции прессов, рассчитанные на производительность от 0,65 до 20 т/ч, способны будут решить поставленные вопросы.

Библиографический список

1. Колерова В. Лакрица-Цаца // Бизнес-журнал. 2016. № 4. С. 24-26.
2. Коновалов А. В., Малюкова М. А. Производство функциональных продуктов питания на основе экстракта корня солодки // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2014. № 6. С. 37-40.
3. Переработка шрота корня солодки. II. Тритерпеноидные и флавоноидные вещества этанольных экстрактов / В. Р. Хабибрахманова, Ш. М. Халед, А. Р. Габдрахманова [и др.] // Химия растительного сырья. 2016. № 2. С. 97-102.
4. Сенченко М. А., Зырянова С. В., Пивоварова Е. А. Интенсификация процессов производства дрожжевого и бездрожжевого теста с использованием экстракта корня солодки // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 2. С. 136-140.
5. Толстикова Т. Г., Толстиков А. Г. Сладость скифского корня // Наука из первых рук. 2008. № 3(21). С. 52-61.
6. Яницкая А. В., Землянская И. В., Недилько О. В. Определение содержания глицирризиновой кислоты в корнях солодки голой, произрастающей в Волгоградской области // Современная медицина: актуальные вопросы. 2014. № 30. С. 112-116.
7. Amelioration of mouse retinal degeneration after blue LED exposure by glycyrrhizic acid-mediated inhibition of inflammation / G. H. Kim, S.-S. Paik, Y. S. Park et al. // Frontiers in Cellular Neuroscience. 2019. Vol. 13. DOI: 10.3389/fncel.2019.00319.
8. An «essential herbal medicine» – licorice: A review of phytochemicals and its effects in combination preparations / M. Jiang, S. Zhao, S. Yang et al. // Journal of Ethnopharmacology. 2020. Vol. 249. DOI: 10.1016/j.jep.2019.112439.
9. Experimental study on mechanical properties of some deep-rhizome Chinese herbal medicines / G. Chen, X. Ma, L. Qi et al. // American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting (Kansas City, MO; United States; 21-24 July 2013). ASABE. 2013. Vol. 3. P. 2092-2100.
10. Perspective on Biotransformation and de Novo Biosynthesis of Licorice Constituents / Y. Zhao, B. Lv, X. Feng et al. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017. Vol. 65, Issue 51. P. 11147-11156. – DOI: 10.1021/acs.jafc.7b04470.
11. Phytochemical composition, health effects, and crop management of liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.): A medicinal plant / A. Karkanis, N. Martins, S.A. Petropoulos et al. // Food Reviews International. 2018. Vol. 34, Issue 2. P. 182-203. DOI: 10.1080/87559129.2016.1261300.
12. Salt accumulation and secretion patterns of *Glycyrrhiza uralensis* in saline habitats / M. Jiang, M. Ma, J.C. Luo et al. // Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 2019. Vol. 259. DOI: 10.1016/j.flora.2019.151449.

Conclusion. Biologically active compounds contained in the root mass of licorice (glycyrrhizic acid and its derivatives, flavonoids, polysaccharides) are actively used in the pharmaceutical and food industries, respectively, in the production of medicines and confec-

tionery [12]. Opened in the Astrakhan region jointly with the Japanese company *Cokey Systems Co., Ltd.* a plant for the processing of licorice root for glycyrrhizin is the first steps in reviving the domestic licorice industry. So, you need a raw material base not only in the Astrakhan region, but, possibly, in other regions. For example, thickets of Ural licorice (*Glycyrrhiza uralensis*) and Korzhinsky licorice (*Glycyrrhiza korshinskyi*), growing in the steppes of Western Siberia, the south of the Krasnoyarsk Territory and the Southern Urals, can be of industrial importance. The question of the delivery of compressed root mass to the place of its processing will naturally become. The proposed press designs, designed for productivity from 0.65 to 20 t/h, will be able to solve the issues posed.

References

1. Kolerova V. Lakrica-Caca // *Biznes-zhurnal*. 2016. № 4. P. 24-26.
2. Konovalov A. V., Malyukova M. A. Proizvodstvo funktsional'nykh produktov pitaniya na osnove jekstrakta kornya solodki // *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. № 6. P. 37-40.
3. Pererabotka shrota kornya solodki. II. Triterpenoidnye i flavonoidnye veschestva etanol'nykh jkstraktov / V. R. Habibrahmanova, Sh. M. Haled, A. R. Gabdrahmanova [i dr.] // *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 2016. № 2. P. 97-102.
4. Senchenko M. A., Zyryanova S. V., Pivovarova E. A. Intensifikatsiya processov proizvodstva drozhzhevogo i bezdrozhzhevogo testa s ispol'zovaniem jekstrakta kornya solodki // *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2018. № 2. P. 136-140.
5. Tolstikova T. G., Tolstikov A. G. Sladost' skifskogo kornya // *Nauka iz per-vykh ruk*. 2008. № 3(21). p. 52-61.
6. Yanickaya A. V., Zemlyanskaya I. V., Nedil'ko O. V. Opredelenie soderzhaniya glicirrizinovoj kisloty v kornyah solodki golej, proizrastayuschej v Volgogradskoj oblasti // *Sovremennaya medicina: aktual'nye voprosy*. 2014. № 30. P. 112-116.
7. Amelioration of mouse retinal degeneration after blue LED exposure by glycyrrhizic acid-mediated inhibition of inflammation / G. H. Kim, S.-S. Paik, Y. S. Park et al. // *Frontiers in Cellular Neuroscience*. 2019. Vol. 13. DOI: 10.3389/fncel.2019.00319.
8. An «essential herbal medicine» – licorice: A review of phytochemicals and its effects in combination preparations / M. Jiang, S. Zhao, S. Yang et al. // *Journal of Ethnopharmacology*. 2020. Vol. 249. DOI: 10.1016/j.jep.2019.112439.
9. Experimental study on mechanical properties of some deep-rhizome Chinese herbal medicines / G. Chen, X. Ma, L. Qi et al. // *American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting (Kansas City, MO; United States; 21-24 July 2013)*. ASABE. 2013. Vol. 3. P. 2092-2100.
10. Perspective on Biotransformation and de Novo Biosynthesis of Licorice Constituents / Y. Zhao, B. Lv, X. Feng et al. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017. Vol. 65, Issue 51. P. 11147-11156. – DOI: 10.1021/acs.jafc.7b04470.
11. Phytochemical composition, health effects, and crop management of liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.): A medicinal plant / A. Karkanis, N. Martins, S.A. Petropoulos et al. // *Food Reviews International*. 2018. Vol. 34, Issue 2. P. 182-203. DOI: 10.1080/87559129.2016.1261300.
12. Salt accumulation and secretion patterns of *Glycyrrhiza uralensis* in saline habitats / M. Jiang, M. Ma, J.C. Luo et al. // *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 2019. Vol. 259. DOI: 10.1016/j.flora.2019.151449.

Authors Information

Borodychev Viktor Vladimirovich, director of the Volgograd branch of the All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova "(RF, 400002, Volgograd, ul. Timiryazev, 9) E-mail: vkovniigim@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>.

Konstantinova Tatyana Gennadievna, Senior Researcher, Department of Irrigation Reclamation, Federal State Budgetary Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture" (9, Timiryazev St., Volgograd, 400002, Russian Federation)

E-mail: tg.konstantinova.55@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-9862>

Novikov Andrey Evgenievich, Senior Researcher, Department of Irrigation Reclamation, Federal State Budgetary Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture (9, Timiryazev St., Volgograd, 400002, Russia), Head of the Department of Processes and Apparatuses for Chemical and Food Production, Volgograd State Technical University (RF, 400005, Volgograd, pr. Lenin ave. 28)

E-mail: novikov-ae@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-8051-4786

Filimonov Maksim Igorevich, Junior Researcher, Irrigation Reclamation Department, Federal State Budgetary Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture" (9, Timiryazev St., Volgograd, 400002, Volgogradsky, Senior Lecturer, Department State Technical University (RF, 400005, Volgograd, pr. im Lenina, 28)

E-mail: maks.filimonov.1986@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-1805-5670

Информация об авторах

Бородычев Виктор Владимирович, директор Волгоградского филиала «Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9)

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

Константинова Татьяна Геннадьевна, старший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9)

E-mail: tg.konstantinova.55@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-9862>

Новиков Андрей Евгеньевич, старший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9), заведующий кафедрой «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» Волгоградский государственный технический университет (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. им Ленина, 28)

E-mail: novikov-ae@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-8051-4786

Филимонов Максим Игоревич, младший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9), старший преподаватель кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» Волгоградский государственный технический университет (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. им Ленина, 28)

E-mail: maks.filimonov.1986@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-1805-5670

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-26

THE STUDY OF LOADING DEPOSITION MODES USING A HYDRAULIC INSTALLATION

V. S. Bocharnikov, O. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova

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

Received 17.12.2019

Submitted 05.03.2020

Summary

The article presents an experimental hydraulic installation for studying the deposition mode and the degree of heterogeneity of the filter load. Tests of the installation were carried out using the hydraulic method, which can control the duration of the deposition of loading grains. Investigated loading modes showed that the most effective mode is upstream, while the filtering duration is increased by 2 times.

Abstract

Relevance. The article presents an experimental hydraulic installation for studying the deposition mode and the degree of heterogeneity of the filter load. Studies of the possibility of using wastewater from poultry enterprises for irrigation of light chestnut soils of the Volgograd region showed that wastewater needs preliminary preparation. One of the most important and urgent tasks in the present time is water purification and improvement of existing methods, as well as the development of the latest, effective ways to control the characteristics and quality indicators of porous-granular loading. This method allows you to determine the most effective water flow to accelerate the deposition of grains of

the filter load. **Object.** The object of study is the wastewater of a poultry farm. **Materials and methods.** Consider the selectively averaged load in comparison with charcoal. To justify the choice of filter material, we propose a Comparative assessment of expanded clay and gravel sand. Filter loading is one of the main elements of water treatment facilities. The optimal selection of filter media for the correct operation of the filter is an important component when choosing a water treatment. The cost, as well as the availability of loading material, is one of the determining factors when choosing it. The experiment was carried out with a flow of contaminated water from the bottom up by such flows as descending, ascending and spontaneous. As a result of studies of the deposition of charcoal loading by means of subsequent water washing, the efficiency of charcoal filters increases. **Results and conclusion.** The distribution of grains according to the particle size distribution in the thickness of the filter layer has a significant effect on the load protective layer the pressure of filtered water through the layers decreases and the rate of formation of accumulated sediment during water treatment. The studied loading modes showed that the most effective mode is upstream, while the filtering duration is increased by 2 times. Saving water for washing spontaneously precipitated load compared to existing filtering of the same load will reduce the number of filter washes after each filter by 1 washing.

Key words : *hydraulic installation, deposition, modes, degree of heterogeneity, charcoal loading, filtering.*

Citation. Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Denisova M. A., Bocharnikova O. V. The study of loading deposition modes using a hydraulic installation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 260-267 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-26.

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

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

УДК 628.16.067.1:628.345

ИЗУЧЕНИЕ РЕЖИМОВ ОСАЖДЕНИЯ ЗАГРУЗКИ С ПОМОЩЬЮ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

В. С. Бочарников, доктор технических наук, профессор
О. В. Козинская, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
М. А. Денисова, ассистент

О. В. Бочарникова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

«Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 05.03.2020

Актуальность. В статье представлена экспериментальная гидравлическая установка для исследования режима осаждения и степени неоднородности фильтрующей загрузки. Исследования возможности использования сточных вод птицеводческих предприятий для орошения светло-каштановых почв Волгоградской области показали, что сточные воды нуждаются в предварительной подготовке. Одна из самых главных и актуальных в настоящее время задач водоочистки – совершенствование существующих методов, а также разработка новейших, эффективных способов управления характеристиками и качественными показателями пористо-зернистой загрузки. Данный метод позволяет определить наиболее эффективный поток воды для ускорения осаждения зерен фильтрующей загрузки. **Объект.** Объектом исследований являются сточные воды птицеводческого предприятия. **Материалы и методы.** Рассмотрим отборно-осредненную характеристику загрузок в сопоставлении с древесно-угольной. Для обоснования выбора фильтрующего материала нами предлагается сравнительная оценка по керамзиту и гравийному песку. Фильтрующая загрузка является одним из основных элементов сооружений водоподготовки. Оптимальный подбор фильтрующей загрузки для корректной работы фильтра является важной составляющей при выборе очистки воды. Стоимость, а также доступность материала загрузки – определяющие факторы при ее выборе. Эксперимент проводился с подачей загрязненной воды снизу вверх такими потоками, как нисходящий, восходя-

щий и спонтанный. В результате исследований режимов осаждения древесно-угольной загрузки посредством последующей водяной промывки эффективность древесно-угольных фильтров повышается. **Результаты и выводы.** На время защитного слоя загрузки существенное влияние оказывает распределение зерен по гранулометрическому составу в толще фильтрующего слоя, происходит уменьшение напора фильтруемой воды через слои и скорости образования накапливаемого осадка при очистке воды. Исследуемые режимы загрузки показали, что наиболее эффективным является режим с восходящим потоком, при этом продолжительность фильтрования увеличивается в 2 раза. Экономия воды на промывку спонтанно-осажденной загрузки по сравнению с существующим фильтрованием той же загрузки позволит сократить количество промывок фильтра после каждого фильтрования на 1 промывку.

Ключевые слова: гидравлические установки, фильтрующие загрузки, древесно-угольная загрузка, сточные воды птицеводческих предприятий.

Цитирование. Бочарников В. С., Козинская О. В., Денисова М. А., Бочарникова О. В. Изучение режимов осаждения загрузки с помощью гидравлической установки. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 260-267. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-26.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Интенсификация производства в сельскохозяйственном секторе наряду с нарастанием темпов роста потребления чистой питьевой воды сельским населением Волгоградской области, в том числе остро стоящая проблема природоохраны, – факторы [4, 7, 8], обуславливающие необходимость проведения опытных исследований по определению эффективных способов очистки воды с применением мобильных фильтров [5, 9] и экологически безопасных загрузок [1, 3, 6]. В дальнейшей перспективе необходимо внедрение новых очистных мобильных сооружений, очищающих воду и работающих с естественными открытыми источниками [2, 10] для обеспечения сельскохозяйственных потребителей, и в частности для получения очищенной воды и применения ее для орошения сельскохозяйственных культур различными способами (дождевание, капельное или внутривпочвенное).

Одна из самых главных и актуальных в настоящем времени задач водоочистки – совершенствование существующих методов, а также разработка новейших, эффективных способов управления характеристиками и качественными показателями пористой загрузки.

Материалы и методы. Исследования осаждения угольных и прочих подобных фильтров природного происхождения, что касается нисходящего и восходящего фильтрования, крайне важны с позиции улучшения и совершенствования очистки воды.

Целью исследовательской работы является изучение повышения эффективности древесно-угольных фильтров посредством осаждения неоднородной фильтрующей загрузки при условии последующей водяной промывки.

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

- разработка фильтровальной установки с функцией управления осаждением зерен расширенной загрузки;
- определение в тестовых режимах влияния осаждения зерен древесного активированного угля на характеристики фильтрующих слоев.

Мы предлагаем управление грязеемкостью загрузки гидравлическим способом. Его суть кроется в обеспечении некоторых режимов промывки загрузки, в том числе на стадии завершения.

Применение продуктивных режимов в данном контексте дает возможность увеличения продолжительности межпромывочного режима работы фильтра в 2,5 раза; снизить потребление воды на очистку фильтрующей загрузки на 5-20 % ежегодно.

Результаты и обсуждение. Очищенная вода, обладающая высоким качеством, может быть рекомендована к использованию для орошения сельскохозяйственных культур, а также для хозяйственных и питьевых нужд.

Один из факторов, сопровождающих промывку во взвешенном слое, – гидравлическая сортировка зерен загрузки. Она протекает и в однослойных, и в многослойных фильтрах. На всех стадиях промывки в псевдооживленном слое одновременно протекают следующие процессы: сортировка, перемешивание частиц активированного угля. Так, при условии, что пористость взвешенного слоя не превышает значения $m=0,5$, обнаруживается преобладание сортировки частиц при $m = 0,5-0,7$ – перемешивание; при $m > 0,7$ – сортировка.

Важно учесть, что происходящая разбивка частиц на группы во время промывки не прекращается и в период осаждения. Такая остаточная сортировка может стать значительно эффективнее по сравнению с периодом промывки, что обусловлено снижением влияния факторов, способствующих перемешиванию.

Объект исследования – характеристики используемых фильтрующих загрузок, обоснование целесообразности выбора древесного угля.

Рассмотрим отборно-осредненную характеристику загрузок в сопоставлении с древесно-угольной. Для обоснования выбора фильтрующего материала нами предлагается сравнительная оценка по керамзиту и гравийному песку.

Фильтрующая загрузка является одним из основных элементов сооружений водоподготовки. Оптимальный подбор фильтрующей загрузки для корректной работы фильтра является важной составляющей при выборе очистки воды. Стоимость, а также доступность материала загрузки – одни из определяющих факторов при ее выборе. В соответствии с требованиями технического регламента следует так же внимательно отнестись к соблюдению следующих требований:

1. Состав фракций загрузки.
2. Пористость зерен загрузки.
3. Способность противостоять разрушению.
4. Химическая стойкость.

Правильная работа фильтра зависит от основных параметров фильтрующей загрузки, таких как однородность зерен и фракционный состав. Литературный анализ показал, что неправильный подбор диаметров загружаемого материала приводит к нарушению работы фильтра вплоть до его поломки. Использование фильтрующих материалов, не соответствующих техническим требованиям, предусмотренным в нормативной литературе, может стать причиной снижения качества осветления воды, фильтроцикла, повышения расхода воды на промывку, как следствие – к повышению стоимости очистки.

Применение неоднородных фильтрующих материалов негативно сказывается на качестве пропитки. При условии этой пропитки снизу-вверх начинается вымывание мелких фракций раньше, чем приходит в движение основная масса загрузки. Поскольку промывка фильтров должна осуществляться без выноса фильтрующего материала, необходимо снижать интенсивность; это приводит к тому, что значительная часть фильтрующего слоя очищается недостаточно хорошо.

В результате происходит возрастание взмучиваемого слоя, приводящее к неправильной работе фильтра и частой замене фильтрующей загрузки. Качество процесса фильтрования снижается за счет неоднородности фракционного состава материала и

отрицательно влияет на промывку фильтра, приводя к более частому его проведению. Гидравлическая сортировка по величине зерен загрузки приводит к концентрации в верхнем слое фильтра мелких частиц, в том числе на этапе осаждения. Мелкая угольная пыль образует тонкую пленку на поверхности воды. Возникающее сопротивление фильтрующего слоя приводит к увеличению количества промывок.

При выборе материала загрузки фильтра мы опирались на качественные показатели с точки зрения традиционного применения в водоочистных фильтрах, использование гидравлической раскладки зерен по глубине фильтрующего слоя позволяет снизить неоднородность загрузки по глубине, значительно увеличив осветительную возможность, экологические свойства. Он обладает высокой механической прочностью (в отношении сравниваемых керамзита и гравийного песка).

Приведем описание схемы гидравлической установки и автоматического водоочистного фильтра, дадим методологические основы проведения экспериментальной работы. Методические основы исследований во многом определили раскрытие количественно-качественных характеристик механизма сортировки зерен угольной загрузки по глубине фильтрующего слоя при условии различного осаждения, что касается также влияния осаждения на последующие стадии процесса фильтрования.

Гидравлические и технологические исследования осуществлялись нами в лабораторных условиях, на опытной гидравлической установке из-за сложной математической обработки. Опытные испытания проходили на загрузках с гидравлическими диаметрами (D_r) и с коэффициентами неоднородности (K_n) (таблица 1).

Таблица 1 – Гидравлические диаметры и коэффициенты неоднородности исследуемых загрузок

Table 1 – Hydraulic diameters and heterogeneity coefficients of the studied loads

Диаметр, мм / Diameter, mm			K_n
D_r	D_{min}	D_{max}	
0,26	0,15	0,64	2,35
0,416	0,26	1,5	1,93
1,3	0,75	2,5	1,56
1,71	0,65	3,0	1,76

Загрузка состояла из больших и малых фракций древесного угля в процентном содержании от общего объема не более 3 %. При завершении промывки фильтруемого слоя визуально наблюдалось распределение фракций загрузки по высоте фильтра. Интервалы промывки фракций древесного угля задавались в зависимости от крупности гидравлического диаметра в следующих пределах (таблица 2).

Таблица 2 – Пределы фракций древесно-угольной загрузки

Table 2 – The limits of fractions of wood-coal loading

Диаметр, мм / Diameter, mm		
D_r	D_{min}	D_{max}
0,26	0,1-0,15	1
0,416	0,15-0,26	1
1,3	0,5-0,65	3
1,71	0,55-0,65	3

Проводимые нами опыты по определению фильтрационных характеристик (межзерновая пористость, диаметр пор, коэффициент фильтрации) древесно-угольной загрузки при гидравлическом диаметре 0,26 миллиметров, коэффициенте неоднородности 2,35 в трех исследуемых режимах осаждения зерен: восходящем, нисходящем и спонтанном при высоте слоя не более одного метра.

Исследования проводились на установке гидравлической. Промывка загрузки (активированный уголь) проводилась с помощью насоса в течение 20 минут. Фильтрационные параметры определялись при помощи подачи сверху вниз с постоянной скоростью 1,5 м/ч водой. Показания потерь напора снимались с помощью пьезометров, установленных на корпусе фильтра (рисунок 1).

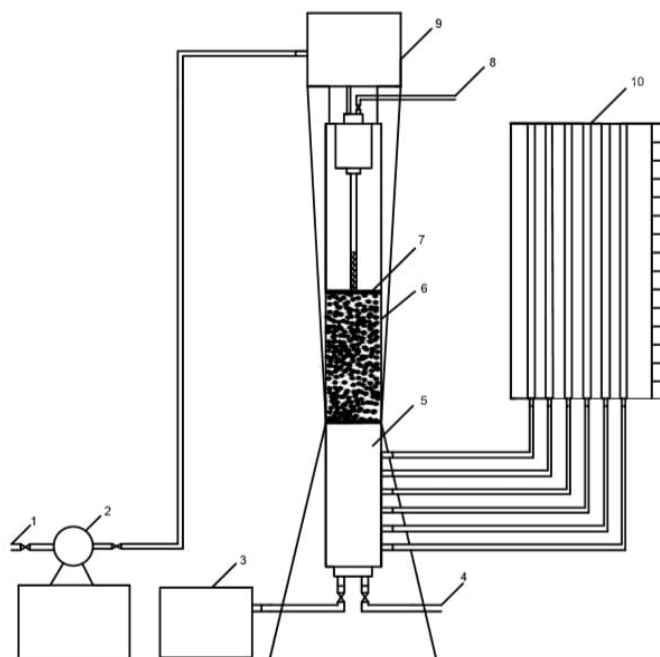


Рисунок 1 – Установка гидравлическая (схема): 1 – вход загрязненной воды; 2 – насос; 3 – бак очищенной воды; 4 – вход промывной воды; 5 – автоматический фильтр; 6 – древесно-угольная загрузка; 7 – поршень; 8 – выход промывной воды; 9 – бак для фильтрующей воды; 10 – пьезометры

Figure 1 – Hydraulic installation (diagram): 1 – input of contaminated water; 2 – pump; 3 – tank of purified water; 4 – inlet of washing water; 5 – automatic filter; 6 – charcoal loading; 7 – a piston; 8 – output of washing water; 9 – tank for filtering water; 10 – piezometers

Таблица 3 – Режимы осаждения фильтрующей загрузки

Table 3 – The deposition modes of the filter load

Режим осаждения / Mode depositions	Эффект укрупнения / The effect of consolidation	Степень неоднородности / Degree of heterogeneity
Осаждение загрузки в восходящем потоке воды /Loading deposition in the upstream water flow		
1	37,87 %	1,283
2	31,13 %	1,445
3	22,23 %	1,643
Осаждение загрузки нисходящим потоком воды / Sedimentation of loading by a downdraft of water		
1	17,64 %	1,739
2	13,63 %	1,667
3	9,47 %	1,602
Осаждение загрузки спонтанным потоком воды / Deposition of loading by spontaneous water flow		
1	32,8 %	1,491
2	26,47 %	1,338
3	18,9 %	1,453

Анализ таблицы 3 показал, что при режиме 3 (восходящий поток) прослеживается гидравлическая сортировка частиц с равномерным увеличением в нижерасположенных слоях загрузки. Наиболее оптимальное распределение частиц загрузки наблюдалось во 2 варианте, эффект укрупнения составил 31,13 %.

Выводы. В настоящее время применяющиеся для водоснабжения и орошения фильтры с древесно-угольной загрузкой имеют недостаток, заключающийся в уплотнении фильтрационной загрузки, что приводит к снижению производительности. С помощью гидравлического метода можно управлять продолжительностью осаждения зерен загрузки. Исследуемые режимы загрузки показали, что наиболее эффективным является режим с восходящим потоком, при этом продолжительность фильтрования увеличивается в 2 раза.

Библиографический список

1. Денисова М. А., Бочарников В. С. Каскадный способ фильтрования сточных вод с использованием ферритовых реагентов // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. №4. С. 20-23.
2. Кружилин И. П., Козинская О. В. Оценка состояния поля и агрономелиоративных приемов на качество полива дождевальными машинами // Плодородие. 2011. № 2. С. 52.
3. Москалев Е. В., Кудряшов А. Ф., Рабин А. В. Применение графенового сорбента в фильтрах для очистки поверхностных вод и горячей воды // Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. № 12. С. 18-23.
4. Назаров В. Д., Назаров М. В. Электрохимические фильтры для очистки природных и сточных вод // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2017. № 5 (113). С. 16-24.
5. Чертков М. П. Применение биологических методов очистки воды при водоподготовке и очистке сточных вод // Российский инженер. 2017. №1. С. 44-49.
6. Юрков А. К., Козлова И. А., Бирюлин С. В. Исследование возможности применения угольных фильтров для очистки радоносодержащей воды // Уральский геофизический вестник. 2018. № 2 (32). С. 67-70.
7. Brasoveanu F., Petru A., Brezeanu L. European policy concerning the protection of the quality of the environmental factor-water // Challenges of the Knowledge Society. 2012. V. 2. P. 1058-1063.
8. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state / O. Rybalova, S. Artemiev, M. Sarapina, B. Tsymbal, A. Bakhareva, O. Shestopalov, O. Filenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. V.2 (10-92). P. 4-17.
9. Matsak A., Tsytlshvili K. Using different filter media of stormwater treatment performance // Norwegian Journal of development of the International Science. 2018. V. 1 (20), P. 19-22.
10. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaya, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Open access. 2018. V.13. P. 4181-4184.

Conclusions. Currently used for water supply and irrigation filters with charcoal loading have the disadvantage of compacting the filter load, which leads to a decrease in performance. Using the hydraulic method, you can control the duration of the deposition of loading grains. Investigated loading modes showed that the most effective mode is upstream, while the duration of the filtering increases by 2 times.

References

1. Denisova M. A., Bocharnikov V. S. Kaskadnyj sposob fil'trovaniya stochnyh vod s ispol'zovaniem ferritovyh reagentov // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2019. №4. P. 20-23.
2. Kruzhilin I. P., Kozinskaya O. V. Ocenka sostoyaniya polya i agromeliorativnyh priemov na kachestvo poliva dozhdeval'nymi mashinami // Plodorodie. 2011. № 2. P. 52.
3. Moskaev E. V., Kudryashov A. F., Rabin A. V. Primenenie grafenovogo sorbenta v fil'trah dlya ochistki poverhnostnyh vod i goryachej vody // }kologiya i promyshlennost' Rossii. 2017. T. 21. № 12. P. 18-23.

4. Nazarov V. D., Nazarov M. V. Jelektrohimicheskie fil'try dlya ochistki prirodnyh i stochnyh vod // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie. 2017. № 5 (113). P. 16-24.
5. Chertkov M. P. Primenenie biologicheskikh metodov ochistki vody pri vodopodgotovke i ochistke stochnyh vod // Rossijskij inzhener. 2017. №1. P. 44-49.
6. Yurkov A. K., Kozlova I. A., Biryulin S. V. Issledovanie vozmozhnosti primeneniya ugol'nyh fil'trov dlya ochistki radonosoderzhashej vody // Ural'skij geofizicheskij vestnik. 2018. № 2 (32). P. 67-70.
7. Brasoveanu F., Petru A., Brezeanu L. European policy concerning the protection of the quality of the environmental factor-water // Challenges of the Knowledge Society. 2012. Vol. 2. P. 1058-1063.
8. Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state / O. Rybalova, S. Artemiev, M. Sarapina, B. Tsymbal, A. Bakhareva, O. Shestopalov, O. Filenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 2 (10-92). P. 4-17.
9. Matsak A., Tsytlshvili K. Using different filter media of stormwater treatment performance // Norwegian Journal of development of the International Science. 2018. Vol. 1 (20), P. 19-22.
10. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation / I. P. Kruzhilin, A. S. Ovchinnikov, N. V. Kuznetsova, O. V. Kozinskaya, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences Open access. 2018. Vol. 13. P. 4181-4184.

Authors Information

Bocharnikov Victor Sergeevich, professor of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt, 26), doctor of technical sciences, professor, tel. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Kozinskaya Olga Vladimirovna, Associate Professor, Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, Ph.D., Associate Professor tel. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: kozinska1977@mail.ru.

Denisova Maria Alekseevna, Assistant of the Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, assistant tel. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: masha2008-1988@mail.ru.

Bocharnikova Olesya Vladimirovna, Associate Professor, Department of Applied Geodesy, Environmental Engineering and Water Management, Volgograd State Agrarian University (400002, Russia, Volgograd, Universitetsky Prospekt 26, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor tel. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru.

Информация об авторах

Бочарников Виктор Сергеевич, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор технических наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru.

Козинская Ольга Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: kozinska1977@mail.ru.

Денисова Мария Алексеевна, ассистент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), ассистент тел. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: masha2008-1988@mail.ru.

Бочарникова Олеся Владимировна, доцент кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (8442) 41-81-53, e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru.

ASSESSMENT METHODOLOGY OF ENVIRONMENTAL LOAD LEVEL OF PIG BREEDING ENTERPRISES

N. V. Byshov¹, N. V. Limarenko², I. A. Uspensky¹,
I. A. Yukhin¹, A. A. Tsymbal³

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev»*

²*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Don State Technical University», Rostov-on-Don*

³*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Russian State Agrarian University named after K. A. Timiryazev», Moscow*

Received 21.11.2019

Submitted 04.02.2020

Summary

The article analyzes the existing methods for assessing the environmental load of pig enterprises on bio- and agrocenoses. A coefficient is proposed that takes into account the relationship between the initial moisture content of bedded manure and its final volume, and a mathematical model for its assessment. According to the proposed model, the calculation of the level of environmental load in accordance with the presented dynamics was carried out.

Abstract

Introduction. Rational nature management and ensuring environmental safety of utilization cycles are impossible without the use of effective methods of diagnostics of ecological load on ecosystems, in particular, on bio and agrocenoses. An essential component characterizing the level of anthropogenic impacts is the assessment of the volume of waste produced by agricultural enterprises. Implementation of the industrial approach to farming, within the concept of food security has led to increase production capacity of pig farms and increase the amount they produce waste. An important factor in the greening of industrial pig production is a liquid content, which results in a large amount of liquid waste to technological humidity of 88 %. It is established that the average daily yield of liquid manure from one pig is about 12 l/day (8 l feces, 2 l urine and 2 l water), and the average daily yield of excrement is about 5% of the live weight, which is a significant environmental burden and makes it relevant to solve the problem of its adequate assessment and forecasting. The purpose of this study is to create a methodology for assessing the level of environmental load of pig farms. Under the environmental load of pig waste is understood as the dependence of the volume formed liquid pig manure on such technological factors as: the number of heads of each age group, method, duration of feeding and stall period, method of waste disposal and technology of their accumulation. An adequate assessment of the waste output of a pig-breeding enterprise is impossible without taking into account the following conditions: a two-phase system for growing and fattening; reproduction of cycle duration (7 days – preparation for insemination, weaning, fertilization, 115 days – gestation, 46 days – lactation period when weaning piglets at the age of 42 ± 3.5 days); division into groups in preparation for insemination with a frequency of a multiple of the reproduction cycle (every 56 days, $168: 6 = 3$); content by gender and age groups. **Object.** The object of the study is the methods of forecasting and assessing the environmental load. The subject is the parameters that characterize the scale of anthropogenic impacts of pig farms on bio and agrocenoses. **Materials and methods.** The empirical base of the study was Rosstat data, as well as the results of preliminary studies. It was established that the number of pigs from 2007 to 2018 increased by 37 %, and the central federal district is the most productive region including Moscow, Belgorod, Bryansk, Vladimir, Voronezh, Ivanovo, Kaluga, Kostroma, Kursk, Lipetsk, Oryol, Ryazan, Smolensk, Tambov, Tver, Tula and Yaroslavl regions. The article analyzes the existing methods of assessing the environmental load of pig farms on bio and agrocenoses. A coefficient is proposed that takes into account the relationship between the initial moisture content of liquid manure with its final volume and a mathematical model for its evaluation. The proposed model is used to calculate the level of environmental load in accordance with the presented dynamics. The dynamics

of growth of pigs in the Russian Federation in the period from 2007 to 2018, a growth of environmental load by 37%, which requires improvement of existing and development of new solutions to the greening of the recycling cycle of waste. **Results and conclusion.** Trends in the dynamics of growth of the pig population and the level of environmental load created by them on the bio- and agrocenoses, the obtained mathematical model allows to define the level of environmental load of pig-breeding enterprises based on the construction according to the total daily mass of formed solid and liquid waste and process liquids to remove them, the mass of bedding, number of animals of each age and sex group, introduced the factor of dependence of the output of manure from the source of the moisture before fractionation, which improves the accuracy of the data for 8...10 %. A mathematical model is obtained that characterizes the dependence of the level of environmental load and anthropogenic impacts created by pig farms, taking into account the trend of the dynamics of animal population growth. The obtained results are the initial input data for creating systems for automated assessment of the dynamics of the environmental load of the anthropogenic impacts of pig enterprises depending on technological factors.

Key words: *environmental load, animal husbandry, waste disposal, waste volume estimation method, liquid pig manure.*

Citation. Byshov N. V., Limarenko N. V., Uspensky I. A., Yukhin I. A., Tsymbal A. A. Assessment methodology of environmental load level of pig breeding enterprises. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 268-278 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-27.

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

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

УДК: 631.152:636.4:502.175

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ СВИНОВОДЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Н. В. Бышов¹, доктор технических наук, профессор

Н. В. Лимаренко², кандидат технических наук, доцент

И. А. Успенский¹, доктор технических наук, профессор

И. А. Юхин¹, доктор технических наук, доцент

А. А. Цымбал³, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева»

²ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону

³ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет имени К.А. Тимирязева», г. Москва

Дата поступления в редакцию 21.11.2019

Дата принятия к печати 04.02.2020

Актуальность. Рациональное природопользование и обеспечение экологической безопасности утилизационных циклов невозможны без использования эффективных методик диагностики экологической нагрузки на экосистемы, в частности, на био- и агроценозы. Существенной составляющей, характеризующей уровень антропогенных воздействий, является оценка объема отходов, производимых сельскохозяйственными предприятиями. Реализация индустриального подхода к животноводству в рамках концепции продовольственной безопасности привела к росту производственных мощностей свиноводческих предприятий и увеличению объема производимых ими отходов. Важным фактором экологизации индустриального свиноводства является бесподстильное содержание, результатом которого является образование большого количества жидких отходов технологической влажностью более 88 %. Установлено, что среднесуточный выход бесподстилочного навоза от одной свиньи составляет порядка 12 л/сутки (8 л кала, 2 л мочи и 2 л воды), а среднесуточный выход экскрементов порядка 5 % от живой массы, что оказывает существенную экологическую нагрузку и делает актуальным решение проблемы, её адекватной оценки и прогнозирования. Целью данного исследования

является создание методики оценки уровня экологической нагрузки свиноводческих предприятий. Под экологической нагрузкой отходов свиноводства понимается зависимость объёма бесподстилочного свиного навоза от таких технологических факторов, как число голов каждой половозрастной группы, способ, продолжительность кормления и стойлового периода, способ удаления отходов и технология их накопления. **Объект.** Объектом исследования являются методы прогнозирования и оценки экологической нагрузки. Предметом – параметры, характеризующие масштаб антропогенных воздействий свиноводческими хозяйствами на био- и агроценозы. **Материалы и методы.** Эмпирическую базу исследования составили данные Росстата, а также результаты предварительных исследований. **Результаты и выводы.** В статье проведён анализ существующих методов оценки экологической нагрузки свиноводческих предприятий на био- и агроценозы. Предложен коэффициент, учитывающий взаимосвязь исходной влажности бесподстилочного навоза с его конечным объёмом, и математическая модель для его оценки. По предложенной модели проведён расчёт уровня экологической нагрузки в соответствии с представленной динамикой. Представлена динамика роста поголовья свиней в Российской Федерации в период с 2007 по 2018 годы, установлен рост экологической нагрузки на 37 %, что требует совершенствования имеющихся и разработку новых решений экологизации утилизационного цикла отходов. Обозначены тренды динамики роста поголовья свиней и уровня создаваемой ими экологической нагрузки на био- и агроценозы, получена математическая модель, позволяющая определить оценку уровня экологической нагрузки свиноводческих предприятий, основанную на построении зависимости суммарной ежесуточной массы образуемых твёрдых и жидких отходов и расхода технологических жидкостей для их удаления, массы подстилки, количества животных каждой половозрастной группы, введён коэффициент учёта зависимости выхода навоза от исходной влажности до фракционного разделения, что позволяет повысить точность получаемых данных на 8-10 %. Получена математическая модель, характеризующая зависимость уровня экологической нагрузки и антропогенных воздействий, создаваемых свиноводческими предприятиями, с учётом тренда динамики роста поголовья животных.

Ключевые слова: экологическая нагрузка, животноводство, утилизация отходов, методика оценки объёма отходов, бесподстилочный свиной навоз.

Цитирование. Бышов Н. В., Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Цымбал А. А. Методика оценки уровня экологической нагрузки свиноводческих предприятий. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 268-278. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-27.

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. Рациональное природопользование и обеспечение экологической безопасности утилизационных циклов невозможны без использования эффективных методов диагностирования экологической нагрузки на экосистемы, в частности, на био- и агроценозы. Существенной составляющей, характеризующей уровень антропогенных воздействий, является оценка объёма отходов, производимых сельскохозяйственными предприятиями. Реализация индустриального подхода к животноводству в рамках концепции продовольственной безопасности привела к росту производственных мощностей свиноводческих предприятий, что подтверждается данными Росстата. Известно, что одним из ключевых факторов экологизации индустриального свиноводства является бесподстилочное содержание, результатом которого является образование бесподстилочного навоза, эффективность утилизации которого зависит от динамики роста экологической нагрузки, что делает актуальным создание методик оценки и прогнозирования её состояния. В данной работе под экологической нагрузкой отходов свиноводства понимается зависимость объёма образуемого бесподстилочного свиного навоза

от таких технологических факторов, как число голов каждой половозрастной группы; способ, продолжительность кормления и стойлового периода; способ удаления отходов и технология их накопления.

Целью данного исследования является создание методики оценки уровня экологической нагрузки свиноводческих предприятий.

Адекватная оценка выхода отходов свиноводческого предприятия невозможна без учёта следующих условий:

- двухфазная система выращивания и откорма;
- продолжительность цикла воспроизводства (7 дней – подготовка к осеменению, отъем, оплодотворение, 115 дней – супоросность, 46 дней – подсосный период при отъеме поросят в возрасте $42 \pm 3,5$ дня);
- деление на группы при подготовке к осеменению с периодичностью кратной циклу воспроизводства (каждые 56 дней, $168:6=3$);
- содержание по половозрастным группам.

Материалы и методы. Объектом исследования являются методы прогнозирования и оценки экологической нагрузки. Предметом – параметры, характеризующие масштаб антропогенных воздействий свиноводческих хозяйств на био- и агроценозы.

Эмпирическую базу исследования составили данные Росстата, а также результаты предварительных исследований [1]. Установлено, что поголовье свиней с 2007 по 2018 годы увеличилось на 37 %, а наиболее высокопроизводительным регионом является Центральный федеральный округ, включающий Московскую, Белгородскую, Брянскую, Владимирскую, Воронежскую, Ивановскую, Калужскую, Костромскую, Курскую, Липецкую, Орловскую, Рязанскую, Смоленскую, Тамбовскую, Тверскую, Тульскую и Ярославскую области.

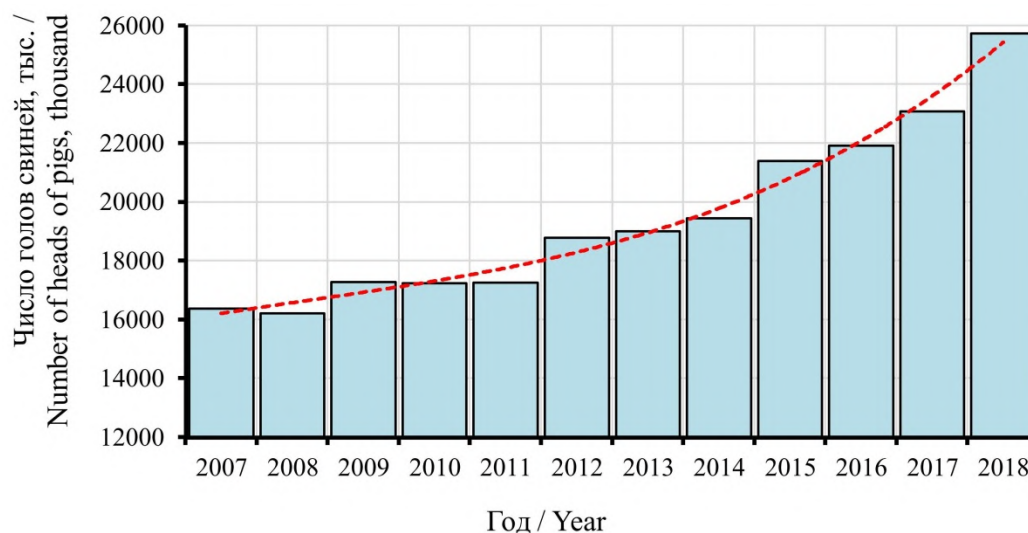


Рисунок 1 – Динамика роста поголовья свиней в РФ с 2007 по 2018 годы

Figure 1 – Dynamics of growth of the pig population in the Russian Federation from 2007 to 2018

На основании анализа эмпирических данных и результатов исследований была выведена следующая аналитическая зависимость, характеризующая тренд динамики числа голов свиней (ЧГС) в зависимости от календарного года:

$$\text{ЧГС} = 5,7462 \cdot X_{\text{year}}^3 - 38,842 \cdot X_{\text{year}}^2 + 440,7 \cdot X_{\text{year}} + 15808, \quad (1)$$

где X_{year} – календарный год, для которого происходит оценка уровня экологической нагрузки.

На рисунке 1 приведена графическая интерпретация модели (1). Проанализировав уравнение (1) и рисунок 1, можно сделать следующие выводы:

– полиномиальное уравнение (1) адекватно по критерию Фишера, характеризует динамику роста голов с учётом годовых трендов при уровне значимости $\alpha = 0,05$, о чём также свидетельствует коэффициент корреляции $r = 0,9833$.

На рисунке 2 представлено распределение голов свиней за 2017/18 годы по регионам Российской Федерации (РФ) [1].

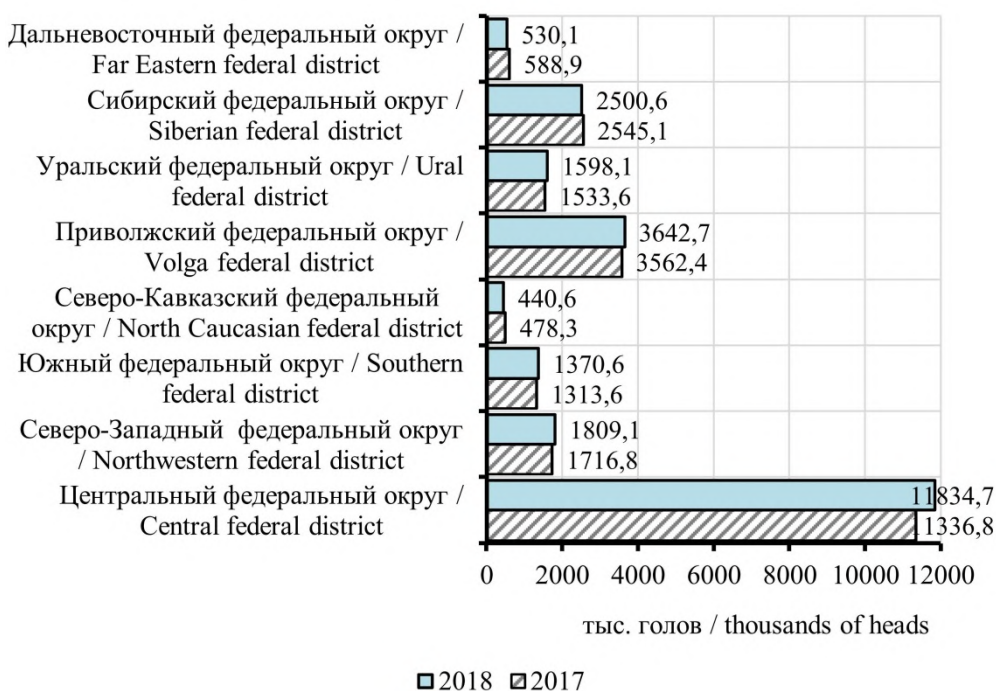


Рисунок 2 – Распределение поголовья свиней по регионам РФ за 2017/18 годы

Figure 2 – Distribution of pig population by regions of the Russian Federation for 2017/18

В общем виде нормы выхода бесподстильного свиного навоза в зависимости от технологических факторов (половозрастной группы, способа содержания, климатических условий, технологии удаления навоза, способа обеззараживания и др.) систематизированы и представлены в РД-АПК 1.10.15.02-17. Однако данный подход является недостаточно точным и не позволяет учесть ряда специфических особенностей [1, 4, 6-15], поэтому с целью их учета необходимо внести соответствующие факторы в имеющиеся модели.

Рассмотрим аналитические подходы к оценке выходных объёмов отходов животноводства. Суммарный годовой выход (Γ) отходов свиноводческого предприятия при влажности $90\% \pm 3\%$ определяется:

$$\Gamma = C_{\text{вк}} \cdot (1 - K) \cdot k_{\text{эмп}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{вк}}$ – масса твёрдой фракции корма, т; K – коэффициент переваримости кормов для свиней принимается равным 0,7; $k_{\text{эмп}}$ – эмпирический коэффициент учёта технологических жидкостей для удаления отходов ≈ 10 .

Согласно [2, 3, 5, 16, 17], средний суточный выход бесподстильного навоза от одной свиньи – 12 л (8 л кала, 2 л мочи и 2 л воды), при этом суточный выход экскрементов составляет порядка 5 % от живой массы. В работе [5] проведён анализ методов укрупнённой оценки объёма навоза/помёта в зависимости от исходной информации. Установлены ос-

новые классификационные критерии оценки выхода отходов животноводческих предприятий, среди которых: масса животных, годовой объём продукции, масса и состав кормов. В. Н. Письменным был предложен метод определения выхода отходов животноводства, основанный на оценке степени перевариваемости кормовых смесей и их твёрдых фракций, критический анализ предложенной зависимости проведён в [5, 16]:

$$H = \left[(C_{\text{свр}} - A) \cdot \frac{100-K}{100} + A \right] \cdot 10 + П, \quad (3)$$

где $C_{\text{свр}}$ – исходная масса сухого вещества кормовой смеси, т; A – масса сухого вещества кормовой смеси, попадающая в навоз, т; K – коэффициент перевариваемости сухого вещества кормовой смеси, % (70 % – для свиней); $П$ – масса используемой подстилки, т.

Достоинством данного подхода является возможность учёта выхода отходов животноводства исходя из объёмов затрачиваемых кормов.

Недостатком является малое достоверное значение получаемого результата и низкая точность за счёт использования большого количества коэффициентов. Также это значение, представленное формулой (3), не позволяет учесть зависимость объёма выхода от исходной влажности отходов.

Автором [5, 16] представлена методика определения объёма отходов животноводства, суть которой заключается в определении структуры животноводческого хозяйства в виде количества половозрастных групп.

Суть способа определения суммарного объёма выхода отходов животноводческих производств с помощью нормативно-технологического метода заключается в использовании следующей модели [16]:

$$Q_{\text{общ}} = \sum_{j=1}^m (Q_a + Q_t + Q_n + Q_p) \cdot n_j, \quad (4)$$

где Q_a – суммарный ежесуточный объём твёрдой и жидкой фракции отходов, кг; Q_t – ежесуточный расход технологической воды, м³; Q_n – ежесуточный расход воды для удаления отходов, м³; Q_p – масса подстилки на голову животного (в случае подстилочного содержания), кг; n_j – количество голов половозрастной группы, шт; m – количество половозрастных (технологических) групп, шт.

На основании анализа информационных источников и нормативных документов Брюхановым А. Ю. предложены коэффициенты для оценки выхода отходов животноводческих предприятий в зависимости от типа животных, половозрастной группы и способа их содержания, представленные в работах [2, 3, 5, 16].

Преимуществом является достаточно достоверное значение результата при условии точных данных о количестве половозрастных групп животных, способе их содержания и технологии удаления отходов.

Недостатком является достаточно большое количество исходных данных, необходимых для получения достоверного результата, что зачастую является затруднительным, особенно при укрупнённом анализе: так, представленная формула (4) не позволяет также учесть зависимость объёма выхода от исходной влажности отходов.

Результаты и обсуждение. На основании проведённого анализа установлено, что существующие методики оценки выхода отходов не учитывают такой фактор, как влияние исходной влажности на конечное значение объёма, что особенно актуально при бесподстилочном содержании животных. Установлено, что в производственных условиях в зависимости от технологии содержания и сбора отходов конечный объём может быть увеличен до 25 % по сравнению с объёмом экскрементов, соответственно, важным является введение коэффициента, учитывающего данное свойство.

На основании анализа информационных источников и априорной информации [5, 6, 9, 16, 17] была выведена экспоненциальная зависимость, характеризующая коэффициентом, учитывающим взаимосвязь исходной влажности бесподстилочного навоза с его конечным объёмом, описываемая зависимостью:

$$k_{vн} = 65,369 \cdot e^{0,3017 \cdot W_H}, \quad (5)$$

где $k_{vн}$ – коэффициент учёта объёма навоза в зависимости от общей исходной влажности материала до фракционного разделения, %; W_H – влажность навоза, %.

На рисунке 3 приведена графическая интерпретация модели (5). Анализ уравнения (5) и рисунок 3 показал следующее:

– экспоненциальное уравнение (5) адекватно по критерию Фишера и характеризует зависимость объёма выхода навоза от его исходной влажности при уровне значимости $\alpha = 0,05$, что подтверждается коэффициентом корреляции $r = 0,95221$;

– рост исходной влажности рассматриваемого диапазона приводит к росту объёма бесподстилочного навоза.

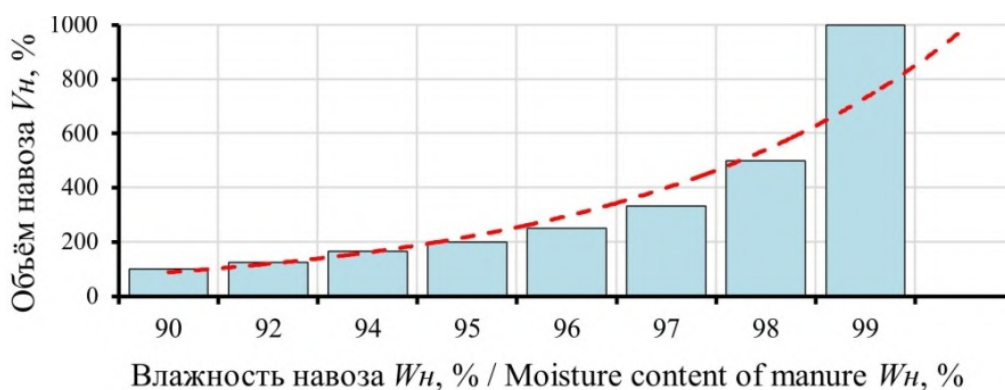


Рисунок 3 – Зависимость выходного объёма бесподстилочного навоза от исходной влажности

Figure 3 – Dependence of the output volume of bespodstilochny manure from the initial humidity

Таким образом, на основании вышеизложенного предложена универсальная модель оценки выхода отходов животноводческих предприятий:

$$Q_{\text{общ}} = [\sum_{j=1}^m (Q_{\text{тв}} + Q_{\text{жид}} + Q_{\text{техвод}} + Q_{\text{подст}}) \cdot n_j] \cdot k_{vн}, \quad (6)$$

где $Q_{\text{тв}}$ – суммарный ежесуточный объём твёрдой и жидкой фракции отходов, кг; $Q_{\text{жид}}$ – суммарный ежесуточный объём жидкой фракции отходов, м³; $Q_{\text{техвод}}$ – суммарный ежесуточный объём расхода технологической воды для удаления отходов, м³; $Q_{\text{подст}}$ – масса подстилки на голову животного (в случае подстилочного содержания), кг; n_j – число голов в каждой половозрастной группе, шт; m – количество половозрастных (технологических) групп, шт; $k_{vн}$ – коэффициент учёта объёма навоза в зависимости от общей исходной влажности материала до фракционного разделения, %.

На рисунке 4 представлена динамика роста экологической нагрузки, создаваемой свиноводческими предприятиями Российской Федерации с 2007 по 2018 годы.

На основании анализа статистических данных динамики роста экологической нагрузки было выведено уравнение регрессии, позволяющее прогнозировать динамику создаваемых свиноводческими предприятиями антропогенных воздействий на био- и агроценозы, описываемую зависимостью:

$$\begin{aligned} \text{ЭН} = & 1683,45 \cdot \text{ЧГС}^4 - 3696,40 \cdot \text{ЧГС}^3 + \\ & + 27747 \cdot \text{ЧГС}^2 - 20772 \cdot \text{ЧГС} + 448092, \end{aligned} \quad (7)$$

где ЧГС – коэффициент учёта тренда динамики поголовья свиней.

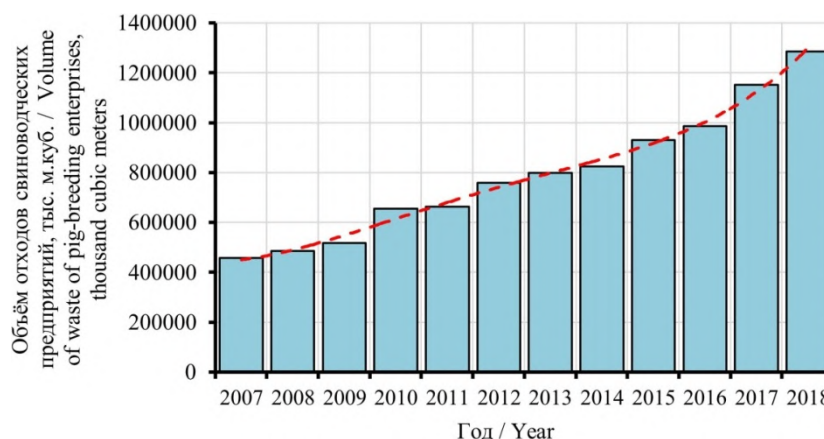


Рисунок 4 – Динамика роста экологической нагрузки создаваемой свиноводческими предприятиями

Figure 4 – Dynamics of growth of ecological load created by pig-breeding enterprises

На рисунке 5 приведена графическая интерпретация модели (7). Анализ уравнения (7) и рисунок 5 позволил установить следующее:

– полиномиальное уравнение (7) адекватно по критерию Фишера и характеризует зависимость уровня экологической нагрузки и антропогенных воздействий, создаваемых свиноводческими предприятиями, с учётом тренда динамики роста поголовья животных, при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Об этом свидетельствует коэффициент корреляции $r = 0,9926$.

Выводы. На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

– обозначены тренды динамики роста поголовья свиней и уровня создаваемой ими экологической нагрузки на био- и агроценозы;

– получена математическая модель (6), позволяющая определить оценку уровня экологической нагрузки свиноводческих предприятий, основанную на построении зависимости суммарной ежесуточной массы образуемых твёрдых и жидких отходов и расхода технологических жидкостей для их удаления, массы подстилки, количества животных каждой половозрастной группы, введён коэффициент учёта зависимости выхода навоза от исходной влажности до фракционного разделения, что позволяет повысить точность получаемых данных;

– получена математическая модель (7), характеризующая зависимость уровня экологической нагрузки и антропогенных воздействий, создаваемых свиноводческими предприятиями, с учётом тренда динамики роста поголовья животных.

Полученные результаты являются первичными исходными данными для создания систем автоматизированной оценки динамики экологической нагрузки антропогенных воздействий свиноводческих предприятий в зависимости от технологических факторов.

Библиографический список

1. Адсорбционно-окислительная технология переработки сточных вод предприятий агропромышленного комплекса / А. Ю. Измайлов, Я. П. Лобачевский, А. В. Федотов, В. С. Григорьев, Ю. С. Ценч // Вестник Мордовского университета. 2018. № 2 (28). С. 207-221.
2. Анализ современных технологий использования животноводческих стоков / П. А. Тиво, А. С. Анженков, Л. А. Саскевич, Е. А. Бут // Мелиорация. 2017. № 3 (81). С. 54-63.
3. Барановский И. Н., Бабенко М. В. Влияние фракций свиного навоза на содержание и состав органического вещества в дерново-подзолистой почве // Вестник ТвГУ. Серия «Химия». 2013. Вып. 16. С. 33-40.

4. Брюханов А. Ю., Васильев Э. В., Шалавина Е. В. Проблемы обеспечения экологической безопасности животноводства и наилучшие доступные методы их решения // Региональная экология. 2017. № 1 (47). С. 37-43.
5. Брюханов А. Ю., Шалавина Е. В., Васильев Э. В. Методика укрупненной оценки суточного и годового выхода навоза/помета // Молочнохозяйственный вестник. 2014. № 1 (31). С. 78-85.
6. Буклагин Д. С. Анализ технологических разработок в сфере сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности России // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 10-3 (64). С. 6-12.
7. Исследование распределения плотности вероятностей патогенных маркеров свиного бесподстильного навоза / Н. В. Бышов, Н. В. Лимаренко, С. Д. Фомин, М. Н. Чаткин, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Известия НВ АУК. 2019. 4(56). 215-227. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-26.
8. Лимаренко Н. В., Жаров В. П. Определение закона распределения плотности вероятностей числа колониеобразующих единиц в технологическом процессе обеззараживания стоков животноводческих ферм // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. 2017. Т.17, № 2 . С. 136-140. DOI: 10.23947/1992-5980-2017-17-2-136-140.
9. Морозов Н. М., Цой Л. М., Рассказов А. Н. Передовые технологии в свиноводстве России // Вестник ВИЭСХ. 2018. № 2 (31). С. 19-28.
10. Поголовье скота и птицы в хозяйствах всех категорий: [Электронный ресурс] // ЕМИСС Государственная статистика. Официальные статистические данные URL: <https://fedstat.ru/indicator/31325> (Дата обращения 21.11.2019).
11. Современные технологии уборки и переработки жидкого навоза / Х. Х. Губейдуллин, В. Г. Артемьев, И. И. Шигапов, О. П. Гришин, С. А. Бормотин // Сельский механизатор . 2018. № 6. С. 30-31.
12. Создание математической модели для оценки энергоёмкости процесса обеззараживания стоков животноводства / Б. Ч. Месхи, Н. В. Лимаренко, В. П. Жаров, Б. Г. Шаповал // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. 2017. Т.18, № 4 . С. 129-135. DOI: 10.23947/1992-5980-2017-17-4-129-135.
13. Тарасов С. И., Мёрзлая Г. Е. Использование бесподстильного навоза. приоритетные направления исследований. Производство бесподстильного навоза. актуальные направления исследований // Плодородие. 2018. № 6 (105). С. 53-56. DOI: 10.25680/S19948603.2018.105.17.
14. Шалавина Е. В., Васильев Э. В. Методический подход к определению потерь питательных веществ при переработке навоза/помета в органическое удобрение // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 3 (13). С. 267-270.
15. Dong S., Lu J., Plewa M. J. Comparative Mammalian Cell Cytotoxicity of Wastewaters for Agricultural Reuse after Ozonation // Environmental Science and Technology. 2016. Vol. 50 (21). P. 11752-11759. DOI: 10.1021/acs.est.8b01675.
16. Method of designing of manure utilization technology / A. Briukhanov, I. Subbotin, R. Uvarov, E. Vasilev // Agronomy Research. 2017. V. 15. № 3. P. 658-663.
17. The Composite Material from the Recycled Raw Materials in the Purification of oily Wastewater Technology / E. V. Moskvicheva, A. V. Moskvicheva, E. P. Doskina, P. A. Sidyakin, D. V. Shchitov, E. Y. Lykova, L. N. Fesenko // Key Engineering Materials. 2017. V. 736. P. 187-190. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.736.187.

Conclusions. Based on the study, the following conclusions can be drawn:

- trends in the dynamics of growth of the pig population and the level of environmental load created by them on bio-and agrocenoses are indicated;
- obtained mathematical model (6) to determine the assessment level of environmental burden of pig farms based on the construction according to the total daily mass of formed solid and liquid waste and process liquids to remove them, the mass of bedding, number of animals of each age and sex group, introduced the factor of dependence of the output of manure from the source of the moisture before fractionation which improves the accuracy of the data;

– the obtained mathematical model (7) characterizes the dependence of the level of environmental load and anthropogenic impacts created by pig farms, taking into account the trend of growth of the animal population.

The results obtained are the primary source data for creating systems for automated assessment of the dynamics of the environmental load anthropogenic impacts of pig farms depending on technological factors.

References

1. Adsorbcionno-okislitel'naya tehnologiya pererabotki stochnyh vod predpriyatij agropromyshlennogo kompleksa / A. Yu. Izmajlov, Ya. P. Lobachevskij, A. V. Fedotov, V. S. Grigor'ev, Yu. S. Cench // Vestnik Mordovskogo universiteta. 2018. № 2 (28). P. 207-221.
2. Analiz sovremennyh tehnologij ispol'zovaniya zhivotnovodcheskih stokov / P. A. Tivo, A. S. Anzhenkov, L. A. Saskevich, E. A. But // Melioraciya. 2017. № 3 (81). P. 54-63.
3. Baranovskij I. N., Babenko M. V. Vliyanie frakcij svinogo navoza na sodержание i sostav organicheskogo veshchestva v dernovo-podzolistoj pochve // Vestnik TvGU. Seriya "Himiya". 2013. Vyp. 16. P. 33-40.
4. Bryuhanov A. Yu., Vasil'ev Je. V., Shalavina E. V. Problemy obespecheniya jekologicheskoy bezopasnosti zhivotnovodstva i nailuchshie dostupnye metody ih resheniya // Regional'naya jekologiya. 2017. № 1 (47). P. 37-43.
5. Bryuhanov A. Yu., Shalavina E. V., Vasil'ev Je. V. Metodika ukрупnennoj ocenki su-tochnogo i godovogo vyhoda navoza/pometa // Molochnohozyajstvennyj vestnik. 2014. № 1 (31). P. 78-85.
6. Buklagin D. S. Analiz tehnologicheskikh razrabotok v sfere sel'skogo hozyajstva i pererabatyvayushej promyshlennosti Rossii // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2017. № 10-3 (64). P. 6-12.
7. Issledovanie raspredeleniya plotnosti veroyatnostej patogennyh markerov svinogo bespodstilochnogo navoza / N. V. Byshov, N. V. Limarenko, S. D. Fomin, M. N. Chatkin, I. A. Uspenskij, I. A. Yuhin // Izvestiya NV AUK. 2019. 4(56). P. 215-227. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-04-26.
8. Limarenko N. V., Zharov V. P. Opredelenie zakona raspredeleniya plotnosti veroyatnostej chisla kolonieobrazuyuschih edinic v tehnologicheskom processe obezzarazhivaniya stokov zhivotnovodcheskih ferm // Vestnik Don. gos. tehn. un-ta. 2017. T.17, № 2 . P. 136-140. DOI: 10.23947/1992-5980-2017-17-2-136-140.
9. Morozov N. M., Coj L. M., Rasskazov A. N. Peredovye tehnologii v svinovodstve Rossii // Vestnik VIjeSX. 2018. № 2 (31). P. 19-28.
10. Pogolov'e skota i pticy v hozyajstvah vseh kategorij: [Elektronnyj resurs] // EMISS Gosudarstvennaya statistika. Oficial'nye statisticheskie dannye URL: <https://fedstat.ru/indicator/31325> (Data obrascheniya 21.11.2019).
11. Sovremennye tehnologii uborki i pererabotki zhidkogo navoza / H. H. Gubejdullin, V. G. Artem'ev, I. I. Shigapov, O. P. Grishin, S. A. Bormotin // Sel'skij mehanizator . 2018. № 6. P. 30-31.
12. Sozdanie matematicheskoy modeli dlya ocenki jnergojnosti processa obezzarazhivaniya stokov zhivotnovodstva / B. Ch. Mesxi, N. V. Limarenko, V. P. Zharov, B. G. Shapoval // Vestnik Don. gos. tehn. un-ta. 2017. T.18, № 4 . P. 129-135. DOI: 10.23947/1992-5980-2017-17-4-129-135.
13. Tarasov S. I., Mjorzlaya G. E. Ispol'zovanie bespodstilochnogo navoza. prioritetnye napravleniya issledovanij. Proizvodstvo bespodstilochnogo navoza. aktual'nye napravleniya issledovanij // Plodorodie. 2018. № 6 (105). P. 53-56. DOI: 10.25680/S19948603.2018.105.17.
14. Shalavina E. V., Vasil'ev Je. V. Metodicheskij podhod k opredeleniyu poter' pitatel'nyh veshchestv pri pererabotke navoza/pometa v organicheskoe udobrenie // Innovacii v sel'skom hozyajstve. 2015. № 3 (13). P. 267-270.
15. Dong S., Lu J., Plewa M. J. Comparative Mammalian Cell Cytotoxicity of Wastewaters for Agricultural Reuseafter Ozonation // Environmental Science and Technology. 2016. Vol. 50 (21). P. 11752-11759. DOI: 10.1021/acs.est.8b01675.

16. Method of designing of manure utilization technology / A. Briukhanov, I. Subbotin, R. Uvarov, E. Vasilev // Agronomy Research. 2017. V. 15. № 3. P. 658-663.

17. The Composite Material from the Recycled Raw Materials in the Purification of oily Wastewater Technology / E. V. Moskvicheva, A. V. Moskvicheva, E. P. Doskina, P. A. Sidiyakin, D. V. Shchitov, E. Y. Lykova, L. N. Fesenko // Key Engineering Materials. 2017. V. 736. P. 187-190. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.736.187.

Authors Information

Nikolai Byshov, Professor of the Department of Machine and Tractor fleet operation of the Federal state budgetary educational institution of higher education Ryazan state agrotechnological University. P. A. Kostycheva (390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical Sciences, Professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7673-9803> **E-mail:** byshov63@mail.ru

Nikolay Limarenko, Associate Professor of the Department of Electrical Engineering and electronics of the Federal state budgetary educational institution of higher education, Don state technical University (344000, southern Federal district, Rostov region, Rostov-on-don, 1 Gagarin square), candidate of technical Sciences. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3075-2572> **E-mail:** limarenkodstu@yandex.ru

Ivan Uspensky, Head of the Department of Technical Operation of Transport of the Federal state budgetary educational institution of higher education Ryazan state agrotechnological University. P. A. Kostycheva (390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical Sciences, Professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444> **E-mail:** ivan.uspensckij@yandex.ru

Yukhin Ivan Alexandrovich, Head of the Department of Automotive Engineering and Heat Power Engineering of the Federal state budgetary educational institution of higher education Ryazan state agrotechnological University. P. A. Kostycheva (390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical Sciences, associate Professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0928> **E-mail:** ivan.uspensckij@yandex.ru

Tsybmal Alexander Andreevich, Professor of the Department of Heat Engineering, Hydraulics and Power Supply of Enterprises of the Federal state budgetary educational institution of higher education Russian state agrarian University named after K. A. Timiryazev (127550, Moscow, 49 Timiryazevskaya street), doctor of agricultural Sciences, Professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3643-2434> **E-mail:** tcimbalaa@yandex.ru

Информация об авторах

Бышов Николай Владимирович, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева» (390044, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, профессор. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7673-9803>. **E-mail:** byshov63@mail.ru

Лимаренко Николай Владимирович, доцент кафедры «Электротехника и электроника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет» (344000, ЮФО, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3075-2572>.

E-mail: limarenkodstu@yandex.ru

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева» (390044, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, профессор. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>.

E-mail: ivan.uspensckij@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, заведующий кафедрой автотракторной техники и теплоэнергетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева» (390044, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, доцент. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0928>. **E-mail:** ivan.uspensckij@yandex.ru

Цымбал Александр Андреевич, профессор кафедры теплотехники, гидравлики и энергообеспечения предприятий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет имени К.А. Тимирязева» (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, профессор. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3643-2434>. **E-mail:** tcimbalaa@yandex.ru

LOCAL CONTOURS OF DRIP SOIL MOISTURING, FORMED ON SLOPING LANDS

S. M. Vasilyev, V. N. Shkura, A. S. Shtanko

*Federal State Budget Scientific Institution «Russian Research Institute
of Land Reclamation Problems», Novocherkassk, Russia*

Received 18.11.2019

Submitted 14.02.2020

Summary

The article presents the results of a study of the shape and geometric dimensions of local moisture contours that form in the soil during drip irrigation of sloping lands, and a graphical and analytical method based on them for determining the size and construction of the outlines of local moisture contours. Using the proposed method will improve the quality of design solutions for the irrigation network of drip irrigation systems of plants cultivated on sloping landscapes.

Abstract

Introduction. Well-known experimental studies have established the facts of the influence of slopes of the earth's surface of drip-moistened slope lands on the location, shape and size of local moisture contours formed in the soil space, but there is no generally accepted method for predicting them. This circumstance is explained by the absence of an experimental base that is necessary for generalizations, the complexity and multifactorial nature of the contour formation process, and the complexity of setting up field studies. At the same time, the lack of scientific justification for predicting the parameters of local moisture contours reduces the quality of drip irrigation of plants cultivated on slope lands. In this regard, the purpose of the study was to develop a method for determining the size and construction of moisture contours outlines on slope lands. **Object.** The object of the study was local moisture contours formed in the soil space during drip irrigation of slightly sloping lands. The subject of research is the shape and geometric dimensions of slope contours of soil moisture. **Materials and methods.** Experimental studies of humidity contours were conducted on slope areas in the Oktyabrsky district of the Rostov region. The soil cover of land plots presented to the southern heavy-loam small and medium low-humus chernozems, characterized by a content of physical clay level – $58,0 \pm 0,4$ % of mass of dry soil (% of SMEs); the lowest moisture capacity – $27,0 \pm 0,5$ % of SMEs with a density of meter soil layer 1.3 ± 0.02 t/m³. The steepness of the slopes of the experimental sections was 0, 3, 6, 7 and 9 °. The development of a graph-analytical method for determining the size and construction of moisture contours outlines formed on slope lands was carried out by analyzing and generalizing the experimental material. **Results and conclusions.** Analysis of the experimental material allows us to note that the distance of the boundary of the moisture contour in the direction perpendicular to the slope of the earth's surface corresponds to those characteristic of contours, which formed on horizontal flat lands, and their values up and down the slope differ significantly from them. The identified functional relationships were described by empirical dependencies, and the generalization of information on the outlines of slope contours allowed us to propose a calculated scheme of the humidity contour. On the basis of the obtained results was proposed graphical-analytical method of determining the shape of the profiles of the local contours of moisture formed on sloping landscapes. A graphical comparison of the experimental contour of soil moisture with the calculated one showed a qualitative and quantitative similarity of their forms. The calculated depth of the moisture contour bounded by the isopleth $0.7\beta_{\text{HB}}$ was 0.72, with an experimental value of 0.75 m. At the same time, the deviation of the calculated value from the experimental depth was 4.2 %. The calculated and experimental values of the average diameter of the humidity contour were 0.78 and 0.83 m, respectively. The deviation between them was 6.4 %. These circumstances indicate the practical applicability of the proposed method for the conditions considered.

Key words: drip irrigation, slope landscapes, moisture contours, contour shape, contour geometry.

Citation. Vasilyev S. M., Shkura V. N., Shtanko A. S. Local contours of drip soil moisturing formed on sloping lands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 279-289 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-28.

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

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

УДК 631.674.6:631.613

ЛОКАЛЬНЫЕ КОНТУРЫ КАПЕЛЬНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВ, ФОРМИРУЮЩИЕСЯ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ

С. М. Васильев, доктор технических наук, профессор

В. Н. Шкура, кандидат технических наук, профессор

А. С. Штанько, кандидат технических наук

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт
проблем мелиорации», г. Новочеркасск, Россия

Дата поступления в редакцию 18.11.2019

Дата принятия к печати 14.02.2020

Актуальность. Известными экспериментальными исследованиями установлены факты влияния уклонов земной поверхности капельно увлажняемых склоновых угодий на расположение, форму и размеры формирующихся в почвогрунтовой среде локальных контуров влажности, но общепринятая методика их прогнозирования отсутствует. Указанное обстоятельство объясняется отсутствием необходимой для обобщений экспериментальной базы, сложностью и многофакторностью процесса контурообразования, трудоемкостью постановки полевых исследований. При этом имеющий место дефицит научного обоснования для прогнозирования параметров локальных контуров влажности снижает качество капельного орошения культивируемых на склоновых землях растений. В связи с этим целью исследования являлась разработка способа определения размеров и построения очертаний контуров влажности на склоновых землях. **Объект.** Объектом исследования являлись локальные контуры увлажнения, формирующиеся в почвенном пространстве при капельном поливе пологосклонных угодий. Предмет исследования – форма и геометрические размеры склоновых контуров влажности почв. **Материалы и методы.** Экспериментальные исследования контуров влажности проводились на склоновых участках в Октябрьском районе Ростовской области. Почвенный покров земельных участков представлен южными тяжелосуглинистыми мало- и среднемощными слабогумусными черноземами, характеризующимися содержанием физической глины на уровне – $58,0 \pm 0,4$ % массы сухой почвы (% МСП); наименьшей влагоемкостью – $27,0 \pm 0,5$ % МСП при плотности сложения метрового почвенного слоя – $1,3 \pm 0,02$ т/м³. Крутизна склонов опытных участков φ_c составляла 0, 3, 6, 7 и 9 °. Разработка графоаналитического способа определения размеров и построения очертаний контуров влажности, формирующихся на склоновых землях, производилась путем анализа и обобщения опытного материала. **Результаты и выводы.** Анализ опытного материала позволяет отметить, что удаленности границы контура влажности в направлении, перпендикулярном уклону земной поверхности, соответствует характерным для «безуклонных» контуров, а их значения вверх и вниз по склону существенно от них отличаются. Выявленные функциональные связи были описаны эмпирическими зависимостями, а обобщение информации по очертаниям склоновых контуров позволило предложить расчетную схему контура влажности. На основании полученных результатов был предложен графоаналитический способ определения очертаний профилей локальных контуров влажности, формирующихся на склоновых ландшафтах. Графическое сопоставление опытного очертания контура влажности почвы с расчетным показало качественное и количественное подобие их форм. Расчетная глубина контура влажности, ограниченного изоплетой $0,7\beta_{HB}$, составила 0,72 м при опытном значении 0,75 м. При этом отклонение расчетного значения от опытного по глубине составило 4,2 %. Расчетное и опытное значения среднего диаметра контура влажности составили 0,78 и 0,83 м соответственно. Отклонение между ними составило 6,4 %. Указанные обстоятельства свидетельствуют о практической применимости предложенного способа для рассмотренных условий.

Ключевые слова: капельное орошение, склоновые ландшафты, контуры влажности, форма контуров влажности, геометрия контуров влажности.

Цитирование. Васильев С. М., Шкура В. Н., Штанько А. С. Локальные контуры капельного увлажнения почв, формирующиеся на склоновых землях. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 279-289. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-28.

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. Очевидным достоинством систем капельного орошения является возможность их применения для полива растений, произрастающих на склоновых землях, где применение других технологий проблематично или невозможно. Качественное и эффективное применение капельных оросительных систем на склоновых угодьях сдерживается дефицитом научно-обоснованных рекомендаций по их созданию и использованию. При этом наибольший дефицит информации имеет место в области прогнозирования параметров локальных контуров влажности, формирующихся в почвогрунтовом пространстве при капельном поливе растений, культивируемых на склоновых земельных угодьях. Исследованиям локальных контуров увлажнения почв уделено должное внимание в работах О. Е. Ясониди, М. Ю. Храброва, И. К. Кулинич и других специалистов. Приведенные в [1, 3-7, 9-12] результаты исследований позволяют прогнозировать параметры контуров влажности для условий безуклонных ландшафтных образований. Наряду с этим, имеется реальная потребность в рекомендациях по определению параметров локальных контуров влажности, формирующихся в условиях склоновых ландшафтов. В связи с вышесказанным целью данного исследования является разработка способа определения формы и геометрических параметров локальных контуров влажности, формирующихся в подкапельном почвенном пространстве при капельном поливе растений, произрастающих на склоновых ландшафтах.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись локальные контуры увлажнения, формирующиеся в почвенном пространстве при капельном поливе пологосклонных угодий.

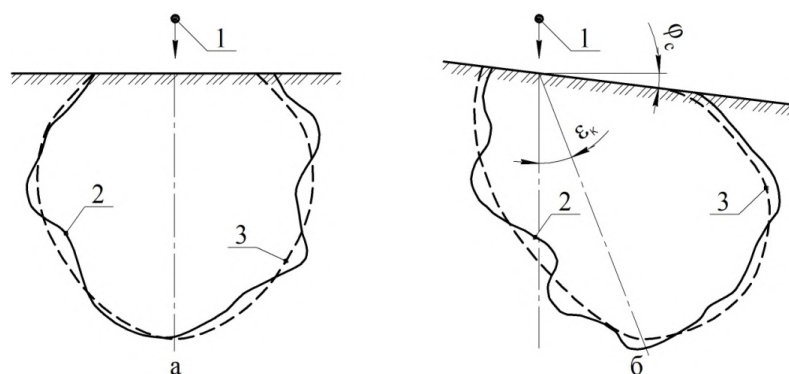


Рисунок 1 – Локальные контуры капельного увлажнения почв:
а – профиль контура по оси капания при $\varphi_c = 0^\circ$; б – профиль контура по оси капания при $\varphi_c = 7^\circ$; 1 – капельница; 2 – опытное очертание контура;
3 – аппроксимированное очертание контура

Figure 1 – Local contours of drip soil moistening:
а – contour profile along the axis of dripping at $\varphi_c = 0^\circ$; б – contour profile along the axis of dripping at $\varphi_c = 7^\circ$; 1 – emitter; 2 – experimental contour outline;
3 – approximated contour outline

Основу материала для разработки способа прогнозирования параметров склоновых контуров влажности составили данные экспериментальных исследований, выполненных на склоновых участках в Октябрьском районе Ростовской области. Почвенный покров земельных участков представлен южными тяжелосуглинистыми мало- и среднemocными слабогумусными черноземами, характеризующимися содержанием физической глины на уровне $- 58,0 \pm 0,4$ % массы сухой почвы (% МСП); наименьшей влагоемкостью $- 27,0 \pm 0,5$ % МСП при плотности сложения метрового почвенного слоя $- 1,3 \pm 0,02$ т/м³. Крутизна склонов опытных участков φ_c составляла 0, 3, 6, 7 и 9°.

Результатом камеральной обработки опытных данных, используемых при анализе и обобщениях, являлись контуры капельного увлажнения почвенного пространства, характерные примеры которых для склонов с крутизной $\varphi_c = 0^\circ$ и $\varphi_c = 7^\circ$ приведены на рисунке 1.

Результаты и обсуждение. Профильные очертания локальных контуров влажности, формирующихся на безуклонных и склоновых ландшафтах, позволяют отметить нижеследующее.

1. Локальные контуры увлажнения почв, формирующиеся в подкапельном пространстве на безуклонных земельных участках, характеризуются относительной симметричностью их форм в плане и по глубине относительно точки и оси капания. Имеющиеся локальные отклонения значений координат, ограничивающих (окоптуривающих) «безуклонные» контуры влажности линий (изоплант определенного уровня влажности почвы) в ту или иную сторону от точки или оси капания, не превышают 12 % от средней величины.

2. Капельные контуры влажности, формирующиеся в почвогрунтовом пространстве на склоновом ландшафте, характеризуются наличием выраженной склоновой асимметричности формы – вытянутостью увлажняемой зоны в направлении уклона земной поверхности. При этом имеет место отклонение оси контура влажности от линии капания; превышение удаленности границы контура вниз по склону от оси капания над таковой в направлении вверх по склону; равенство удаленностей окоптуривающей зону увлажнения изоплоты от оси в направлениях, перпендикулярных линии уклона поверхности земли.

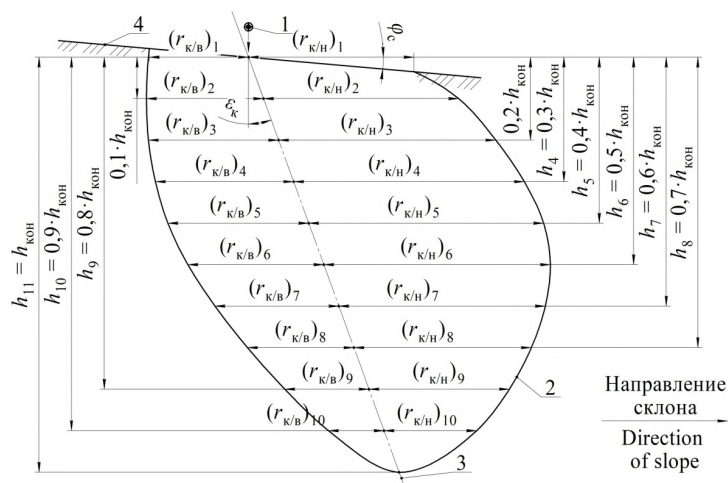


Рисунок 2 – Расчетная схема профильного очертания контура влажности на склоновом ландшафте: 1 – капельница; 2 – контур капельного увлажнения почвы; 3 – ось контура; 4 – поверхность земли; φ_c – угол склона, °; ε_k – угол отклонения оси контура от вертикали, °; $h_{кон}$ – глубина контура, м; $h_1 - h_{11}$ – расстояние от поверхности земли до горизонтальных сечений, разделяющих контур влажности на расчетные слои, м

Figure 2 – The calculation scheme of the moisture contour profile outline on a sloping landscape: 1 – emitter; 2 – drip soil moistening contour; 3 – contour axis; 4 – land surface; φ_c – slope angle, °; ε_k – deviation angle of contour axis from the vertical, °; $h_{кон}$ – contour depth, m; $h_1 - h_{11}$ – distance from the land surface to horizontal sections dividing the moisture contour into computed layers, m

Обобщение информации по опытным очертаниям склоновых контуров влажности, приведенных на рисунке 1, позволило предположить расчетную схему их профильного очертания (рисунок 2).

В соответствии с рисунком 2 отличительными чертами, характеризующими склоновые контуры влажности, являются: пространственное положение оси контура; послойные (поглубинные) удаленности координат, огибающих капельно увлажняемую зону вверх $r_{к/в}$ и вниз по склону $r_{к/н}$, и по радиалам $r_{к/п}$, направленным поперек склона. Анализ опытного материала позволяет отметить, что удаленности границы контура влажности в направлении, перпендикулярном уклону земной поверхности, соответствует таковым, характерным для «безуклонных» контуров $\bar{r}_к$, а значения $r_{к/в}$ и $r_{к/н}$ существенно от них отличаются. Указанное обстоятельство проиллюстрировано приведенными на рисунке 3 опытными данными и аппроксимирующими их зависимостями.

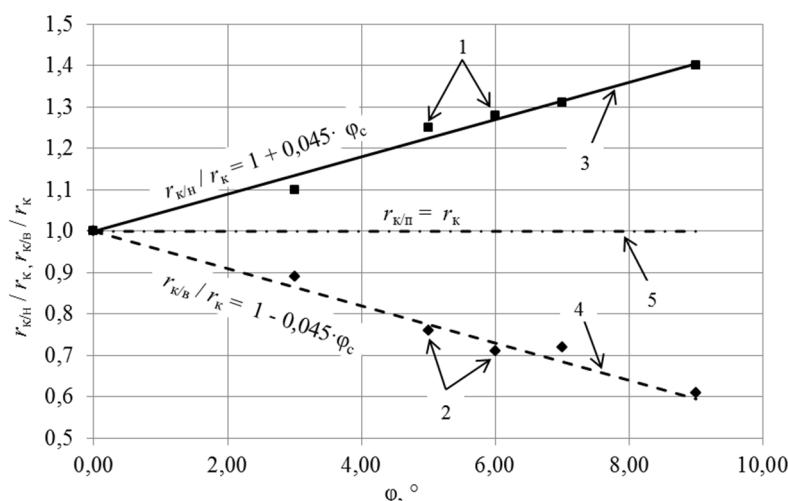


Рисунок 3 – Опытные данные и аппроксимирующие их графики

функциональных связей $r_{к/в} / \bar{r}_к = f_1(\varphi_c)$, $r_{к/н} / \bar{r}_к = f_2(\varphi_c)$ и $r_{к/п} = f_3(\varphi_c)$:

- 1 – $r_{к/п} / \bar{r}_к$ по опытным данным, 2 – $r_{к/в} / \bar{r}_к$ по опытным данным, 3 – график зависимости $r_{к/п} / \bar{r}_к = f_3(\varphi_c)$, 4 – график зависимости $r_{к/в} / \bar{r}_к = f_2(\varphi_c)$, 5 – график зависимости $r_{к/п} = f_3(\varphi_c)$

Figure 3 – Experimental data and functional relationships graphs

approximating them $r_{к/в} / \bar{r}_к = f_1(\varphi_c)$, $r_{к/н} / \bar{r}_к = f_2(\varphi_c)$ and $r_{к/п} = f_3(\varphi_c)$:

- 1 – $r_{к/п} / \bar{r}_к$ according to experimental data, 2 – $r_{к/в} / \bar{r}_к$ – according to experimental data, 3 – dependency graph $r_{к/п} / \bar{r}_к = f_3(\varphi_c)$, 4 – dependency graph $r_{к/в} / \bar{r}_к = f_2(\varphi_c)$, 5 – dependency graph $r_{к/п} = f_3(\varphi_c)$

Указанные функциональные связи описываются зависимостями:

$$r_{к/в} / \bar{r}_к = 1 - 0,045 \cdot \varphi_c, \quad (1)$$

$$r_{к/н} / \bar{r}_к = 1 + 0,045 \cdot \varphi_c, \quad (2)$$

$$r_{к/п} = \bar{r}_к. \quad (3)$$

В расчетной схеме контуров влажности в качестве их оси предлагается использовать линию, соединяющую точку капания на поверхности земли и наиболее заглубленную под поверхность земли точку на ограничивающей контур изоплетной линии. Положение этой линии в пространстве на склоновом профиле контура может быть определено углом ее отклонения от вертикали ε_k , определяемым из соотношения:

$$\varepsilon_k = 9,41 \cdot \varphi_c^{0,419}. \quad (4)$$

Установленные зависимости, характеризующие отличие склоновых контуров от безуклонных, позволили предложить графоаналитический способ определения очертаний профилей локальных контуров влажности, формирующихся на склоновых ландшафтах, который базируется на авторской методике их построения, полученной для безуклонных земельных участков [2, 8], заключается в нижеследующем:

1. На первом этапе устанавливаются параметры, характеризующие исходные условия формирования контуров влажности, которыми являются средние по глубине увлажнения значения: содержания физической глины – $\overline{W}_r$, в процентах от массы сухой почвы (% МСП); наименьшей влагоемкости почвы в пределах слоя увлажнения – $\overline{W}_{HB}$ в % МСП; плотности сложения увлажняемого слоя почвы – $\overline{\gamma}_{об}$ в т/м³; величины дополивной влажности почвы – $\overline{\beta}_{д/п}$ в % МСП или в долях или процентах от $\overline{\beta}_{HB}$ – влажности почвы, соответствующей наименьшей влагоемкости; постполивной влажности почвы – $\overline{\beta}_{п/п}$, измеряемой по аналогии с $\overline{\beta}_{д/п}$ в % МСП или % от $\overline{\beta}_{HB}$; глубины слоя (контура) увлажнения («промачивания») почвы, базирующегося на учете глубины распространения основной части корней корневой системы растений – h_k , м, и угла наклона земной поверхности склона к горизонту – φ_c , °.

2. Для условий формирования контуров капельного увлажнения рассчитывается величина заглубленности изоплеты $(h_{из/п})_{0,7\beta_{HB}}$, м, с уровнем влажности почвы, соответствующим $\beta_{из/п} = 0,7 \cdot \beta_{HB}$:

$$(h_{из/п})_{0,7\beta_{HB}} = \frac{(h_{из/п})_{\beta_{д/п}}}{0,5 \cdot \left[1,0 - 1,1^{0,1 \cdot \overline{W}_r} \cdot \left(\frac{\overline{\beta}_{д/п}}{\beta_{0,7\beta_{HB}}} - 1,0 \right) + 1,0 - 1,2^{0,1 \cdot \overline{W}_{HB}} \cdot \left(\frac{\overline{\beta}_{д/п}}{\beta_{0,7\beta_{HB}}} - 1,0 \right) \right]}. \quad (5)$$

3. На следующем этапе рассчитывается максимальный радиус изоплеты $(r_{из/п})_{0,7\beta_{HB}}$, м с уровнем влажности почвы $\beta_{из/п} = 0,7 \cdot \beta_{HB}$:

$$(r_{из/п})_{0,7\beta_{HB}} = 0,25 \cdot \left[(0,51 + 0,009 \cdot \overline{W}_r) + (0,073 + 0,038 \cdot \overline{W}_{HB}) \right] \cdot (h_{из/п})_{0,7\beta_{HB}}. \quad (6)$$

4. Для выделенных на схеме контура влажности почвы сечений с заданными значениями их заглубленности h_i (рисунок 2а) рассчитываются значения средних радиусов $(\overline{r}_k)_{h_i}$, м:

$$\begin{aligned} (\overline{r}_k)_{h_i} = (\overline{r}_{из/п})_{0,7\beta_{HB}} \cdot \left[k_0 + k_1 \cdot (h_i / h_k) - k_2 \cdot (h_i / h_k)^2 + k_3 \cdot (h_i / h_k)^3 - \right. \\ \left. - k_4 \cdot (h_i / h_k)^4 - k_5 \cdot (h_i / h_k)^5 - k_6 \cdot (h_i / h_k)^6 - k_7 \cdot (h_i / h_k)^7 - \right. \\ \left. - k_8 \cdot (h_i / h_k)^8 - k_9 \cdot (h_i / h_k)^9 \right], \end{aligned} \quad (7)$$

где k_0 – свободный член полинома, определяемый по соотношению:

$$k_0 = 0,5 \cdot (2 - 0,005 \cdot W_{г/ч} \cdot \bar{\gamma}_{об} - 0,001 \cdot \bar{W}_{HB}^{1,84} - 0,002 \cdot \bar{W}_{HB}^{0,45}); \quad (8)$$

k_1 – коэффициент при первом члене полинома – (h_i / h_k) :

$$k_1 = 1,03 / k_0^{1,2}; \quad (9)$$

k_2 – коэффициент при втором члене полинома – $(h_i / h_k)^2$:

$$k_2 = k_0 + k_1; \quad (10)$$

$k_3 - k_9$ – коэффициенты при членах полинома (h_i / h_k) от 3 до 9 степени соответственно, определяемые по соотношению вида:

$$k_i = (k_{рег})_i \cdot k_0^{0,01}, \quad (11)$$

где i – номер коэффициента при переменных членах полинома (от 3 до 9); $(k_{рег})_i$ – коэффициенты регрессии, значения которых (для соответствующих значений коэффициентов $k_3 - k_9$) принимаются по таблице 1.

Таблица 1 – Значения коэффициентов регрессии $k_3 - k_9$ полинома (7)

Table 1 – The values of the polinome regression coefficient $k_3 - k_9$ (7)

Показатель / Indicator	Значение показателя / Indicator value						
Коэффициенты полинома / Polinome coefficient, k_i	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7	k_8	k_9
Коэффициенты регрессии / Regression coefficient, $(k_{рег})_i$	0,255	0,005	0,014	0,023	0,043	0,068	0,102

5. По зависимости (4) находится угол отклонения оси контура влажности от вертикали, в соответствии с которым проводится ось контура влажности почвы, формирующегося на склоновых участках.

6. Далее определяются значения удаленности границы контура влажности вверх и вниз по склону от оси контура по зависимостям:

$$(r_{к/в})_{h_i} = (1,0 - 0,45 \cdot \varphi_c) \cdot (\bar{r}_к)_{h_i}, \quad (12)$$

$$(r_{к/н})_{h_i} = (1,0 + 0,45 \cdot \varphi_c) \cdot (\bar{r}_к)_{h_i}. \quad (13)$$

7. По принятым значениям заглубленности сечений контура h_i и соответствующим им значениям $(r_{к/в})_{h_i}$ и $(r_{к/н})_{h_i}$ в соответствии с рисунком 2 вычерчивается граница внешнего очертания контура влажности.

Предложенный способ доведен до уровня программы для ЭВМ, которая позволяет рассчитывать размеры и определять расположение контуров капельного увлажнения на склонах. Апробация предложенной методики проведена по опытным данным и условиям формирования контура влажности почвы, проиллюстрированного на рисунке 1б.

Значения исходных и расчетных параметров контуров составили.

1. Условия проведения опыта и опытные значения параметров контуров: $\bar{W}_г = 57,6$ % МСП; $\bar{W}_{HB} = 27,0$ % МСП; $\bar{\gamma}_{об} = 1,30$ т/м³; $\bar{\beta}_{д/п} = 17,6$ % МСП (65,2 % $\bar{\beta}_{HB}$); $(h_k)_{0,7\beta_{HB}} = 0,75$ м; $(r_k)_{0,7\beta_{HB}} = 0,83$ м.

2. Заглубленность изоплеты с уровнем влажности почвы, соответствующим $\beta_{из/п} = 0,7 \cdot \beta_{нв}$, составила $(h_{из/п})_{0,7\beta_{нв}} = 0,72$ м.

3. Средний радиус изоплеты с уровнем влажности почвы $\beta_{из/п} = 0,7 \cdot \bar{\beta}_{нв}$ составил $(r_{из/п})_{0,7\beta_{нв}} = 0,39$ м.

4. Результаты расчета средних радиусов для выделенных на схеме контура влажности почвы сечений приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения средних радиусов для каждого сечения контура с заданным значением их заглубленности h_i

Table 2 – Values of average radii for each contour section with predetermined value of their buriedness h_i

Показатель / Indicator	Значение показателя / Indicator value										
Номер сечения / Cross-section number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
h_i , м	0,00	0,07	0,14	0,22	0,29	0,36	0,43	0,51	0,58	0,65	0,72
$(\bar{r}_к)_{h_i}$, м	0,23	0,29	0,34	0,37	0,38	0,37	0,34	0,30	0,23	0,14	0,00

5. Угол отклонения оси контура влажности от вертикали $\varepsilon_k = 21,3^\circ$.

6. Результаты определения значений удаленности от оси контура границы контура влажности почвы вверх $(r_{к/в})_{h_i}$ и вниз $(r_{к/н})_{h_i}$ по склону для каждого его сечения с заглубленностью h_i приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения удаленности от оси контура границы контура влажности вверх $(r_{к/в})_{h_i}$ и вниз $(r_{к/н})_{h_i}$ по склону

Table 3 – Distance values from the contour axis of moisture contour boundary uphill $(r_{к/в})_{h_i}$ and downhill $(r_{к/н})_{h_i}$

Показатель / Indicator	Значение показателя / Indicator value										
Номер сечения / Cross-section number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
h_i , м	0,00	0,07	0,14	0,22	0,29	0,36	0,43	0,51	0,58	0,65	0,72
$(r_{к/в})_{h_i}$, м	0,16	0,20	0,23	0,25	0,26	0,25	0,23	0,20	0,16	0,09	0,00
$(r_{к/н})_{h_i}$, м	0,30	0,38	0,44	0,48	0,49	0,48	0,45	0,39	0,31	0,18	0,00

Графическое сопоставление очертания прогнозного профиля с опытным проиллюстрировано на рисунке 4.

Графическое сопоставление опытного очертания контура влажности почвы с расчетным по предложенному способу показало качественное и количественное подобие их форм. Расчетная глубина контура влажности, ограниченного изоплетой $0,7\beta_{нв}$, составила 0,72 м при опытном значении 0,75 м. При этом отклонение расчетного значения от опытного по глубине контура влажности составило 4,2 %. Расчетное и опытное значения среднего диаметра контура влажности составили 0,78 и 0,83 м соответственно. Отклонение между ними составило 6,4 %. Указанные обстоятельства свидетельствуют о практической применимости предложенного способа для рассмотренных условий. Незначительные локальные отклонения опытного очертания от расчетного объясняются не однородностью почвенного пространства.

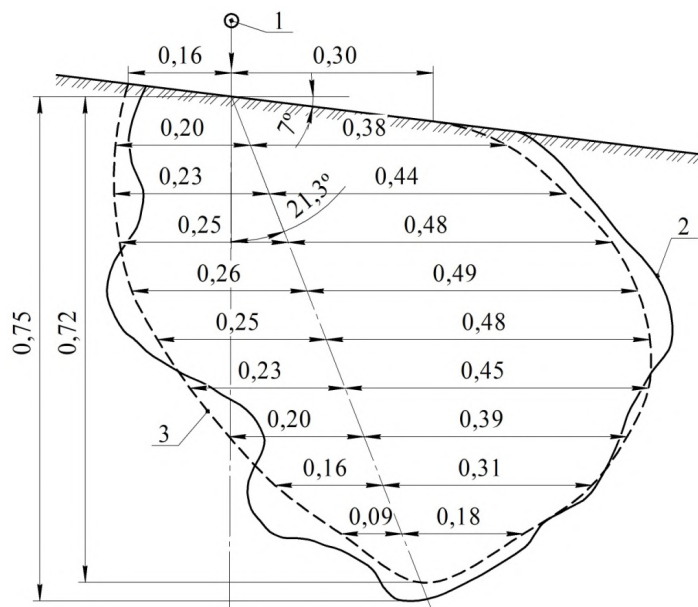


Рисунок 4 – Графические образы очертаний опытного и прогнозного профилей контуров влажности, формирующихся на склоне крутизной 7°:

1 – капельница; 2 – опытное очертание контура; 3 – расчетное очертание контура; размеры в м

Figure 4 – Graphic images of the outlines of experimental and predicted moisture contour profiles, formed on a slope gradient 7°:

1 – emitter; 2 – experimental contour outline; 3 – calculated contour outline; dimensions in m

Выводы. 1. Расположение, формы и геометрические параметры локальных контуров капельного увлажнения почвы, формирующихся на склоновых землях и определяющих качество капельного полива растений, до настоящего времени изучены недостаточно, несмотря на все возрастающую потребность в рекомендациях по их прогнозированию при проектировании и эксплуатации капельных систем орошения садов и виноградников, культивируемых на склоновых ландшафтах.

2. Выполненными исследованиями установлены качественные и количественные особенности локальных контуров влажности, образующихся при капельном поливе склоновых ландшафтных образований, и их отличие от контуров, формирующихся на безуклонных ландшафтах. Выявленные функциональные связи были описаны эмпирическими зависимостями, а обобщение информации по очертаниям склоновых контуров позволило предложить расчетную схему контура влажности.

3. В результате исследований предложен способ расчета и построения локальных контуров капельного увлажнения почв, позволяющий с приемлемой для практического использования точностью прогнозировать их расположение, форму и геометрические размеры. Использование предложенного способа позволит повысить качество проектных решений поливной сети систем капельного орошения растений, культивируемых на склоновых ландшафтах.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Галиуллина Е. Ю. Контуров увлажнения почвы при капельном орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 3 (27). С. 183-188.

2. Васильев С. М., Штанько А. С. Геометрические и влажностные параметры контуров капельного увлажнения суглинистых черноземов // Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 1. С. 16-19.

3. Влияние водных режимов капельного орошения на динамику влажности почвы и эвапотранспирацию риса / Н. Н. Дубенок, И. П. Кружилин, Н. М. Абду, М. А. Ганиев, К. А. Родин // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 6. С. 9-15.

4. Дубенок Н. Н., Гемонов А. В. Формирование корневой системы саженцев сливы при капельном орошении и распределение влаги по почвенному профилю в условиях нечерноземной зоны // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 4. С. 9-13.

5. Прокопец Р. В., Сергеева Е. А. Изменение параметров контура увлажнения при капельном орошении в зависимости от интенсивности водоподачи // Аграрный научный журнал. 2015. № 4. С. 62-66.

6. Пронько Н. А., Корсак В. В., Ломовцева А. Н. Контур увлажнения при капельном орошении на почвах Заволжья // Научная жизнь. 2015. № 1. С. 74-81.

7. Фоменко Т. Г., Попова В. П. Формирование контуров увлажнения почвы при локальных малообъемных способах орошения плодовых насаждений // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 4. С. 22-27.

8. Штанько А. С., Шкура В. Н. Способ графоаналитического построения очертания контуров капельного увлажнения почв // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2018. № 1(29). С. 67-85. Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=531>.

9. Kisekka I., Oker T., Nguyen G. Revisiting precision mobile drip irrigation under limited water // Irrigation Science. 2017. no. 35(6), p. 483-500. (In English).

10. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. Methodology of calculation and justification of wetting parameters in the open field and greenhouse // Environmental Engineering. 2012. no. 4. 29 p.

11. Soil moisture distribution under drip irrigation and seepage for potato production / J. Reyes-Cabrera, L. Zotarelli, M. D. Dukes, D. L. Rowland, S. A. Sargent // Agricultural Water Management. 2016. no. 169. P. 183-192.

12. The efficiency of drip irrigation unpacked / Saskia van der Kooij, Margreet Zwarteveen, Harm Boesveld, Marcel Kuper // Agricultural Water Management. 2013. V.123. P. 103-110.

Conclusions. 1. The location, shape, and geometric parameters of local contours of drip soil moisture that form on slope lands and determine the quality of drip irrigation of plants have not been studied enough to date, despite the increasing need for recommendations for their prediction when designing and operating drip irrigation systems for gardens and vineyards cultivated on slope landscapes.

2. The performed studies established qualitative and quantitative features of local moisture contours formed during drip irrigation of slope landscape formations and their difference from contours formed which formed on horizontal flat lands. The identified functional relationships were described by empirical dependencies, and the generalization of information on the outlines of slope contours allowed us to propose a calculated scheme of the humidity contour.

3. As a result of the research, a method for calculating and constructing horizontal contours of drip soil moisture is proposed, which allows predicting their location, shape, and geometric dimensions with acceptable accuracy for practical use. Using the proposed method will improve the quality of design solutions for the irrigation network of drip irrigation systems for plants cultivated on slope landscapes.

References

1. Ahmedov A. D., Galiullina E. Yu. Kontury uvlazhneniya pochvy pri kapel'nom oroshenii // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2012. № 3 (27). P. 183-188.

2. Vasil'ev S. M., Shtan'ko A. S. Geometricheskie i vlazhnostnye parametry konturov kapel'nogo uvlazhneniya suglinistykh chernozemov // Melioraciya i vodnoe ho-zyajstvo. 2019. № 1. P. 16-19.

3. Vliyanie vodnyh rezhimov kapel'nogo orosheniya na dinamiku vlazhnosti pochvy i [vapo-transpiraciyu risa / N. N. Dubenok, I. P. Kruzhilin, N. M. Abdu, M. A. Ganiev, K. A. Rodin // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2015. № 6. P. 9-15.
4. Dubenok N. N., Gemonov A. V. Formirovanie kornevoj sistemy sazhencev slivy pri kapel'nom oroshenii i raspredelenie vlagi po pochvennomu profilu v usloviyah nechernozemnoj zony // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2018. № 4. P. 9-13.
5. Prokopec R. V., Sergeeva E. A. Izmenenie parametrov kontura uvlazhneniya pri kapel'nom oroshenii v zavisimosti ot intensivnosti vodopodachi // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2015. № 4. P. 62-66.
6. Pron'ko N. A., Korsak V. V., Lomovceva A. N. Kontur uvlazhneniya pri kapel'nom oroshenii na pochvah Zavolzh'ya // Nauchnaya zhizn'. 2015. № 1. P. 74-81.
7. Fomenko T. G., Popova V. P. Formirovanie konturov uvlazhneniya pochvy pri lokal'nyh maloob'emnyh sposobah orosheniya plodovyh nasazhdenij // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2016. № 4. P. 22-27.
8. Shtan'ko A. S., Shkura V. N. Sposob grafoanaliticheskogo postroeniya ochertaniya konturov kapel'nogo uvlazhneniya pochv // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii [Elektronnyj resurs]. 2018. № 1(29). P. 67-85. Rezhim dostupa: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=526&id=531>.
9. Kisekka I., Oker T., Nguyen G. Revisiting precision mobile drip irrigation under limited water // Irrigation Science. 2017. no. 35(6), p. 483-500. (In English).
10. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P. Methodology of calculation and justification of wetting parameters in the open field and greenhouse // Environmental Engineering. 2012. no. 4. 29 p.
11. Soil moisture distribution under drip irrigation and seepage for potato production / J. Reyes-Cabrera, L. Zotarelli, M. D. Dukes, D. L. Rowland, S. A. Sargent // Agricultural Water Management. 2016. no. 169. P. 183-192.
12. The efficiency of drip irrigation unpacked / Saskia van der Kooij, Margreet Zwarteveen, Harm Boesveld, Marcel Kuper // Agricultural Water Management. 2013. V.123. P. 103-110.

Authors Information

Vasilyev Sergey Mikhailovich, Temporarily in Charge Director FSBSE «Russian scientific research institute of land improvement problems» (Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421), Doctor of Technical Sciences, Professor, tel. (8-8635) 26-65-00, e-mail: rosniipm@yandex.ru

Shkura Victor Nikolaevich, Leading Research Scientist FSBSE «Russian scientific research institute of land improvement problems» (Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421), Candidate of Technical Sciences, Professor, tel. (8-8635) 26-65-00, e-mail: rosniipm@yandex.ru

Shtanko Andrey Sergeevich, Leading Research Scientist FSBSE «Russian scientific research institute of land improvement problems» (Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421), Candidate of Technical Sciences, tel. 8-928-90-98-900, e-mail: shtanko.77@mail.ru

Информация об авторах

Васильев Сергей Михайлович, временно исполняющий обязанности директора федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346421, Российская Федерация, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), доктор технических наук, профессор, тел. (8-8635) 26-65-00, e-mail: rosniipm@yandex.ru

Шкура Виктор Николаевич, ведущий научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346421, Российская Федерация, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), кандидат технических наук, профессор, тел. (8-8635) 26-65-00, e-mail: rosniipm@yandex.ru

Штанько Андрей Сергеевич, ведущий научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346421, Российская Федерация, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), кандидат технических наук, тел. 8-928-90-98-900, e-mail: shtanko.77@mail.ru

JUSTIFICATION OF ALGORITHMS AND TOOLS FOR NEURAL NETWORK FORECASTING OF AGRICULTURAL PRODUCTIVITY USING RETROSPECTIVE DATA

A. F. Rogachev^{1,2}, E. V. Melikhova¹,

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²All Russian research Institute of irrigated agriculture, Volgograd

Received 25.12.2019

Submitted 06.03.2020

The article was prepared with the financial support of the RFBR and the administration of the Volgograd region under project No. 19-416-340014 «Creating a neural network system for managing programmed agricultural production using retrospective data and remote sensing results for the arid conditions of the Volgograd region»

Summary

The features of the autocorrelation function of the time series of grain crop yields were revealed using the methods of pre-forecast statistical analysis. An artificial neural network was constructed for predicting grain yields in the SNN environment. The MLP multilayer perceptron architecture is based on the minimum of the MSE criterion.

Abstract

Introduction. Ensuring food security requires improving methods for predicting the productivity of cultivated crops. In the field of agricultural production, various technologies for building artificial neural networks (ANN) are used, mainly for predicting crop yields. Pre-sum representative samples of time series (TS) of long-term yield levels, perform their pre-forecast processing, justify the architecture and macroparameters of the designed ins, as well as algorithms for its training that are adequate to the problem. At the same time, it is necessary that the developer of the neural network modeling program has a priori knowledge about the structure and specifics of the simulated VR in order to justify the architecture and macroparameters of the created artificial neural networks. **Object.** The object of the study is the time series of long-term yield levels of a group of grain crops, the patterns of change of which are modeled using artificial neural networks. **Method of research.** The methodology and results of justifying the choice of algorithms and computer tools for predicting crop yields using retrospective data are presented. The regression model and autocorrelation analysis of time series levels were constructed using statistical analysis methods. The BP approximation of grain yield was performed for the Volgograd region for 69 years, including 2018. The Classification of the characteristics of the basic ins architectures was carried out to build the ins family in order to justify its preferred architecture, configuration, and macroparameters. **Results and discussion.** Statistical analysis of the BP yield of grain allowed us to establish that the approximation of the 3rd degree polynomial showed unsatisfactory results for the criterion $R^2 = 0.46$. It was found that in the conditions of risky agriculture, the statistical distributions of the BP yield levels differ significantly from the normal one, which hinders the use of linear methods based on MNC estimates for constructing forecast models of the BP yield of agricultural crops, in particular, cereals. In order to take into account and use it when configuring the projected ins, an autocorrelation analysis of the yield BP in question was performed in the Excel environment, which revealed noticeable peaks for 1-2-3-4-year level shifts. The remaining time lags are characterized by monotonically decreasing significantly lower ACF values. As a result of the revealed features of the dynamics and unsteadiness of BP levels, the use of a neural network approach for forecasting yields in risky farming conditions, in particular in the Lower Volga region, is justified. It is recommended to use the neural network module SNN V. 4 of the computer system of statistical analysis Statistixa, which provides flexible construction of ins. The ins architecture in the form of a multi-layer perceptron MLP and an algorithm for its formation in the SNN V. 4 environment are justified for predicting yield on the example of grain crops. The main goal of the numerical experiments was to identify patterns of influence of the value of the parameter "time window Size" on the optimal

configuration and quality indicators of the ins. The results of the numerical experiments are presented in tabular form. The most successful network configurations according to the R2 criterion were obtained for the number of neurons in the layers (5-8-1; 1-9-1 and 2-8-1), which can be used to build and configure ins that target other crop groups. **Conclusions.** Methods of statistical analysis revealed that in conditions of risky agriculture, the statistical distribution of levels of BP yields differ significantly from the normal one, which hinders the use of linear methods based on MNC estimates to build predictive models of crop yields of time series. It is established that when the built-in tool of the SNN module for building ins a priori offers the user to accept the number of neurons in the hidden layer in the amount of half the sum of the number of neurons at the ins inputs and outputs, then as a result of automated network runs, their number changes for optimal options. This requires numerical experiments and research, which can be implemented in the automated mode of SNN operation. A method for constructing a STATISTICA system in the automated SNN mode and training ins models for predicting the yield of grain crops has been developed. The method includes identifying the cyclical nature of the simulated BP at the stage of pre-forecast analysis, and taking these indicators into account in the formation of ins macroparameters, which improves the quality of neural network models according to the MSE criterion.

Key words: *agricultural crops, productivity, vegetation index, monitoring, unmanned aerial vehicles.*

Citation: Rogachev A. F. Melikhova E. V. Justification of algorithms and tools for neural network forecasting of agricultural productivity using retrospective data. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 290-302 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-29.

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 631.559:519.237.5

ОБОСНОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ И ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ АГРОКУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕТРОСПЕКТИВНЫХ ДАННЫХ

А. Ф. Рогачев^{1,2}, доктор технических наук, профессор
Е. В. Мелихова¹, кандидат технических наук, доцент

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБНУ «Всероссийский НИИ орошаемого земледелия», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 25.12.2019

Дата принятия к печати 06.03.2020

Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области по проекту № 19-416-340014 «Создание нейросетевой системы управления программируемым аграрным производством с использованием ретроспективных данных и результатов дистанционного зондирования для засушливых условий Волгоградской области»

Актуальность. Обеспечение продовольственной безопасности требует совершенствования методов прогнозирования продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур. В сфере аграрного производства применяют различные технологии построения искусственных нейронных сетей (ИНС), преимущественно для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. Предварительно формируют репрезентативные выборки временных рядов (ВР) многолетних уровней урожайности, выполняют их предпрогнозную обработку, обосновывают архитектуру и макропараметры проектируемой ИНС, а также алгоритмы ее обучения, адекватные проблеме. При этом необходимо, чтобы разработчик программы нейросетевого моделирования располагал априорными знаниями о структуре и специфике моделируемых

ВР для обоснования архитектуры и макропараметров создаваемой ИНС. **Объект исследования** – временные ряды многолетних уровней урожайности группы зерновых культур, закономерности изменения которых моделируют с использованием ИНС. **Методы исследования.** Представлена методология и результаты обоснования выбора алгоритмов и компьютерного инструментария для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур с использованием ретроспективных данных. Построение регрессионной модели и автокорреляционный анализ уровней ВР проводилось методами статистического анализа. Аппроксимация ВР урожайности зерновых выполнялась для Волгоградской области за 69 лет, включая 2018 г. Классификация характеристик базовых архитектур ИНС была проведена для построения семейства ИНС с целью обоснования его предпочтительной архитектуры, конфигурации и макропараметров. **Результаты и обсуждение.** Статистический анализ ВР урожайности зерновых позволил установить, что аппроксимация полиномом 3-й степени показала неудовлетворительные результаты по критерию $R^2 = 0,46$. Установлено, что в условиях рискованного земледелия, статистические распределения уровней ВР урожайностей, существенно отличаются от нормального, что сдерживает использование основанных на МНК-оценках линейных методов, для построения прогнозных моделей ВР урожайности сельскохозяйственных культур, в частности, зерновых. С целью учета и использования при конфигурировании проектируемой ИНС, в среде Excel был проведен автокорреляционный анализ рассматриваемого ВР урожайности, который выявил заметные пики для 1-2-3-4- летних смещений уровней. Остальные временные лаги характеризуются монотонно убывающими значительно меньшими значениями АКФ. Вследствие выявленных особенностей динамики и не стационарности уровней ВР обосновано применение нейросетевого подхода для прогнозирования урожайности в условиях рискованного земледелия, в частности Нижнего Поволжья. Рекомендовано применение нейросетевого модуля SNN v.4 компьютерной системы статистического анализа Statistica, обеспечивающей гибкое построение ИНС. Для прогнозирования урожайности на примере зерновых культур обоснована архитектура ИНС в форме многослойного персептрона MLP и алгоритм для ее формирования в среде SNN v.4. Основной целью численных экспериментов было выявление закономерностей влияния значения параметра «Размер временного окна» на оптимальную конфигурацию и показатели качества ИНС. Результаты проведенных численных экспериментов представлены в табличной форме. Наиболее удачные конфигурации сетей по критерию R^2 получены для числа нейронов в слоях (5-8-1; 1-9-1 и 2-8-1), что можно использовать для построения и конфигурирования ИНС, ориентированных на другие группы сельскохозяйственных культур. **Выводы.** Методами статистического анализа выявлено, что в условиях рискованного земледелия статистические распределения уровней ВР урожайностей существенно отличаются от нормального, что сдерживает использование основанных на МНК-оценках линейных методов, для построения прогнозных моделей ВР урожайности агрокультур. Установлено, что в случае когда встроенное средство модуля SNN построения ИНС априори предлагает пользователю принять количество нейронов в скрытом слое в размере полусуммы числа нейронов на входах и выходах ИНС, то в результате автоматизированных прогонов сети их количество для оптимальных вариантов меняется. Это требует проведения численных экспериментов и исследований, что возможно реализовать в автоматизированном режиме функционирования SNN. Разработана методика построения в автоматизированном режиме SNN системы Statistica и обучения ИНС-моделей для прогнозирования урожайности зерновых культур. Методика включает выявление на этапе предпрогнозного анализа цикличности моделируемых ВР и учет этих показателей при формировании макропараметров ИНС, что обеспечивает повышение качества нейросетевых моделей по критерию MSE.

Ключевые слова: сельскохозяйственные культуры, урожайность сельскохозяйственных культур, вегетационный индекс, мониторинг урожайности, беспилотные летательные аппараты, прогнозирование урожайности.

Цитирование: Рогачев А. Ф. Мелихова Е. В. Адаптация алгоритмов и обоснование инструментария для нейросетевого прогнозирования урожайности агрокультур с использованием ретроспективных данных. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 290-302. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-29.

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. Обеспечение продовольственной безопасности требует совершенствования методов прогнозирования продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур [13, 14, 16]. В сфере аграрного производства традиционно применяемые технологии построения искусственных нейронных сетей (ИНС) [2, 4, 5, 9], преимущественно для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур, базируются на следующем подходе [1, 3, 6, 12]. Предварительно подбирают репрезентативные выборки временных рядов (ВР) многолетних уровней урожайности, выполняют их предпрогнозную обработку, обосновывают архитектуру и макропараметры проектируемой ИНС, а также алгоритмы ее обучения, адекватные проблеме. ИНС для решения задачи прогнозирования в автоматизированном режиме воспроизводит структуру и внутренние закономерности ВР исходных данных. При этом желательно, чтобы разработчик программы нейросетевого моделирования располагал априорными знаниями о структуре и специфике моделируемых ВР для обоснования архитектуры и макропараметров создаваемой ИНС. Ряд авторов отмечает, что уровень априорной информации для успешного применения таких методов существенно уже, чем при использовании классических методов эконометрики и математической статистики [15, 17].

Ввиду сложности и нестационарности структуры моделируемого ВР урожайности, необходим анализ различных конфигураций проектируемой ИНС, проведения которого целесообразно на основе специализированной программной оболочки, обеспечивающей вариацию архитектур в автоматизированном режиме [18, 19].

Материалы и методы. Объект исследования – временные ряды многолетних уровней урожайности группы зерновых культур, закономерности изменения которых моделируют с использованием ИНС. Исходными данными для нейросетевого моделирования и прогнозирования были представленные на рисунке 1 многолетние ряды урожайности, полученные из официальных сборников Федеральной службы государственной статистики по Волгоградскому региону. С целью обоснования выбора специализированной нейросетевой программной оболочки авторами были выявлены коммерческие программы (статистический пакет STATISTICA с нейросетевым модулем SNNv. 4.0, среда компьютерного моделирования MatLab, платформа DEDUCTOR. Кроме того, анализировались облачные сервисы, в частности Google Colaboratory на языке высокого уровня Python 3, обладающие обширным набором встроенных библиотек машинного обучения (ML) и другие. По сочетанию таких функциональных возможностей, как удобство интеграции с другими программными пакетами, мобильности, масштабируемости и доступности исследователем, для дальнейших численных экспериментов был выбран пакет Statistica, сопрягаемый с нейросетевым модулем SNNv. 4.0.

Задача прогнозирования уровней ВР различной природы является частным случаем более общей классической задачи построения регрессии. Отметим, что в модуле ST Neural Networks предусмотрена возможность прогноза ВР и номинальных переменных, в том числе нечетких лингвистических. Применение пакета ST Neural Networks обеспечивает построения прогноза во времени будущих значений уровней ВР урожайности, зависящих от предыдущих.

Пакет ST Neural Networks (SNN) позволяет выполнять прогноз уровней ВР с различными периодами построения прогнозов. Предусмотрена возможность построения т.н. «проекции» ВР. После получения предсказываемого текущего прогнозного

значения уровня ВР оно может вводиться в ИНС совместно с предыдущими, после чего с его использованием формируется новый прогноз. Таким образом реализуется проекция ВР, которую можно осуществлять при прогнозировании на один шаг.

Понятно, что точность проекции ВР понижается с увеличением периода прогноза. В случае когда необходима большая протяженность прогноза, (например, при средне- и долгосрочном прогнозе), формирование обучающей, проверочной и тестовой выборок для процедуры обучения сети необходимо проводить именно на такую глубину.

Результаты и обсуждение. Предпрогнозный анализ и формирование обучающей, проверочной и тестовой выборок.

Аппроксимация ВР урожайности зерновых для Волгоградской области за 69 лет, включая 2018 г. (рисунок 1) посредством полинома 3-й степени представлена зависимостью (1).

$$Y = 0,0002 t^3 - 0,0216 t^2 + 0,767 t + 3,0966, \quad (1)$$

где Y – урожайность, ц/га; t – номер года исследований.

Аппроксимация показала неудовлетворительную сходимость по критерию $R^2 = 0,46$. Вследствие этого обосновано применение нейросетевого подхода для прогнозирования ВР урожайности в условиях рискованного земледелия, в частности Нижнего Поволжья (рисунок 1).

Для учета и использования при конфигурировании проектируемой ИНС был реализован автокорреляционный анализ рассматриваемого ВР урожайности, проведенный в среде Excel, который выявил заметные пики для 1-2-3-4-летних лагов исходного ВР (сдвигов по времени R1-R4) (рисунок 2). Остальные временные лаги характеризуются монотонно убывающими значительно меньшими значениями АКФ.

Для задания архитектуры и конфигурации ИНС в программном модуле SNN используются два параметра окна - «create Network» Число шагов (Steps) и Горизонт предвидения (Lookahead). Первый задает количество подаваемых ИНС предшествующих уровней ВР. Значение Горизонт предвидения задает количество шагов, на которое формируют прогноз поведения ВР. В рассматриваемой модели ВР входной и выходной являются уровни одной и той же переменной урожайности.

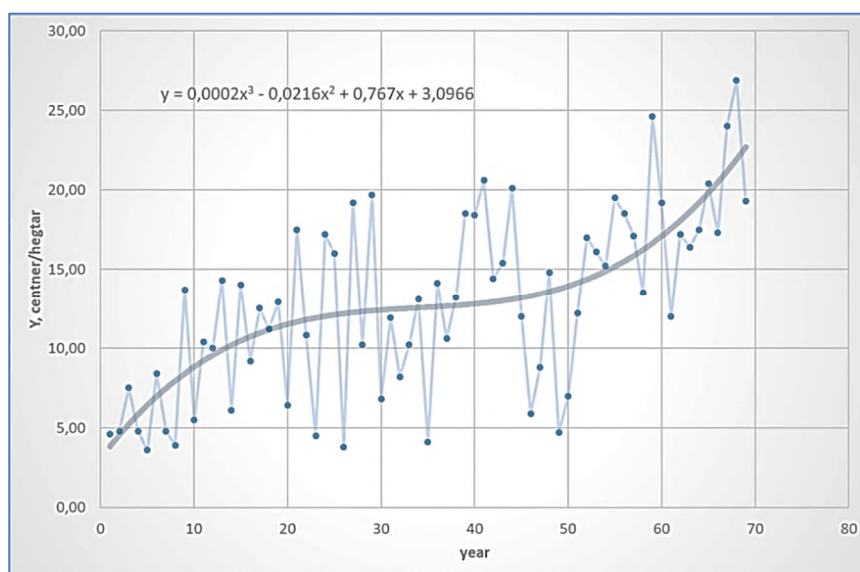


Рисунок 1 – Диаграмма ВР урожайности зерновых культур, Волгоградская область

Figure 1 – TS diagram of grain yield, Volgograd region

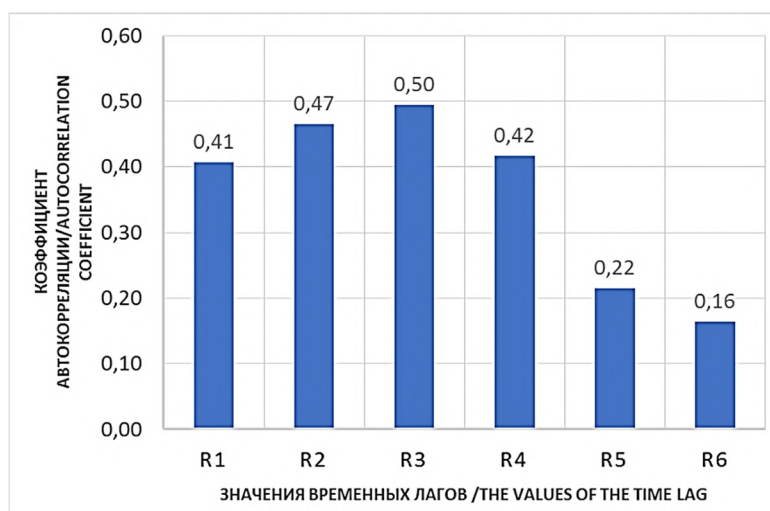


Рисунок 2 – Коррелограмма ВР урожайности зерновых культур

Figure 2 – Correlogram of TS of grain yield

Для задачи прогнозирования ВР используют предобработку (пре-процессирование) подаваемых на вход ИНС данных [11], используя не каждый из уровней, а их агрегированные значения. Процедура обучения ИНС методом обратного распространения реализуется обычным образом.

При нейросетевом моделировании уровней ВР возникает проблема трактовки обучающей, проверочной и тестовой выборок, а также данных, не учитываемых в процессе обучения ИНС.

Отметим, что часть начальных уровней ВР могут быть использованы исключительно в качестве входных. Выбор номеров уровней ряда определяется выходными значениями. Поэтому несколько первых наблюдений нельзя выбирать произвольно, так как для этого необходимы предшествующие наблюдения, поэтому они автоматически помечаются программой SNN как «не учитываемые».

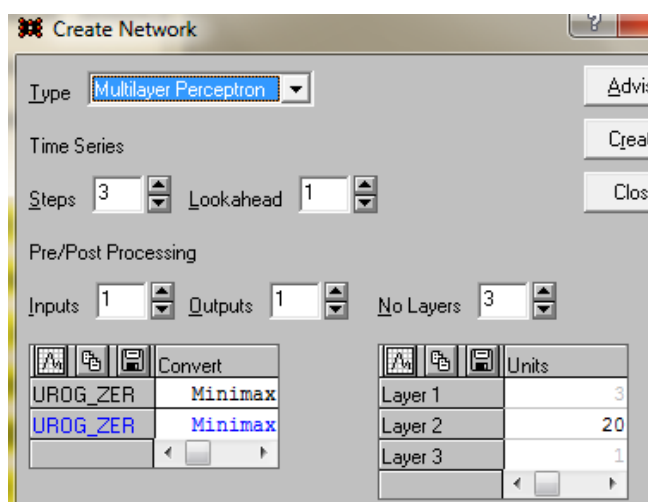


Рисунок 3 – Окно формирования ИНС для прогнозирования ВР урожайности

Figure 3 – Window for generating ANN for predicting BP yields

После разделения входных переменных на перечисленные категории построение ИНС предусматривало следующие рекомендуемые этапы:

- Выбор начальной конфигурации ИНС. По умолчанию, встроенный *Советник* (*Network Advisor*) рекомендует конфигурацию с одним скрытым слоем, количество элементов которого равно полусумме числа нейронов на входном и выходном слоях.

- Реализовать ряд экспериментов в автоматизированном режиме с набором конфигураций ИНС, фиксируя наилучшую из них по принятому критерию точности. Отметим, что для каждого прогона следует выполнить несколько запусков, чтобы избежать случайного попадания в локальные минимумы рассчитываемой сетью целевой функции ошибок.

Обоснование архитектуры проектируемой нейросети. Основные рекомендации по выбору общей архитектуры ИНС, которыми авторы руководствовались при построении нейросетевых моделей, сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики архитектур ИНС

Table 1 – Main characteristics of ANN architectures

Название / Name	Тип ИНС / type of ANN	Принцип работы / Principle of operation	Решаемые задачи / Tasks to be Solved
1	2	3	4
Многослойный перцептрон / Multilayer perceptron	MLP	Каждый из нейронов ИНС рассчитывает взвешенную сумму своих входов с добавлением порогового значения, которую преобразует посредством функции активации. Слои организованы в полносвязную топологию / Each of the ANN neurons calculates a weighted sum of its inputs with the addition of a threshold value, which it converts using the activation function. Layers are organized in a fully connected topology	Моделирует произвольные функции, сложность которых задается количеством слоев и нейронов в них. / Simulates arbitrary functions whose complexity is determined by the number of layers and neurons in them.
Радиальная базисная функция / Radial basic function	RBF	ИНС включает скрытый слой из радиальных нейронов, каждый из которых воспроизводит гауссову поверхность. Для произвольной функции необходимо достаточное количество радиальных элементов / The ANN includes a hidden layer of radial neurons, each of which reproduces a Gaussian surface. An arbitrary function requires a sufficient number of radial elements.	Обучается значительно быстрее по сравнению с MLP. Очень чувствительны к проблеме «проклятия размерности», при значительном числе входов / It learns much faster than MLP. Very sensitive to the «dimension curse» problem, with a significant number of inputs
Вероятностная нейросеть / Probabilistic neural network	PNN	Сеть включает входной, радиальный и выходной слои. Радиальные элементы используются на каждое из обучающих наблюдений и формируют гауссову функцию с центром в нем. Каждому определяемому классу соответствует один выходной элемент. Значения выходных сигналов пропорциональны вероятности принадлежности соответствующим классам / The network includes input, radial, and output layers. Radial elements are used for each of the training observations and form a Gaussian function with the center in it. Each defined class has one output element. The values of the output signals are proportional to the probability of belonging to the corresponding classes.	Применяется в нейро-генетических алгоритмах подбора значимых входных переменных. Выходные значения несут интерпретируемый вероятностный смысл. PNN обучается быстро / It is used in neuro-genetic algorithms for selecting significant input variables. The output values have an interpreted probabilistic meaning. PNN learns quickly.

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Обобщенно-регрессионная нейросеть / Generalized regression neuron network	GRN N	Первый из скрытых слоев включает радиальные нейроны. Второй скрытый слой включает нейроны, позволяющие оценить взвешенное среднее. Число нейронов во втором скрытом слое на единицу больше, чем в выходном / The first of the hidden layers includes radial neurons. The second hidden layer includes neurons that allow you to estimate the weighted average. The number of neurons in the second hidden layer is one more than in the output layer	Сеть предназначена для решения задач регрессии, ов которых обычно оценивают единственное значение. Второй скрытый слой содержит 2 элемента / The network is intended for solving regression problems, the s of which usually evaluate a single value. The second hidden layer contains 2 elements
Линейная сеть / A linear network		Не содержит скрытых слоев, в выходном слое только элементы с линейной активацией. Сеть умножает вектор входов на матрицу весовых коэффициентов и суммирует с вектором смещений / Does not contain hidden layers, only elements with linear activation in the output layer. The network multiplies the input vector by the weight coefficient matrix, and sums it with the offset vector	Удобная база для сравнения качества других ИНС. Когда в задаче не много данных, то нет смысла усложнять архитектуру / A convenient base for comparing the quality of other ins. When there is not a lot of data in the task, it makes no sense to complicate the architecture
Сеть Кохонена / kohonen network		Содержит только 2 слоя из радиальных элементов: входной и выходной, являющийся двумерной топологической картой. Обучение выполняется итерационно, «без учителя», начиная со случайно выбранного начального расположения центров / Contains only 2 layers of radial elements: input and output, which is a two-dimensional topological map. Training is performed iteratively, «without a teacher», starting with a randomly selected initial location of centers	Применение для предварительного анализа данных. Сеть может выявлять кластеры. Возможно улучшение понимания структуры данных для последующего уточнения ИНС / Application for preliminary data analysis. The network can identify clusters. It is possible to improve the understanding of the data structure for further clarification of the ANN

Если выявляется эффект переобучения ИНС, то следует уменьшить число нейронов в скрытых слоях или удалить один из скрытых слоев ИНС.

Практика численных экспериментов показывает, что поиск оптимальных конфигураций ИНС достаточно трудоемкий, поэтому в модуле SNN предусмотрен режим автоматического поиска – AND (Automatic Network Designer). Алгоритм AND позволяет проводить численные эксперименты с различным количеством нейронов в скрытых слоях. В алгоритме AND используются различные методы, например, «искусственного отжига» (simulated annealing).

Для формирования файла входных данных из модуля *Нейронные сети* необходимо выполнить:

1. В окне *Создать набор данных (Create Data Set)*, используя пункт *Набор данных (Data Set)* из меню *Файл — Новый*.
2. Ввести значения для числа *входных* – (*Inputs*) и *выходных* (*Outputs*) переменных в наборе данных.
3. Кнопкой *Создать (Create)* запустить процесс выполнения.

Отметим, что имена входных переменных выводятся черным цветом, выходных – голубым, а входы от выходов отделяются темными вертикальными линиями.

В компьютерной среде Statistica для формирования многослойного персептрона применяли следующий алгоритм:

1. Запуск модуля *Нейронные сети*.
2. Открытие файла входных данных, например «Урожайность зерновых культур», пункт (*File-Open*).
3. После открытия файла данных переходят к созданию ИНС, для чего выбирают команды: *Новая Сеть (New—Network)* из меню *File*.
4. Создают *структуру* сети. Для этого в диалоговом окне выбирают параметры:
 - В поле *Тип (Type)* — устанавливают тип ИНС, например, *Многослойный персептрон (MLP)*.
 - Задают параметр *Число шагов (Steps)* с учетом результатов проведенного предварительно авторегрессионного анализа, например согласно лагу 4 ВР.
 - Параметр *Горизонт предвидения (Lookahead)* устанавливаем равным 1 для получения краткосрочного прогноза.

Уровни ВР урожайности являются значениями одной переменной. Чтобы определить ее как входную/выходную, необходимо на заголовке таблицы ее выделить, а в появившемся меню выбрать *Input/Output*. В окне *Число слоев (№ Layers)* выбирают число скрытых слоев ИНС. В SNN предусмотрены режимы – *Советовать (Advise)* и *Создать (Create)*. Следовательно, модуль SNN позволяет формировать требуемую архитектуру ИНС. Анализ построенной ИНС обеспечивается следующими встроенными средствами SNN:

1. Элемент управления *Создать (Create)* выводит в рабочее окно SNN графическое изображение структуры созданной сети. Отметим, что встроенный *Интеллектуальный Советник (Intelligent Problem Solver)* позволяет реализовать алгоритм создания и конфигурирования ИНС в автоматизированном режиме, включая рекомендованный выше выбор временного окна (рисунок 4).
2. В режиме *Редактора сети (Network Set Editor)* возможно просматривать или редактировать ИНС, выбирать вид функции активации нейронов каждого слоя, а также пороговые значения активации нейронов.

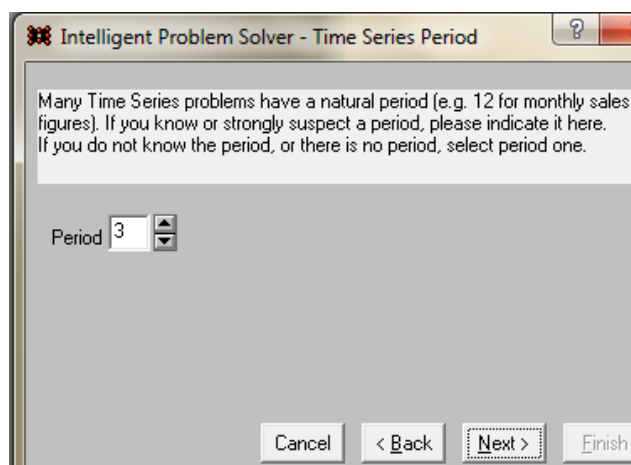


Рисунок 4 – Ввод размера временного окна для создаваемой ИНС в «Intelligent Problem Solver»

Figure 4 – Entering the size of the time window for the created ANN in «Intelligent Problem Solver»

При использовании построенной ИНС с применением сформированных в Statistica файлов входных данных проводились численные эксперименты с различными архитектурами и конфигурациями.

Основной целью экспериментов было выявление закономерностей влияния значения параметра «Размер временного окна» на оптимальную конфигурацию и показатели качества ИНС.

Результаты проведенных численных экспериментов, представленные в табличной форме, могут быть использованы для конфигурирования ИНС, ориентированных на другие группы сельскохозяйственных культур (таблица 2). Наиболее удачные конфигурации сетей по критерию R^2 (5-8-1; 1-9-1 и 2-8-1) в таблице 2 залиты цветом.

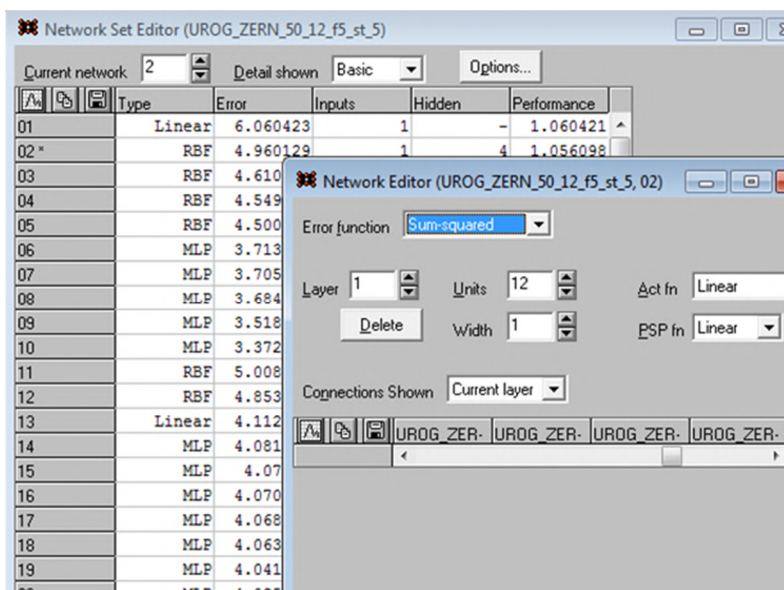


Рисунок 5 – Ввод опций в окне Редактора нейронной сети

Figure 5 – Entering options in the neural network Editor window

Таким образом, реализована возможность построения архитектуры многослойного персептрона – с оптимальным количеством слоев и составляющих их нейронов.

Таблица 2 – Сравнение архитектуры и характеристик MLP

Table 2 – Comparison of MLP architecture and characteristics

№ архитектуры / architecture	Число нейронов во входном слое / Number of neurons in the input layer	Число нейронов в скрытом слое / Number of neurons in the hidden layer	S.D. Ratio	R^2
1	1	9	0,96	0,31
2	2	8	0,92	0,39
3	3	8	0,72	0,70
4	4	7	0,39	0,92
5	5	8	1,02	0,20
6	6	9	0,93	0,37
7	7	8	0,54	0,84
8	8	8	0,93	0,38
9	9	10	0,94	0,34
10	10	4	0,24	0,96
11	11	11	0,74	0,69
12	12	8	0,56	0,83
13	13	13	0,51	0,86
14	14	15	0,70	0,74
15	15	15	0,93	0,36

Отметим, что если «мастер построения сети» рекомендует число нейронов в скрытом слое, равном половине сумм нейронов на входах и выходах, то в результате автоматизированных прогонов сети их число для оптимальных вариантов, представленных в таблице 3, меняется.

В качестве перспективного направления совершенствования нейросетевого подхода можно рассматривать нечеткие методы прогнозирования ВР [7, 8, 10].

Выводы. Методами статистического анализа установлено, что в условиях рискованного земледелия статистические распределения уровней ВР урожайностей существенно отличаются от нормального, что сдерживает использование основанных на МНК-оценках линейных методов, для построения прогнозных моделей ВР урожайности агрокультур. Установлено, что в случае когда встроенное средство модуля SNN построения ИНС априори предлагает пользователю принять количество нейронов в скрытом слое в размере полусуммы числа нейронов на входах и выходах ИНС, в результате автоматизированных прогонов сети их количество для оптимальных вариантов меняется. Это требует проведения численных экспериментов и исследований, что возможно реализовать в автоматизированном режиме функционирования SNN. Разработана методика построения в автоматизированном режиме SNN системы Statistica и обучения ИНС-моделей для прогнозирования урожайности зерновых культур. Методика включает выявление на этапе предпрогнозного анализа цикличности моделируемых ВР и учет этих показателей при формировании макропараметров ИНС, что обеспечивает повышение качества нейросетевых моделей по критерию MSE.

Библиографический список

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. М.: ДМК Пресс, 2018. 652 с.
2. Заводчиков Н. Д., Спешилова Н. В., Таспаев С. С. Использование нейросетевых технологий в прогнозировании эффективности производства зерна // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (51). С. 216-219.
3. Каширина И. Л., Демченко М. В. Исследование и сравнительный анализ методов оптимизации, используемых при обучении нейронных сетей // Вестник ВГУ, Сер.: Системный анализ и информационные технологии. 2018. № 4. С. 123-132.
4. Михайленко И. М. Развитие методов и средств применения данных дистанционного зондирования земли в сельском хозяйстве // Тенденции развития науки и образования. 2018. № 41-3. С. 70-83.
5. Михайленко И. М. Управление агротехнологиями и роботизированные средства реализации // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 1 (30). С. 242-258.
6. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. СПб.: Питер, 2018. 480 с.
7. Averkin A. N., Pilato G., Yarushev S. A. An approach for prediction of user emotions based on ANFIS in social networks // Fuzzy Technologies in the Industry - FTI 2018 Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. 2018. P. 126-130.
8. Crops reclamation management based on hybrid neuro-fuzzy systems. IOP Conference Series / K.E. Tokarev et al. // Earth and Environmental Science. 2020. N.421(4), art. no. 042015.
9. Estimation of condition of cultivated pastures under remote sensing of earth / V. I. Trukhachev et al. // Engineering for Rural Development Proceedings. 2019. P. 442-449.
10. Gunasekaran M., Ramaswami K.S. A Fusion Model Integrating ANFIS and Artificial Immune Algorithm for Forecasting Indian Stock Market // Journal of Applied Sciences. 2011. N.11(16). P. 3028-3033. DOI: 10.3923/jas.2011.3028.3033.
11. Jordan J. Intro to optimization in deep learning: Gradient Descent // Paperspace. Series: Optimization. 2018. URL: <https://blog.paperspace.com/intro-to-optimization-in-deep-learning-gradient-descent>.

12. Kawaguchi K. Deep Learning without Poor Local Minima // Advances in Neural Information Processing Systems. 2016. URL: <http://arxiv.org/abs/1605.07110>.
13. Rogachev A. F., Miziakina O. B., Myagkova T. L. Food Security of Region as Component of Economic Security // *Revista ESPACIOS*. 2018. Vol. 39 (# 03) P. 23.
14. Rogachev A. F., Shokhnekh A. V., Melikhova E. V. Monitoring and Economic & Mathematical Modeling of Manufacture and Consumption of Agricultural Products as a Tool of Food Security Management // *Revista ESPACIOS*. 2018. Vol. 39 (№ 01) P. 1
15. Rogachev A.F. Fuzzy Set Modeling of Regional Food Security. Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy. ISC 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. Vol. 726. Springer, Cham.
16. Rogachev A.F., Melikhova E.V., Shokhnekh A.V. Monitoring and economic & mathematical modeling of manufacture and consumption of agricultural products as a tool of food security management // *Espacios*. 2018. V. 39. № 1. P. 255.
17. Rudner S. An overview of gradient descent optimization algorithms // Cornell University Library. 2016. URL: <https://arxiv.org/abs/1609.04747>.
18. Rudner S. Optimization for Deep Learning Highlights in 2017 // Optimization for Deep Learning Highlights in 2017. 2017. URL: <http://rudner.io/deep-learning-optimization-2017>.
19. Schraudolph N. N., Yu J., Gunter S. A Stochastic Quasi-Newton Method for Online Convex Optimization // Statistical Machine Learning. 2017. URL: <http://proceedings.mlr.press/v2/schraudolph07a/schraudolph07a.pdf>
20. Understanding deep learning requires rethinking generalization / C. Zhang, S. Bengio, S. Bengio, M. Hardt, B. Recht, O. Vinyals // Cornell University Library. 2016. URL: <https://arxiv.org/abs/1611.03530>.
21. Wilson, R. Roelofs, M. Stern, N. Srebro, B. Recht // Cornell University Library. 2017. URL: <https://arxiv.org/abs/1705.08292>.

Conclusions. Statistical analysis methods revealed that in conditions of risky agriculture, the statistical distributions of the BP yield levels differ significantly from the normal one, which hinders the use of linear methods based on MNC estimates to build predictive models of the BP yield of agricultural crops. It is established that when the built-in tool of the SNN module for building ins a priori offers the user to accept the number of neurons in the hidden layer in the amount of half the sum of the number of neurons at the ins inputs and outputs, then as a result of automated network runs, their number changes for optimal options. This requires numerical experiments and research, which can be implemented in the automated mode of SNN operation. A method for constructing a STATISTICA system in the automated SNN mode and training ins models for predicting the yield of grain crops has been developed. The method includes identifying the cyclical nature of the simulated BP at the stage of pre-forecast analysis, and taking these indicators into account in the formation of ins macroparameters, which improves the quality of neural network models according to the MSE criterion.

References

1. Gudfellou Ya., Bendzhio I., Kurvill' A. Glubokoe obuchenie. M.: DMK Press, 2018. 652 p.
2. Zavodchikov N. D., Speshilova N. V., Taspaev S. S. Ispol'zovanie nejrosetevykh tekhnologij v prognozirovanii [effektivnosti proizvodstva zerna // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. № 1 (51). P. 216-219.
3. Kashirina I. L., Demchenko M. V. Issledovanie i sravnitel'nyj analiz metodov optimizacii, ispol'zuemykh pri obuchenii nejronnykh setej // *Vestnik VGU, Ser.: Sistemnyj analiz i informacionnye tekhnologii*. 2018. № 4. P. 123-132.
4. Mihajlenko I. M. Razvitie metodov i sredstv primeneniya dannykh distancionnogo zondirovaniya zemli v sel'skom hozyajstve // *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2018. № 41-3. P. 70-83.

5. Mihajlenko I. M. Upravlenie agrotekhnologiyami i robotizirovannye sredstva realizacii // Innovacii v sel'skom hozyajstve. 2019. № 1 (30). P. 242-258.

6. Nikolenko C., Kadurin A., Arhangel'skaya E. Glubokoe obuchenie. SPb.: Piter, 2018. 480 p.

Authors Information

Alexey Fruminovich Rogachev, head of the Department of mathematical modeling and Informatics, Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002), doctor of technical Sciences, Professor, e-mail: rafr@mail.ru

Elena Valentinovna Melikhova, associate Professor, Department of mathematical modeling and Informatics, Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002), candidate of technical Sciences, associate Professor, e-mail: Mel-v07@mail.ru

Информация об авторах

Рогачев Алексей Фруминович, заведующий кафедрой математического моделирования и информатики ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор технических наук, профессор, e-mail: rafr@mail.ru

Мелихова Елена Валентиновна, доцент кафедры математического моделирования и информатики ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, e-mail: Mel-v07@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-30

INCREASING THE BRAKING EFFICIENCY OF WHEELED VEHICLE WITH ANTI-LOCK SYSTEMS

V. M. Zotov¹, V. N. Khavronina¹, E. V. Shishkina¹, V. V. Bumagin²

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Volgograd State University, Volgograd*

Received 09.01.2020

Submitted 06.03.2020

Summary

This article presents the results of a theoretical and numerical study to improve the active safety of wheeled vehicles due to the efficiency of anti-lock braking systems (ABS). The effectiveness of the ABS is achieved by changing the response algorithm of the logical control unit of the ABS modulators according to the measured in real time angular velocity and pressure in the brake cylinder on the wheel. As a result, the braking distance is minimized during emergency braking of wheeled vehicles while maintaining controllability and directional stability.

Abstract

Introduction. To ensure the active safety of wheeled vehicles, anti-lock braking systems (ABS) are used. The ABS super-task is to minimize the braking distance in the absence of wheel lock while maintaining directional stability and handling. To do this, it is necessary to provide a ratio of the angular ω and longitudinal V speeds for each wheel at which the longitudinal slippage coefficient $S(\omega; V)$ of the wheel in the spot of contact with the road belongs to the gap

$$S = (S^* \pm \Delta S) < S_m, \quad (1)$$

where S_m is the value at which the coefficient of longitudinal adhesion $\varphi(S)$ of the wheel with the road is equal to its maximum value: $\varphi_m = \varphi(S_m)$.

Parameter S^* is set in such a way that, over a larger portion of the braking distance, the longitudinal adhesion coefficient φ would be close in magnitude to its maximum value:

$$\varphi(S^*) \approx \varphi_m = \varphi(S_m) \text{ при } S^* < S_m.$$

In this case, the negative longitudinal acceleration of the wheel axis relative to the road is on average close to its maximum. Thus, for the anti-lock system to fulfill the above-mentioned super-task, it is necessary to know at each moment of time the angular and longitudinal wheel speeds. The methods for determining the angular velocity of the wheel during braking are technically well developed and

brought to an industrial design. But the measuring systems for the longitudinal speed of the wheel axis are much worse developed and have a number of significant drawbacks, the main of which are the complexity and high cost of these systems, as well as a large error in determining the longitudinal speed for most types of road surfaces. As a result of this, modern ABS only ensure that the wheel is not locked, but does not solve the problem of minimizing stopping distance during emergency braking.

Object. The object of research is the existing models of emergency wheel braking, specifics of the ABS, methods for determining the angular velocity and pressure in the brake cylinder on the wheel in real time. **Materials and methods.** The mathematical model of the emergency wheel braking process proposed by the authors and the methodology for solving it make it possible to express the longitudinal slip coefficient through technically provided and well-measured parameters: the angular velocity of the wheel ω and the pressure p in the brake cylinder on the wheel.

The mathematical model of the emergency wheel braking process is:

$$\begin{cases} I \cdot \dot{\omega} = -M_{tor}(t) + F \cdot R_k; \\ m \cdot \dot{V} = -F; \end{cases} \quad (2)$$

where $M_{tor}(t)$ is the braking torque on the wheel at time t ; F – the force of adhesion of the wheel to the road; $m = \frac{P_z}{g}$; P_z – the normal load on the wheel axle; g – gravity acceleration; R_k – rolling radius of the wheel in the absence of slippage.

Since the braking torque $M_{tor}(t)$ on the wheel is proportional to the pressure p_{tor} in the brake cylinder of the wheel, then

$$\int_0^{t_n} M_{tor}(t) dt = k \cdot \int_0^{t_n} p_{tor}(t) dt \approx k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i, \quad (3)$$

where the proportionality coefficient k is determined by the design features of the brake mechanism; p_i is the pressure in the brake cylinder of the wheel at time t_i ; Δt is the time interval between pressure measurements (integration step).

Integrating (2) taking into account (3), we express the longitudinal speed V of the wheel through well-measured parameters:

$$V = \frac{(I + m \cdot R_k^2) \cdot \omega_0 - k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i - I \cdot \omega}{m \cdot R_k}. \quad (4)$$

Results and conclusion. Using formula (4) and inequality (1), the region of the phase space $(\omega; V)$ was determined, inside which we have optimal wheel braking: minimizing the braking distance in the absence of wheel lock:

$$\frac{(I + m \cdot R_k^2) \cdot \omega_0 - k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i}{I + \frac{m \cdot R_k^2}{1 - S_m}} < \omega_n < \frac{(I + m \cdot R_k^2) \cdot \omega_0 - k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i}{I + \frac{m \cdot R_k^2}{1 - S^*}}. \quad (5)$$

Inequality (5) that limit this area can be used to form control commands in the ABS sensor logic control unit. The conducted computational experiments show the possibility of increasing the efficiency of the anti-lock systems by changing the algorithm for operating the ABS control unit logic control unit using existing wheel speed sensors and pressure sensors in the wheel brake cylinder. With appropriate software, such ABS will increase the active safety of wheeled vehicles by 15-20% by minimizing the braking distance while maintaining control over its handling and directional stability. In addition, tire wear is significantly reduced, since the total length of the tire slip path along the road surface is reduced.

Key words: *active safety, wheeled transport, emergency braking, anti-lock braking system, wheel lock, path minimization, angular speed, pressure, brake cylinder.*

Citation. Zotov V. M., Khavronina V. N., Shishkina E. V., Bumagin V. V. Increasing the braking efficiency of wheeled vehicle with anti-lock systems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 302-316 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-30.

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 629.3.077.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ КОЛЁСНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА, СНАБЖЁННОГО АНТИБЛОКИРОВОЧНЫМИ СИСТЕМАМИ

В. М. Зотов¹, кандидат технических наук, доцент

В. Н. Хавронина¹, кандидат технических наук, доцент

Е. В. Шишкина¹, доцент

В. В. Бумагин², старший преподаватель

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 09.01.2020

Дата принятия к печати 06.03.2020

Актуальность. Для обеспечения активной безопасности колёсного транспорта используются антиблокировочные системы (АБС). Сверхзадачей АБС является минимизация тормозного пути в отсутствие блокировки колёс при сохранении курсовой устойчивости и управляемости транспортом. Для этого необходимо обеспечить такое соотношение угловой ω и продольной V скоростей для каждого колеса, при котором коэффициент продольного проскальзывания $S(\omega; V)$ колеса в пятне контакта с дорогой принадлежит промежутку:

$$S = (S^* \pm \Delta S) < S_m, \quad (1)$$

где S_m – значение, при котором коэффициент продольного сцепления $\varphi(S)$ колеса с дорогой равен своему максимальному значению: $\varphi_m = \varphi(S_m)$.

Параметр S^* задаётся таким образом, чтобы на большем участке тормозного пути коэффициент продольного сцепления φ был близок по величине к своему максимальному значению:

$$\varphi(S^*) \approx \varphi_m = \varphi(S_m) \text{ при } S^* < S_m.$$

В этом случае отрицательное продольное ускорение оси колеса относительно дороги в среднем близко к своему максимуму. Для выполнения антиблокировочной системой вышеуказанной сверхзадачи необходимо знать на каждый момент времени угловую и продольную скорости колеса. Методики определения угловой скорости колеса в процессе торможения технически хорошо проработаны и доведены до промышленного исполнения. Но измерительные системы продольной скорости оси колеса разработаны значительно хуже и имеют ряд существенных недостатков, главными из которых являются сложность и дороговизна этих систем, а также большая погрешность в определении продольной скорости для большинства типов поверхности дорог. Вследствие этого современные АБС обеспечивают лишь недопущение блокировки колеса, но не решают задачи минимизации тормозного пути при экстренном торможении. **Объект.** Объектом исследований являются существующие модели экстренного торможения колеса, особенности работы АБС, методы определения угловой скорости и давления в тормозном цилиндре на колесе в режиме реального времени. **Материалы и методы.** Предложенная авторами математическая модель процесса экстренного торможения колеса и методология её решения дают возможность выразить коэффициент продольного проскальзывания через технически обеспеченные и хорошо измеряемые параметры: угловую скорость колеса ω и давление p в тормозном цилиндре на колесе. Математическая модель процесса экстренного торможения колеса имеет вид:

$$\begin{cases} I \cdot \dot{\omega} = -M_{TOP}(t) + F_{сц} \cdot R_k; \\ m \cdot \dot{V} = -F_{сц}; \end{cases} \quad (2)$$

где $M_{TOP}(t)$ – тормозной момент на колесе на момент времени t ; $F_{сц}$ – сила сцепления колеса с дорогой; $m = \frac{P_z}{g}$; P_z – нормальная нагрузка на ось колеса со стороны КТС; g – ускорение свободного падения; R_k – радиус качения колеса в отсутствии проскальзывания.

Так как тормозной момент $M_{TOP}(t)$ на колесе пропорционален давлению p_{TOP} в тормозном цилиндре колеса, то:

$$\int_0^{t_n} M_{TOP}(t) dt = k \cdot \int_0^{t_n} p_{TOP}(t) dt \approx k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i, \quad (3)$$

где коэффициент пропорциональности k определяется конструктивными особенностями тормозного механизма; p_i – давление в тормозном цилиндре колеса на момент времени t_i ; Δt – промежуток времени между измерениями давления (шаг интегрирования).

Интегрируя (2) с учётом (3), выразим продольную скорость V колеса через хорошо измеряемые параметры:

$$V = \frac{(I + m \cdot R_k^2) \cdot \omega_0 - k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i - I \cdot \omega}{m \cdot R_k}. \quad (4)$$

Результаты и выводы. С помощью формулы (4) и неравенства (1) была определена область фазового пространства $(\omega; V)$, внутри которой имеем оптимальное торможение колеса – минимизация тормозного пути в отсутствии блокировки колёс:

$$\frac{(I + m \cdot R_k^2) \cdot \omega_0 - k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i}{I + \frac{m \cdot R_k^2}{1 - S_m}} < \omega_n < \frac{(I + m \cdot R_k^2) \cdot \omega_0 - k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i}{I + \frac{m \cdot R_k^2}{1 - S^*}}; \quad (5)$$

Неравенство (5), ограничивающее эту область, можно использовать для формирования управляющих команд в логическом блоке управления датчиками АБС. Проведённые вычислительные эксперименты показывают возможность повысить эффективность работы антиблокировочных систем за счёт изменения алгоритма срабатывания логического блока управления модуляторами АБС, используя существующие датчики угловой скорости колеса и датчики давления в тормозном цилиндре колеса. При соответствующем программном обеспечении такие АБС повысят активную безопасность колёсного транспорта на 15-20 % за счёт минимизации тормозного пути при сохранении контроля над его управляемостью и курсовой устойчивостью. Кроме того, значительно уменьшается износ шин, так как уменьшается совокупная длина пути скольжения шин по поверхности дороги.

Ключевые слова: активная безопасность транспорта, колёсный транспорт, КТС, экстренное торможение, антиблокировочная система, АБС, блокировка колёс.

Цитирование. Зотов В. М., Хавронина В. Н., Шишкина Е. В., Бумагин В. В. Повышение эффективности торможения колёсного транспортного средства, снабжённого антиблокировочными системами. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 302-316. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-30.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Колёсные транспортные средства (КТС) широко используются в сельском хозяйстве. При этом перевозка грузов осуществляется при любых погодных условиях, в любое время года и время суток по различным типам поверхности дорог. В этой связи возникает проблема активной безопасности колёсного транспорта при его экстренном торможении. Решением этой проблемы является обеспечение колёсного транспорта, и в первую очередь автомобилей, антиблокировочными системами (АБС). Основным требованием, предъявляемым к современным АБС при экстренном торможении КТС, является недопущение блокировки колеса при его продольной скорости больше 1 м/с [3]. АБС состоит из трех основных элементов: электронного блока управления, гидравлического блока, установленного в тормозной магистрали, и датчиков скорости колес, установленных на колёсах КТС. С помощью датчиков скорости определяется угловая скорость вращения колеса. При торможении, как только датчик определяет, что колесо начинает блокироваться, электронный блок, обрабатывающий сигналы от всех датчиков, отдает управляющий импульс электромагнитным клапанам гидравлического блока. Если заторможенное колесо начало скользить, клапаны гидроблока понижают или временно прекращают подачу жидкости к рабочему тормозному цилиндру, снижая тем самым давление в рабочем тормозном цилиндре. Когда колесо вновь начинает вращаться, по достижении им некоторой угловой скорости электронный блок АБС снимает свою команду, клапаны открываются, и гидравлическое давление опять передается на тормозной механизм. Торможение и растормаживание колеса будут происходить периодически. За счёт таких действий сохраняется управляемость и курсовая устойчивость КТС при экстренном торможении или при плохой погоде, но не гарантируется уменьшение тормозного пути [4, 6]. Анализ дорожно-транспортных происшествий показал, что автомобили с АБС чаще становятся участниками аварий, чем автомобили с обычной тормозной системой. Так, на сухом покрытии отмечено увеличение ДТП на 42 %, а на влажном – даже на 65 % [4, 5, 11]. Специалисты считают, что наличие в автомобиле АБС создает у водителя иллюзию безопасности, в результате чего он не учитывает, что АБС не создает сцепления с дорогой — это прерогатива протектора и размеров пятна контакта покрышек колес. На сухом и влажном асфальтобетоне, на мягких грунтах, на поверхности типа «микст» тормозной путь оказывается больше, чем у автомобиля без АБС. В этой связи для улучшения активной безопасности колёсного транспорта встал вопрос о расширении возможностей АБС за счёт минимизации тормозного пути при сохранении контроля над его управляемостью и курсовой устойчивостью.

Материалы и методы. Требование минимизации тормозного пути выполняется, если при экстренном торможении продольная сила сцепления $F_{сц}$ колеса с дорогой в среднем близка к своему максимуму:

$$F_{сц} \approx \varphi_m \cdot P_z, \quad (1)$$

где P_z – нормальная нагрузка на ось колеса со стороны КТС; φ_m – максимальное значение коэффициента продольного сцепления колеса с дорогой.

Коэффициент продольного сцепления φ зависит от коэффициента продольного проскальзывания S колеса относительно дороги и описывается полуэмпирической функцией нелинейного вида с максимумом φ_m , при некотором значении коэффициента проскальзывания S_m (рисунок 1):

$$\varphi(S) = \frac{f_0 \cdot S}{a \cdot S^2 + b \cdot S + c}, \quad (2)$$

где a, b, c, f_0 – набор коэффициентов, определяющих сцепные свойства колеса с дорогой и характеризующих тип покрытия дороги; $S_m = \sqrt{\frac{c}{a}}$ [6].

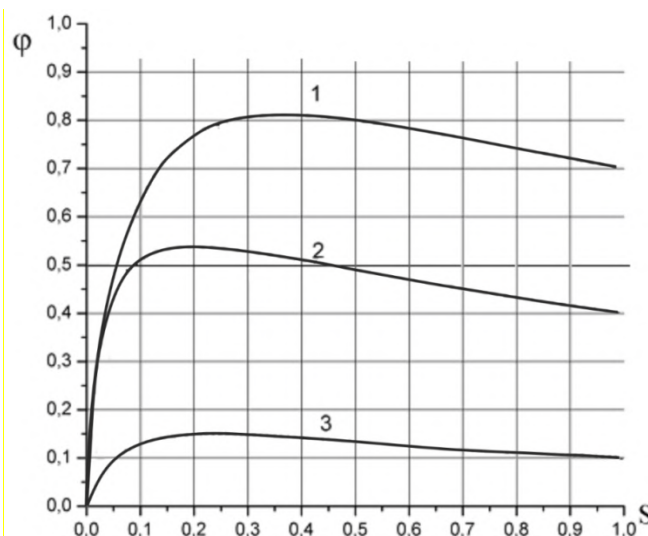


Рисунок 1 – $(\varphi - S)$ – Диаграмма для различных типов поверхности дороги (автомобильное колесо – дорога): 1) $f_0 = 0,7$ – сухой асфальтобетон; 2) $f_0 = 0,4$ – мокрый асфальтобетон; 3) $f_0 = 0,1$ – обледенелый асфальтобетон

Figure 1 – $(\varphi - S)$ – Diagram for various types of road surface (car wheel - road): 1) $f_0 = 0,7$ – dry asphalt concrete; 2) $f_0 = 0,4$ – wet asphalt concrete; 3) $f_0 = 0,1$ – icy asphalt

Таким образом, для описания скоростного режима движения колеса необходимо знать коэффициент продольного проскальзывания S , который, в свою очередь, определяется соотношением угловой ω и линейной V скоростями колеса:

$$S = 1 - \frac{\omega \cdot R_k}{V}, \quad (3)$$

где ω – угловая скорость колеса относительно его оси, V – продольная скорость оси колеса автомобиля относительно дороги; R_k – радиус качения колеса в отсутствии проскальзывания [1, 4].

Численные и экспериментальные исследования, проведенные различными авторами, показывают курсовую устойчивость КТС, если коэффициент продольного проскальзывания S не превышает значения S_m [1]. Поэтому первое требование к АБС – $\omega > 0$ при $V > 1$ м/с – также определяется значением коэффициента продольного проскальзывания S .

Пусть продольный коэффициент проскальзывания S колеса в пятне контакта с дорогой находится в районе некоторого значения S^* , не превышающего S_m :

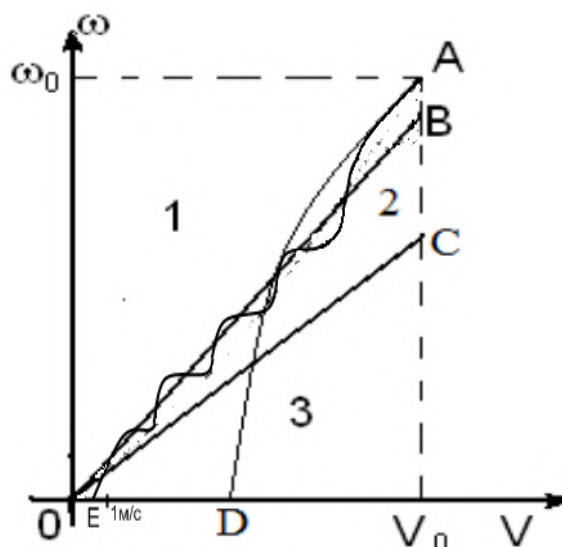
$$S = (S^* \pm \Delta S) < S_m. \quad (4)$$

Параметр S^* задается таким образом, чтобы на большем участке тормозного пути продольный коэффициент сцепления φ колеса с дорогой был бы близок по величине к своему максимальному значению $\varphi(S^*) \approx \varphi_m = \varphi(S_m)$ при условии выполнении неравенства (4). В этом случае отрицательное продольное ускорение оси колеса относительно дороги в среднем близко к своему максимуму.

Рассмотрим экстренное торможение КТС на примере торможения одного колеса в фазовом пространстве (ω, V) . Для этого преобразуем выражение (3) к виду:

$$\omega = \left(\frac{1 - S}{R_k} \right) \cdot V. \quad (5)$$

Тогда при $S < S^* < S_m$ процесс торможения можно представить следующими графиками (рисунок 2).



1 – область курсовой устойчивости при экстренном торможении; 2 – область оптимального торможения; 3 – область курсовой неустойчивости при экстренном торможении. Точка А – кинематическое состояние колеса на начало торможения; АЕ – траектория оптимального торможения колеса; АД – траектория торможения колеса при курсовой неустойчивости

1 – the area of directional stability during emergency braking; 2 – area of optimal braking; 3 – the area of exchange rate instability during emergency braking. Point A – the kinematic state of the wheel at the beginning of braking; AE – trajectory of optimal wheel braking; AD is the trajectory of braking of the wheel during directional instability

Точки $O(0;0)$, $E(0; V_E < 1 \text{ м/с})$, $D(0; V_D > 1 \text{ м/с})$ – кинематическое состояние колеса на момент его блокировки.

и, следовательно, $\left(\frac{1-S_m}{R_\kappa}\right) \cdot V < \omega < \left(\frac{1-S^*}{R_\kappa}\right) \cdot V$;

3. область неустойчивого движения автомобиля, при котором $S_m < S \leq 1$ и, следовательно, $0 \leq \omega < \left(\frac{1 - S_m}{R_k} \right) \cdot V$.

Таким образом, для удерживания автомобиля в той или иной области кинематического фазового пространства необходимо знать угловую и продольную скорости колеса на любой данный момент времени и уметь их корректировать.

Технология определения угловой скорости колеса разработана достаточно хорошо и широко используется в колёсном транспорте. Что касается технологии определения продольной скорости оси колеса, то она разработана значительно хуже и имеет ряд существенных недостатков. Главными из них являются техническая сложность и, следовательно, большая себестоимость исполнения датчиков линейной скорости, а также большая погрешность в определении такой скорости для большинства типов поверхности дорог. Поэтому АБС, с формированием командного сигнала в логическом блоке управления по параметрам ω и V , не получил широкого применения и используется только в авиационной технике [7]. В этой связи разработан ряд методик, в которых формирование командного сигнала в логическом блоке АБС основывается только на оценке состояния вращения колёс (например, соотношение угловых скорости ω и ускорения $\dot{\omega}$ колеса). Антиблокировочные системы, использующие такие методики, наиболее технически проработаны и доведены до промышленного исполнения, но обладают существенными недостатками, главными из которых являются большая погрешность в реализации неравенства (4), а также необходимость дополнительного времени на обработку косвенно измеряемых параметров [2, 9, 10]. Всё это значительно снижает эффективность работы АБС, сводя её функции лишь к недопущению блокировки колёс автомобиля при его экстренном торможении. В то же время, используя математическую модель процесса торможения колеса, предложенную в [6], можно точно определять точки нахождения затормаживаемого колеса в фазовом пространстве (ω, V) и соответственно регулировать моменты срабатывания АБС по хорошо измеряемым в процессе торможения параметрам без дополнительных временных и технических затрат. К таковым относятся угловая скорость ω вращения колеса относительно его оси и давление $p_{\text{тор}}$ в тормозном цилиндре колеса.

Результаты и обсуждение. Для определения точки нахождения затормаживаемого колеса в фазовом пространстве (ω, V) на каждый момент времени воспользуемся математической моделью процесса экстренного торможения колеса, описанной в [6]:

$$\begin{cases} I \cdot \dot{\omega} = -M_{\text{тор}}(t) + F_{\text{цп}} \cdot R_k; \\ m \cdot \dot{V} = -F_{\text{цп}}; \end{cases}, \quad (6)$$

где $M_{\text{тор}}(t)$ – тормозной момент на колесе на момент времени t ; $F_{\text{цп}}$ – сила сцепления колеса с дорогой; $m = \frac{P_z}{g}$; P_z – нормальная нагрузка на ось колеса со стороны КТС; g – ускорение свободного падения.

Исключив из системы уравнений параметр $F_{\text{цп}}$, получим:

$$I \cdot \dot{\omega} + M_{\text{тор}}(t) = -m \cdot \dot{V} \cdot R_k \quad (7)$$

Проинтегрируем (7) по времени и преобразуем полученное выражение, с учётом того, что на начало торможения выполняется равенство $V_0 = R_k \cdot \omega_0$:

$$I \cdot \omega + m \cdot V \cdot R_k = (I + m \cdot R_k^2) \cdot \omega_0 - \int_0^t M_{TOP}(t) dt. \quad (8)$$

Тормозной момент M_{TOP} на колесе пропорционален давлению p_{TOP} в тормозном цилиндре колеса, поэтому:

$$\int_0^{t_n} M_{TOP}(t) dt = k \cdot \int_0^{t_n} p_{TOP}(t) dt \approx k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i,$$

где коэффициент пропорциональности k определяется конструктивными особенностями тормозного механизма; p_i – давление в тормозном цилиндре колеса на момент времени t_i ; Δt – промежуток времени между измерениями давления (шаг интегрирования).

С учётом предложенной замены выразим из выражения (8) параметр V :

$$V = \frac{(I + m \cdot R_k^2) \cdot \omega_0 - k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i - I \cdot \omega}{m \cdot R_k}. \quad (9)$$

Подставим (9) в описанные выше условия, определяющие области торможения в фазовом пространстве (ω, V) :

1. область курсовой устойчивости при торможении колеса

$$\omega_n > \frac{(I + m \cdot R_k^2) \cdot \omega_0 - k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i}{I + \frac{m \cdot R_k^2}{1 - S^*}}; \quad (10)$$

2. область оптимального торможения колеса

$$\frac{(I + m \cdot R_k^2) \cdot \omega_0 - k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i}{I + \frac{m \cdot R_k^2}{1 - S_m}} < \omega_n < \frac{(I + m \cdot R_k^2) \cdot \omega_0 - k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i}{I + \frac{m \cdot R_k^2}{1 - S^*}}; \quad (11)$$

3. область курсовой неустойчивости при торможении колеса

$$0 < \omega_n < \frac{(I + m \cdot R_k^2) \cdot \omega_0 - k \cdot \Delta t \cdot \sum_{i=1}^n p_i}{I + \frac{m \cdot R_k^2}{1 - S_m}}. \quad (12)$$

Сочетание хорошо измеряемых и технически обеспеченных параметров ω и p_i дает возможность определять положение колеса в фазовом пространстве $(\omega; V)$. Формулы (10) и (11) можно использовать для формирования управляющих команд в логическом блоке управления датчиками АБС. Алгоритм формирования управляющей команды представлен на рисунке 3.

Компьютерное моделирование экстренного торможения автомобильного колеса на однородном дорожном покрытии «сухой асфальтобетон» в отсутствии АБС и при его наличии представлены на рисунках 4, 5, 6. Графики кинематических характеристик $\omega(t)$, $V(t)$ и динамических характеристик $M_{\text{тор}}(t)$, $\varphi(t)$, $S(t)$ получены методом Эйлера–Коши с контролем точности: начальный шаг интегрирования $\Delta t = 1 \cdot 10^{-3}$ с; локальная точность вычисляемых величин $\varepsilon = 1 \cdot 10^{-3}$.

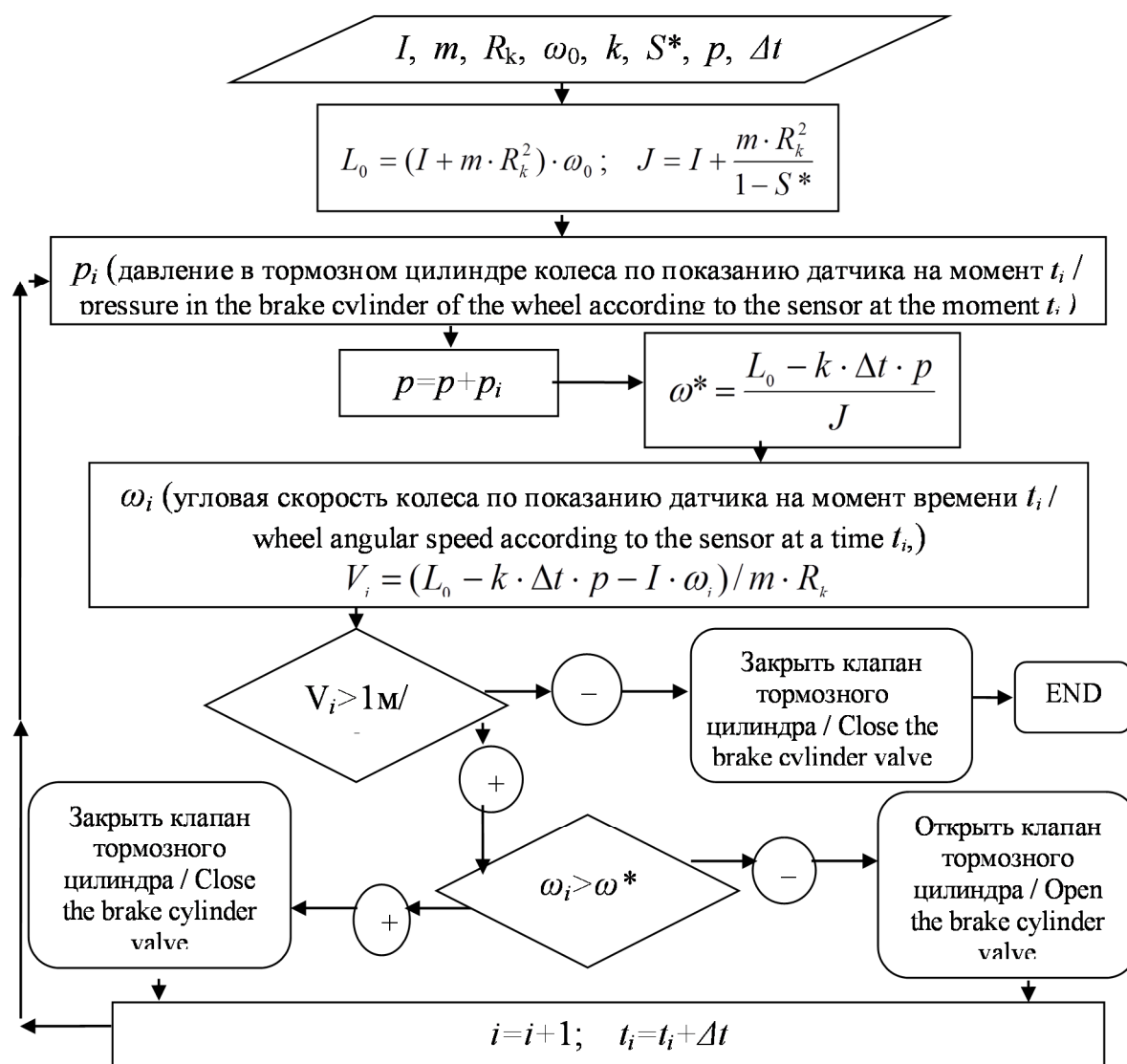


Рисунок 3 – Алгоритм срабатывания логического блока управления модуляторами АБС по угловой скорости колеса и накопленному давлению в тормозном цилиндре

Figure 3 – The response algorithm of the control unit for ABS modulators by the angular velocity of the wheel and the accumulated pressure in the brake cylinder

На рисунке 4 представлены результаты вычислительного эксперимента по модели, представленной системой уравнений (6), при торможении автомобильного колеса без регулятора тормозных сил (в отсутствие АБС).

На рисунке 5 представлены результаты вычислительного эксперимента при торможении автомобильного колеса с регулированием АБС по угловой скорости.

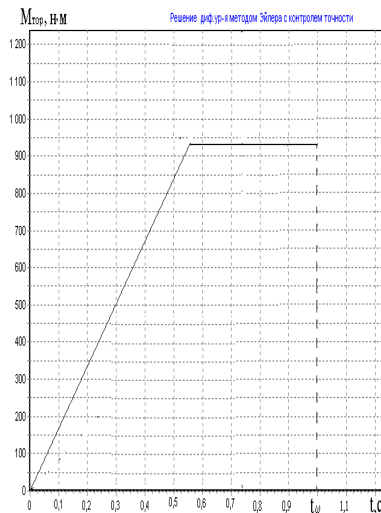
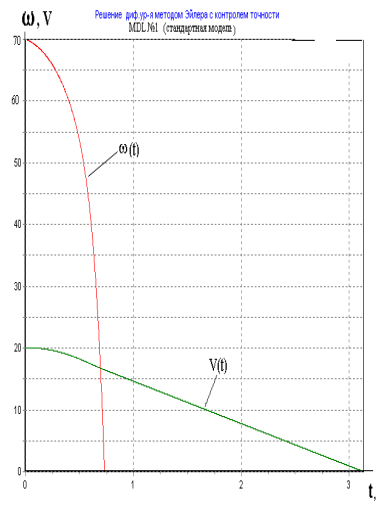
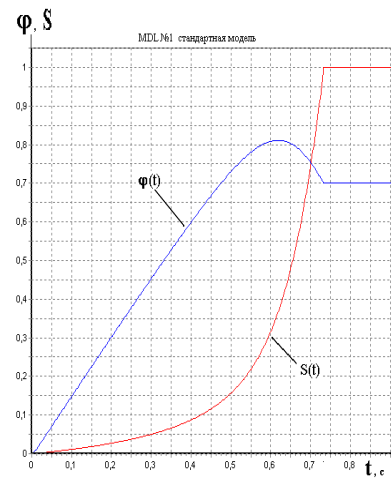


График тормозного момента $M_{top}(t)$ по модели (4) / Schedule of braking torque $M_{top}(t)$ according to model (4)



Графики угловой $\omega(t)$ и линейной $V(t)$ скорости / Graphs of the angular $\omega(t)$ and linear $V(t)$ velocities



Графики коэффициентов продольных сцепления $\varphi(t)$ и проскальзывания $S(t)$ / Graphs of the coefficients of longitudinal adhesion $\varphi(t)$ and slippage $S(t)$

Рисунок 4 – Графики изменения кинематических и динамических характеристик колеса при его торможении по поверхности «сухой асфальтобетон» в отсутствие АБС [тормозная система $M_{TOP} = M_0 \cdot t^n \leq 0,89 \cdot P_z \cdot R_d$ при $t \leq t_\omega$; время решения модели $T=156 \cdot 10^{-3}$ с; момент блокировки колеса $t_\omega = 0,73$ с; момент остановки колеса $t_V = 3,15$ с] / Figure 4 – Graphs of changes in the kinematic and dynamic characteristics of the wheel during its braking on the surface of “dry asphalt concrete” in the absence of ABS [brake system $M_{TOP} = M_0 \cdot t^n \leq 0,89 \cdot P_z \cdot R_d$ at $t \leq t_\omega$; model decision time $T=156 \cdot 10^{-3}$ с; wheel locking moment $t_\omega = 0,73$ с; wheel stopping time $t_V = 3,15$ с].

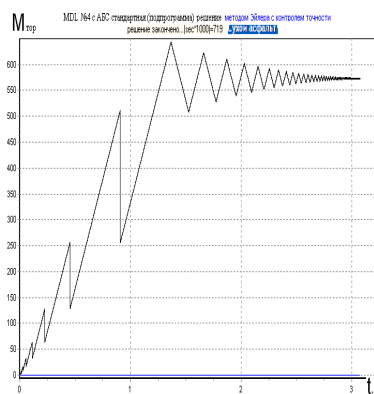
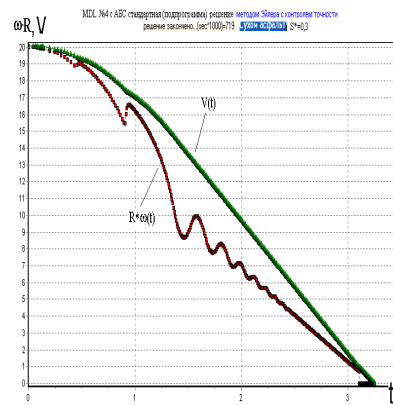
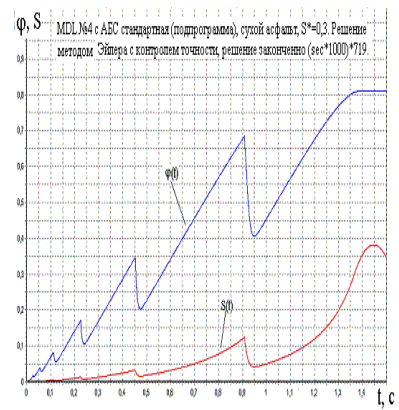


График тормозного момента M_{TOP} как функции времени t / Braking torque plot M_{TOP} as a function of time t



Графики угловой ω и линейной V скорости как функции времени t / Graphs of angular ω and linear V velocity as a function of time t



Графики коэффициентов продольных сцепления φ и проскальзывания S / Graphs of the coefficients of longitudinal adhesion φ and slippage S

Рисунок 5 – Графики изменения кинематических и динамических характеристик колеса, снабжённого АБС при его торможении по поверхности «сухой асфальтобетон». Тормозная система «Подпрограмма-АБС»; время решения модели $T=719 \cdot 10^{-3}$ с; момент блокировки колеса $t_\omega=3,1$ с; момент остановки колеса $t_V=3,2$ с] / Figure 5 – Graphs of the kinematic and dynamic characteristics of the wheel equipped with ABS during braking on the surface of “dry asphalt concrete”. Brake system “Subprogram-ABS”; model decision time $T=719 \cdot 10^{-3}$ с; wheel locking moment $t_\omega=3,1$ с; wheel stopping time $t_V=3,2$ с].

На рисунках 6 представлены результаты вычислительного эксперимента при экстренном торможении автомобильного колеса с регулятором тормозных сил с обратной связью (регулирование АБС по угловой скорости и давлению в тормозном цилиндре) в соответствии с моделью, представленной неравенством (10).

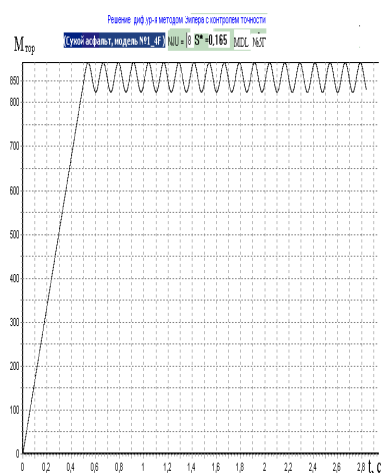
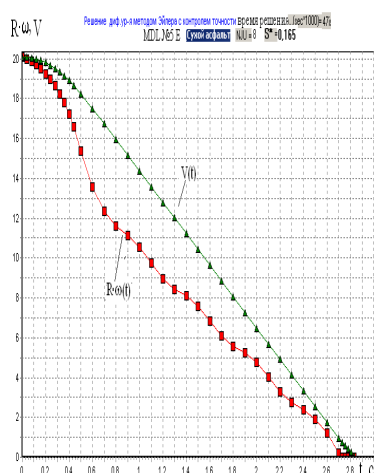
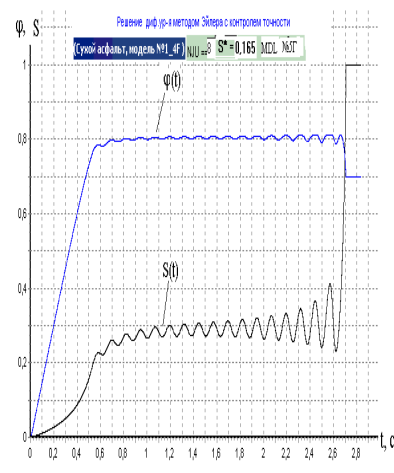


График тормозного момента $M_{top}(t)$ по модели (11) / Schedule of braking torque $M_{top}(t)$ according to model (11)



Графики угловой $\omega(t)$ и линейной $V(t)$ скорости / Graphs of angular $\omega(t)$ and linear $V(t)$ velocities



Графики коэффициентов продольных сцепления $\varphi(t)$ и проскальзывания $S(t)$ / Graphs of the coefficients of longitudinal adhesion $\varphi(t)$ and slippage $S(t)$

Рисунок 6 – Графики изменения кинематических и динамических характеристик колеса, снабжённого АБС, при его торможении по поверхности «сухой асфальтобетон». Характеристики АБС: $v=8$ Гц, $S^*=0,165$; момент блокировки колеса $t_{\omega}=2,7$ с; момент остановки колеса $t_v=2,8$ с; время решения модели $T=47 \cdot 10^{-3}$ с]

Figure 6 – Graphs of changes in the kinematic and dynamic characteristics of a wheel equipped with ABS during braking on the surface of «dry asphalt concrete». ABS characteristics: $v=8$ Гц, $S^*=0,165$; wheel locking moment $t_{\omega}=2,7$ с; wheel stopping moment $t_v=2,8$ с; model decision time $T=47 \cdot 10^{-3}$ с]

Выводы. Результаты проведенных исследований по повышению эффективности работы АБС при экстренном торможении колёсного транспорта показывают:

1. АБС с регулированием только по угловой скорости увеличивает длину тормозного пути от 1,5 % до 2 % по сравнению с длиной тормозного пути без АБС (рисунки 4 и 5);
2. АБС с регулированием по угловой скорости и давлению в тормозном цилиндре уменьшает длину тормозного пути на 15 % по сравнению с длиной тормозного пути колеса без АБС (рисунки 4 и 6) и на 16 % по сравнению с длиной тормозного пути при использовании АБС с регулированием только по угловой скорости (рисунки 5 и 6).

Разработанная численная модель (неравенство (11) и алгоритм на рисунке 3) определяется хорошо измеряемыми и технически обеспеченными параметрами ω и p_i , что даёт возможность определять положение колеса в фазовом пространстве ($V; \omega$).

Неравенства (10) и (11) можно использовать для формирования управляющих команд в логическом блоке управления датчиками АБС. Проведённые исследования и полученные результаты дают возможность повысить эффективность работы антиблокировочных систем за счёт изменения алгоритма срабатывания логического блока управления модуляторами АБС, используя существующие датчики угловой скорости колеса и датчики давления в тормозном цилиндре колеса. При соответствующем программном обеспечении такие АБС повысят активную безопасность колёсного транспорта.

порта за счёт минимизации тормозного пути при сохранении контроля над его управляемостью и курсовой устойчивостью. Кроме того, значительно уменьшается износ шин, так как уменьшается совокупная длина пути скольжения шин по поверхности дороги.

Библиографический список

1. Балакина Е. В. Определение положения максимума (ф-S) – диаграммы для улучшения работы электронной системы управления торможением // Труды НАМИ. 2017 №1. С. 77-83.
2. Балакина Е. В., Зотов Н. М., Федин А. П. Особенности компьютерного моделирования в реальном времени процесса торможения автомобильного колеса // Мехатроника, автоматизация, управление. 2015. Т. 16. № 3. С. 174-182.
3. Балакина Е. В., Зотов Н. М., Федин А. П. Рекомендации по выбору моделей для расчёта (ф-S)-диаграмм автомобильных шин по критерию дорожных условий // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. Т. 17. № 2. С. 128-133.
4. Балакина Е. В., Сарбаев Д. С. К вопросу об определении коэффициента продольного скольжения колеса // Автомобильная промышленность. 2018. №10. С. 25-27.
5. Балакина Е. В., Сергиенко И. В. Применение разных радиусов колеса в задачах моделирования свойств активной безопасности автомобилей // Автомобильная промышленность. 2019. №5. С. 16-19.
6. Зотов В. М., Хавронина В. Н., Жаринов Е. М. Физические основы аналитического описания процесса торможения с проскальзыванием автомобильного колеса // В сборнике: Science, society, progress proceedings of articles the international scientific conference. 2016. С. 8-16.
7. О возможности выбора оптимального численного метода для сокращения времени расчета параметров торможения автомобильного колеса / Е. В. Балакина, Н. М. Зотов, А. П. Федин, С. В. Тюрин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 5-1 (16-1). С. 88-92.
8. Физический метод оценки коэффициента продольного проскальзывания автомобильного колеса на твёрдой поверхности. / В. М. Зотов, В. Н. Хавронина, Е. В. Балакина, Н. М. Зотов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 338-349.
9. Balakina E. V. Calculation of the Friction Coefficient between a Steady Elastic Wheel and a Solid Support Surface in the Presence of a Lateral Force // Journal of Friction and Wear. 2019. Vol. 40. No. 6. P. 573–579.
10. Balakina E. V. Calculation of the Geometric Position and the Sizes of the Static Friction and Sliding Friction Zones at the Point of Contact between an Elastic Wheel and a Firm Surface // Journal of Friction and Wear. 2017. Vol. 38, No. 2. P. 144–149.
11. Balakina E. V., Zotov N. M. Determination of the mutual arrangement of forces, reactions and friction zones in the contact zone of an elastic wheel with a solid surface // Journal of Friction and Wear. 2015. V. 36. № 1. P. 29-32.

Conclusions. The above studies and numerical simulations of emergency wheel braking in the absence of ABS (see Fig. 4) and the presence of ABS (see Fig. 5 and 6) show:

1. ABS with regulation only in angular speed increases the braking distance by 1.5-2% compared with the braking distance of a wheel without ABS (see Fig. 4 and 5);
2. ABS with angular speed and pressure control in the brake cylinder reduces the braking distance by 15%, compared with the braking distance of a wheel without ABS (see Fig. 4 and 6) and by 16% when using ABS with regulation only angular velocity (see. Fig. 5 and 6).

The developed numerical model (see inequality (11) and the Algorithm in Figure 3) is determined by well-measured and technically provided parameters ω and p_i , which makes it possible to determine the position of the wheel in the phase space ($V; \omega$).

Inequalities (10) and (11) can be used to form control commands in the ABS sensor logic control unit. The studies and the results obtained make it possible to increase the efficiency of the anti-lock systems by changing the response algorithm of the logical control unit

for ABS modulators, using existing wheel speed sensors and pressure sensors in the wheel brake cylinder. With appropriate software, such ABS will increase the active safety of wheeled vehicles by minimizing the braking distance while maintaining control over its handling and directional stability. In addition, tire wear is significantly reduced, since the total length of the tire slip path along the road surface is reduced.

References

1. Balakina E. V. Opredelenie polozheniya maksimuma (φ -S) - diagrammy dlya uluchsheniya raboty Jelektronnoj sistemy upravleniya tormozheniem // Trudy NAMI . 2017 №1. P. 77-83.
2. Balakina E. V., Zotov N. M., Fedin A. P. Osobennosti komp'yuternogo modelirovaniya v real'nom vremeni processa tormozheniya avtomobil'nogo kolesa // Mehatronika, avtomatizaciya, upravlenie. 2015. T. 16. № 3. P. 174-182.
3. Balakina E. V., Zotov N. M., Fedin A. P. Rekomendacii po vyboru modelej dlya raschjota (φ -S)-diagramm avtomobil'nyh shin po kriteriyu dorozhnyh uslovij // Mehatronika, avtomatizaciya, upravlenie. 2016. T. 17. № 2. P. 128-133.
4. Balakina E. V., Sarbaev D. S. K voprosu ob opredelenii koeficienta prodol'nogo skol'zheniya kolesa // Avtomobil'naya promyshlennost'. 2018. №10. P. 25-27.
5. Balakina E. V., Sergienko I. V. Primenenie raznyh radiusov kolesa v zadachah modelirovaniya svoystv aktivnoj bezopasnosti avtomobilej // Avtomobil'naya promyshlennost'. 2019. №5. P. 16-19.
6. Zotov V. M., Havronina V. N., Zharinov E. M. Fizicheskie osnovy analiticheskogo opisaniya processa tormozheniya s proskal'zyvaniem avtomobil'nogo kolesa // V sbornike: Science, society, progress proceedings of articles the international scientific conference. 2016. P. 8-16.
7. O vozmozhnosti vybora optimal'nogo chislennogo metoda dlya sokrascheniya vremeni rascheta parametrov tormozheniya avtomobil'nogo kolesa / E. V. Balakina, N. M. Zotov, A. P. Fedin, S. V. Tyurin // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika. 2015. T. 3. № 5-1 (16-1). P. 88-92.
8. Fizicheskij metod ocenki koeficienta prodol'nogo proskal'zyvaniya avtomobil'nogo kolesa na tvjorodoj poverhnosti. / V. M. Zotov, V. N. Havronina, E. V. Balakina, N. M. Zotov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3 (51). P. 338-349.
9. Balakina E. V. Calculation of the Friction Coefficient between a Steady Elastic Wheel and a Solid Support Surface in the Presence of a Lateral Force // Journal of Friction and Wear. 2019. Vol. 40. No. 6. P. 573–579.
10. Balakina E. V. Calculation of the Geometric Position and the Sizes of the Static Friction and Sliding Friction Zones at the Point of Contact between an Elastic Wheel and a Firm Surface // Journal of Friction and Wear. 2017. Vol. 38, No. 2. P. 144–149.
11. Balakina E. V., Zotov N. M. Determination of the mutual arrangement of forces, reactions and friction zones in the contact zone of an elastic wheel with a solid surface // Journal of Friction and Wear. 2015. V. 36. № 1. P. 29-32.

Authors Information

Zotov Vyacheslav Mikhailovich, candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Physics of the Volgograd State Agrarian University, Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia, e-mail: zvmtn@yandex.ru

Khavronina Vera Nikolaevna, candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department of Physics of the Volgograd State Agrarian University, Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia, e-mail: venus61@mail.ru

Bumagin Victor Victorovich, senior lecturer of the Department of Information systems and Computer modeling of the Volgograd State University, Volgograd State University, Volgograd, Russia, e-mail: bumvv@mail.ru

Shishkina Ekaterina Viktorovna, Volgograd State University, Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia, e-mail: e.w.shishkina@gmail.com

Информация об авторах

Зотов Вячеслав Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика» Волгоградского государственного аграрного университета, Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), контактный телефон:

8-917-649-49-25, e-mail: zvmitn@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0002-1336-7632>

Хавронина Вера Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Физика» Волгоградского государственного аграрного университета, Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), контактный телефон: 8-917-339-05-43, e-mail: venus61@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1220-2593>

Бумагин Виктор Викторович, старший преподаватель кафедры «Информационные системы и компьютерного моделирования» Волгоградского государственного университета, Волгоградский государственный университет (400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100), контактный телефон: 8-987-644-68-27, e-mail: bumvv@mail.ru

Шишкина Екатерина Викторовна, доцент, Волгоградский государственный университет, Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), контактный телефон: 8-905-393-40-77, e-mail: e.w.shishkina@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8620-8387>

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-31

THE RESULTS OF LABORATORY RESEARCHES OF THE OPERATION OF THE PLOUGHSHARE FOR MID-WATER SEED PLANTING OF ROW CROPS

I. S. Martynov, M. N. Shaprov, A. A. Mikhailenok

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 20.01.2020

Submitted 10.03.2020

Summary

The article presents the results of laboratory tests of a multi-level opener in laboratory conditions. The research results showed that the criteria for the opener for deep seeding of row crops meet agrotechnical requirements for the working bodies of seeders. Thus, the use of this design of the opener in the future will allow for the seed placement of row crops to the required depth, thereby providing the best combination of temperature and humidity necessary for seed germination.

Abstract

Introduction. At present, in the changing conditions of the agro-industrial market, to improve high-quality eco-products, it is necessary to apply new technologies for cultivating crops and, accordingly, equipment. Moreover, weather conditions and soil properties do not always correspond to agricultural requirements in relation to the process of sowing crops. Row crops are especially responsive to the above requirements of the soil environment, for the qualitative development of which an optimal combination of several parameters at the same time is necessary. Among such soil and climatic parameters, the most important are temperature and humidity, or rather, their combination, which must be taken into account at the level of seed placement. This is especially important to consider when cultivating row crops in the Volgograd region, which belongs to the risky farming zone. To this end, in order to ensure the best combination of “temperature - humidity” for the seeds, the technological process throughout the sown area is carried out in a dotted-nesting manner with different levels of seed placement. **Object.** The object of research is a multi-level opener that allows you to implement the proposed technology. **Materials and methods.** In order to determine the performance parameters of the advanced opener, studies were conducted in the laboratory using a special installation. It consists of a mobile device with a seeder section mounted on it using a hinge-lever system. All the studied parameters were evaluated depending on the speed of movement of the sowing section (1.12; 1.5; 1.87 m / s), which was changed using the gearbox. **Results and conclusion.** According to the results of studies, it was found that the criteria for the opener for different seeding of row crops are agrotechnical requirements for the working bodies of seeders. It was also revealed during research that when the soil moisture decreases from 20.4% to 17.07%, the friction coefficients decrease and its hardness increases, and the discrepancy in the experimentally obtained values is insignificant. This is confirmed by the

mathematical processing of the results, showing that the coefficient of variation is not more than 10%. Thus, the use of this design of the opener in the future will allow for the seed placement of row crops to the required depth, thereby providing the best combination of temperature and humidity necessary for seed germination.

Key words: *temperature, humidity, germination, opener, seeds, seeder.*

Citation. Martynov I. S., Shaprov M. N., Mikhaylenok A. A. The results of laboratory researches of the operation of the ploughshare for mid-water seed planting of row crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 316-324 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-31.

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 631.331:635.61

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ СОШНИКА ДЛЯ РАЗНОГЛУБИННОЙ ЗАДЕЛКИ СЕМЯН ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

И. С. Мартынов, кандидат технических наук, доцент

М. Н. Шапоров, доктор технических наук, профессор

А. А. Михайлёнок, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 20.01.2020

Дата принятия к печати 10.03.2020

Актуальность. В настоящее время в изменяющихся условиях агропромышленного рынка для получения высококачественной экопродукции необходимо применять новые технологии возделывания культур и, соответственно, технику. Причем погодные условия и свойства почв не всегда соответствуют агротребованиям применительно к процессу посева сельскохозяйственных культур. Особенно отзывчивы на вышеуказанные требования почвенной среды пропашные культуры, для качественного развития которых необходимо оптимальное сочетание нескольких параметров одновременно. Среди таких почвенно-климатических параметров наиболее важными являются температура и влажность, а точнее, их сочетание, которое необходимо учитывать на уровне заделки семян. Особенно важно это учитывать при возделывании пропашных культур в Волгоградском регионе, который относится к зоне рискованного земледелия. Для этого с целью обеспечения для семян наилучшего сочетания «температура – влажность» на всей посевной площади технологический процесс производится пунктирно-гнездовым способом с разноуровневой заделкой семян. **Объект.** Объектом исследований является разноуровневый сошник, позволяющий реализовать предложенную технологию. **Материалы и методы.** С целью определения параметров работоспособности усовершенствованного сошника были проведены исследования в лабораторных условиях при помощи специальной установки. Она состоит из передвижного устройства с закрепленной на нем при помощи шарнирно-рычажной системы секцией сеялки. Все исследуемые параметры оценивались в зависимости от скорости движения посевной секции (1,12; 1,5; 1,87 м/с), изменяющейся при помощи коробки перемены передач. **Результаты и выводы.** По результатам исследований выявлено, что критерии работы сошника для разноглубинной заделки семян пропашных культур отвечают агротехническим требованиям, предъявляемым к рабочим органам сеялок. Также при проведении исследований выявлено, что при уменьшении влажности почвы с 20,4 % до 17,07 % коэффициенты трения уменьшаются, а ее твердость увеличивается, а расхождение в экспериментально полученных значениях не существенно. Это подтверждает математическая обработка результатов, показывающая, что коэффициент вариации составляет не более 10 %. Таким образом, применение данной конструкции сошника в перспективе позволит обеспечивать заделку семян пропашных культур на требуемую глубину, тем самым обеспечивая наилучшее сочетание температуры и влажности, необходимое для всхожести семян.

Ключевые слова: возделывание пропашных культур, семена пропашных культур, всхожесть пропашных культур, сошники, сеялки.

Цитирование. Мартынов И. С., Шапров М. Н., Михайлёнок А. А. Результаты лабораторных исследований работы сошника для разноглубинной заделки семян пропашных культур. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 316-324. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-31.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время в изменяющихся условиях агропромышленного рынка для получения высококачественной экопродукции необходимо применять новые технологии возделывания культур и, соответственно, технику. Причем погодные условия и свойства почв не всегда соответствуют агротребованиям применительно к процессу посева сельскохозяйственных культур. Особенно отзывчивы на вышеуказанные требования почвенной среды пропашные культуры, для качественного развития которых необходимо оптимальное сочетание нескольких параметров одновременно [1, 3, 5-8, 11, 12].

Среди таких почвенно-климатических параметров наиболее важными являются температура и влажность, а точнее, их сочетание, которое необходимо учитывать на уровне заделки семян. Особенно это важно учитывать при возделывании пропашных культур в Волгоградском регионе, который относится к зоне рискованного земледелия. В связи с этим следует отметить, что качество посева будет зависеть от слаженности работы всех узлов сеялки, обеспечивающих выполнение необходимых операций. Однако самое важное – это заделка семян в почву, поэтому сошникам необходимо уделить особое внимание [4, 9, 13].

Материалы и методы. Для возделывания пропашных культур используется множество конструкций сеялок как серийно выпускаемых, так и модернизированных рабочими органами [2, 6, 9, 10, 14]. Однако получить оптимальные условия для посева можно только при очень ровной поверхности поля, в противном случае температурно-влажностные параметры почвы в одном рядке на определенной площади могут отличаться. Поэтому установить глубину заделки семян с оптимальными параметрами довольно непросто. Для этого с целью обеспечения для семян наилучшего сочетания «температура – влажность» на всей посевной площади технологический процесс производится пунктирно-гнездовым способом с разноуровневой заделкой семян. Для ее реализации сконструирован разноуровневый сошник.

С целью определения параметров работоспособности усовершенствованного сошника были проведены исследования в лабораторных условиях при помощи специальной установки (рисунок 1). Лабораторная установка для проверки работоспособности модернизированного сошника состоит из передвижного устройства с закрепленной на нем при помощи шарнирно-рычажной системы секцией сеялки [4].

Передвижное устройство перемещалось вперед и назад при помощи тросово-барабанного механизма. Вращение механизмов посевной секции осуществлялось от опорно-приводного колеса.

Результаты и обсуждение. При проведении исследований по проверке работоспособности модернизированного сошника учитывались такие параметры, как формирование профиля борозды, глубина и качество заделки семян. Все исследуемые параметры оценивались в зависимости от скорости движения посевной секции (1,12; 1,5; 1,87 м/с), изменяющейся при помощи коробки перемены передач (рисунок 1).

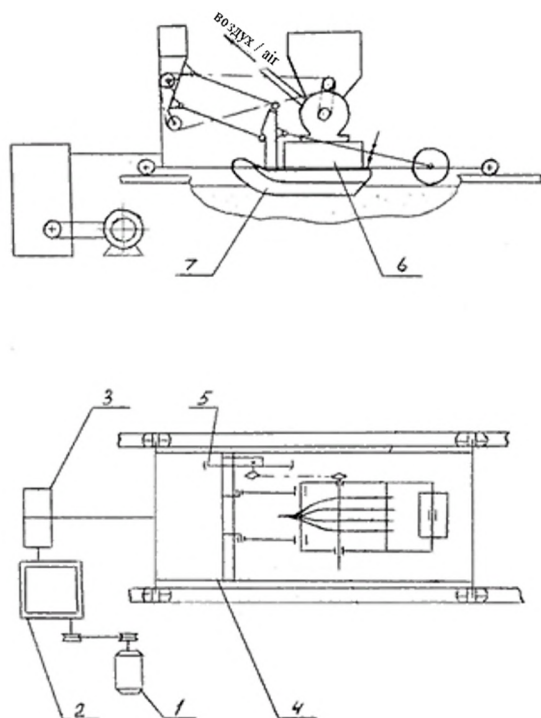


Рисунок 1 – Лабораторная установка:

1 – электродвигатель; 2 – коробка перемены передач; 3 – тросовый барабан; 4 – передвижное устройство; 5 – опорно-приводное колесо со сменными звездочками; 6 – вставка; 7 – сошник

Figure 1 – Laboratory installation:

1 – electric motor; 2 – a gear change box; 3 – cable drum; 4 – mobile device; 5 – supporting-drive wheel with interchangeable sprockets; 6 – insert; 7 – opener

В ходе проведения исследований высев семян производился в почву на уплотненное дно борозды, образованной модернизированным сошником, при этом высота их полета от диска высевающего аппарата сеялки до дна борозды составила 13, 15 и 17 см.

Глубина заделки семян, которые для создания контраста с почвой были окрашены в светлый тон, оценивалась измерительным инструментом после осуществления раскопки гнезда в бороздке, образованной центральной (рисунок 2а) частью сошника, левой частью (рисунок 2б) и правой (рисунок 2в).

Исследования послойной заделки семян почвой осуществлялись с помощью метода, основанного на использовании цветных постелей (рисунок 3а). Его сущность заключается в следующем: на подготовленную почвенную полосу сверху тонким слоем наносилась меловая пудра. Такое покрытие позволяло наблюдать весь процесс заделки семян почвой. Продвигаясь вперед, щеки сошника сдвигали верхний слой почвы в сторону и препятствовали осыпанию его в бороздки. После падения семени на дно бороздки оно присыпалось влажным слоем почвы за счет заднего косого среза щеки сошника, а в конце мульчировалось сухим (рисунок 3б).

Перед определением параметров бороздки необходимо было подготовить почву, соответствующую агротребованиям. При этом исследовались экспериментальный сошник для разноглубинной заделки семян и сошник сеялки СУПН-8. После движения сошника формировалась бороздка. При определении ее профиля использовался металлический лист длиной 0,65 м, шириной 0,25 м. Для удобства работы сделаны ручки, а нижняя часть заострялась.

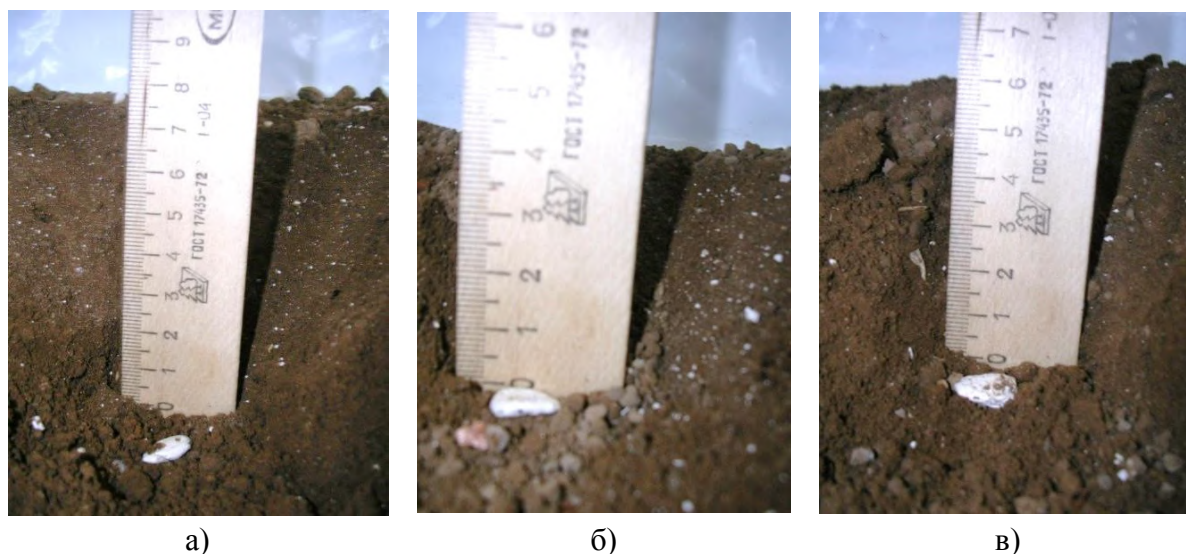


Рисунок 2 – Исследование глубины заделки семян

Figure 2 – A study of the depth of seed placement



Рисунок 3 – Послойная заделка семян сошником: а) до прохода; б) после прохода

Figure 3 – Layered seeding of openers: a) before the passage; b) after the passage



Рисунок 4 – Определения профиля борозды / Figure 4 – Definitions of the furrow profile

При этом величины h_{x1} , h_{x2} и h_{x3} определялись от уровня дневной поверхности почвы, b_{x1} , b_{x2} и b_{x3} – на ее уровне.

После заглубления листа в почву перпендикулярно направлению движения сошника на его поверхность наносился профиль борозды (рисунок 4). Лист вынимался из почвы, и производился замер параметров борозды, основными из которых являются h_{x1} и h_{x3} – высота левого и правого холмиков; h_{x2} – глубина остаточной бороздки; b_{x1} и b_{x2} – ширина левого и правого холмика; b_{x3} – ширина остаточной бороздки; b_{x4} – расстояние между вершинами холмиков (рисунок 5).

При исследовании работоспособности модернизированного сошника, а именно формирования бороздок, проводились замеры таких показателей почвы, как твердость и коэффициенты трения движения в зависимости от ее влажности.

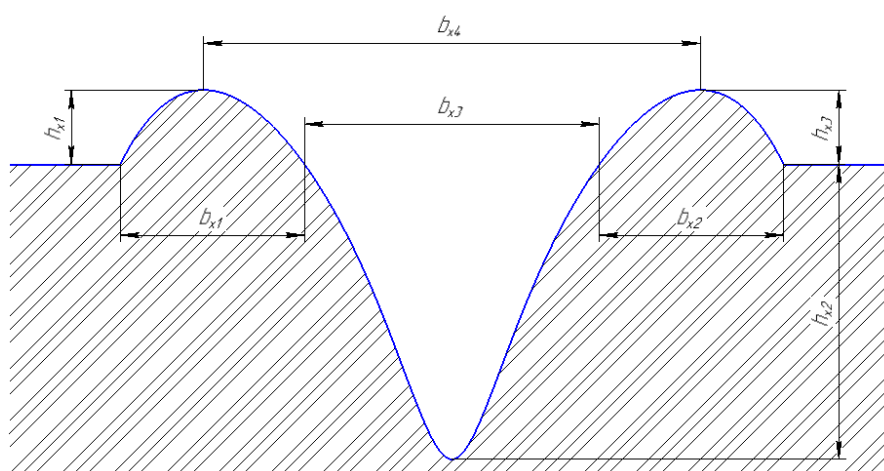


Рисунок 5 – Схема профиля борозды

Figure 5 – Furrow profile diagram

Также при проведении исследований выявлено, что при уменьшении влажности почвы с 20,4 % до 17,07 % коэффициенты трения уменьшаются (рисунки 6, 7), а ее твердость увеличивается (рисунок 8).

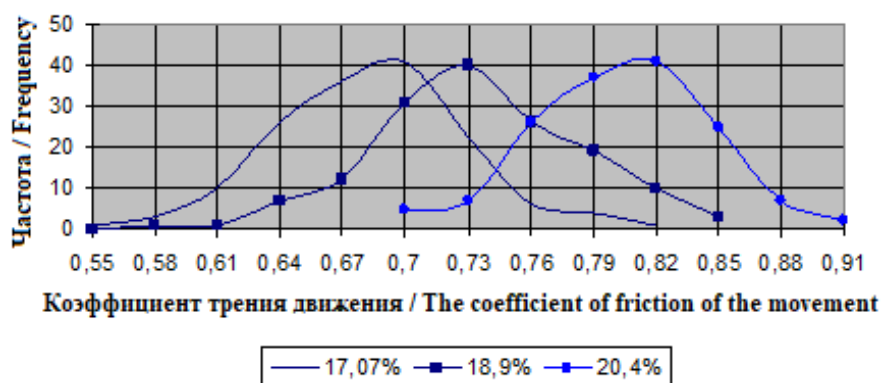


Рисунок 6 – Значения коэффициентов трения движения почвы по окрашенной стали при различной влажности

Figure 6 – The values of the coefficients of friction of soil movement on painted steel at different humidity

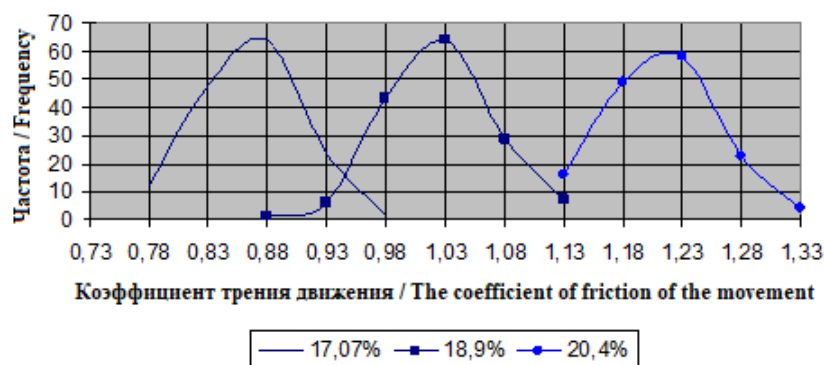


Рисунок 7 – Значения коэффициентов трения движения почвы по почве при различной влажности

Figure 7 – The values of the coefficients of friction of soil movement in the soil at different humidity

При проведении испытаний вышеуказанных показателей выявлено, что расхождение в экспериментально полученных значениях несущественно. Это подтверждает математическая обработка результатов, показывающая, что коэффициент вариации составляет не более 10 %.

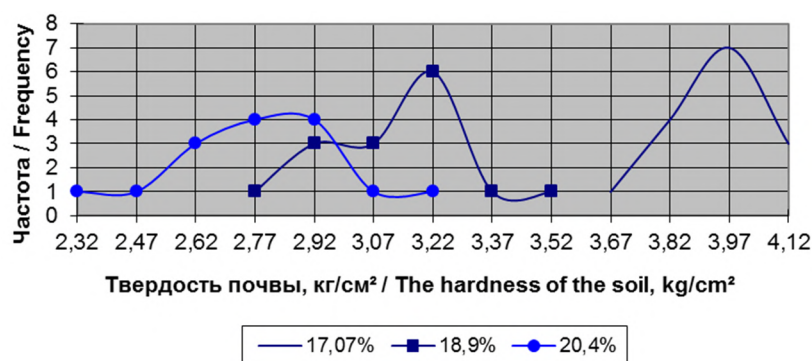


Рисунок 8 – Значения показателей твердости почвы при различной влажности

Figure 8 – Values of soil hardness at different humidity

Выводы. По результатам исследований выявлено, что критерии работы сошника для разноглубинной заделки семян пропашных культур отвечают агротехническим требованиям, предъявляемым к рабочим органам сеялок. Таким образом, применение данной конструкции сошника в перспективе позволит обеспечивать заделку семян пропашных культур на требуемую глубину, тем самым обеспечивая наилучшее сочетание температуры и влажности, необходимое для всхожести семян.

Библиографический список

1. Демчук Е. В., Союнов А. С. Совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Вестник ОмГАУ. 2016. № 2(22). С. 242-246
2. Кем А. А., Миклашевич В. Л., Чекушев М. С. Сошник для двухстрочного посева зерновых культур с разноуровневым внесением минеральных удобрений // Вестник ОмГАУ. 2017. № 2(26). С. 105-111.
3. Конструкция комбинированного сошника для посева зерновых культур / И. В. Волошин, Н. П. Ларюшин, В. Н. Кувайцев, В. В. Шумаев, Д. В. Ванин // Нива Поволжья. Пензенский ГАУ. 2017. № 2(43). С. 56-61.
4. Курдюмов В. И., Зыкин Е. С. Энергетическая оценка гребневой сеялки // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5(84). С. 66-75.
5. Мартынов И. С., Шапоров М. Н. Разноуровневый гнездовой посев семян пропашных культур // Сельский механизатор. 2019. № 8. С. 10-11.

6. Милютин В. А., Долгоруков Н. В. Почвозащитные сельскохозяйственные технологии и техника для возделывания сельскохозяйственных культур // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 37–44.
7. Повышение эффективности захвата семян дозирующими элементами высевающего аппарата сеялки точного высева / А. Ю. Несмиян, В. В. Должников, Ю. М. Черемисин, С. В. Асатурян // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 106(02). С. 1024-1039.
8. Прямой посев полевых культур в Ставропольском крае / Г. Р. Дорожко, О. Г. Шабалдас, В. К. Зайцев, Д. Ю. Бородин // Земледелие. 2013. № 8. С. 20-23.
9. Скороходов А. Н., Косолапов В. В. Посев сахарной свеклы пропашными сеялками с модернизированной сошниковой группой // Вестник НГИЭИ. 2012. № 4(11). С. 204-210.
10. Теоретические исследования комбинированного сошника для одновременного разнорядового внесения удобрений и посева семян / Н. П. Ларюшин, В. Н. Кувайцев, А. В. Бучма, В. В. Шумаев // Нива Поволжья. Пензенский ГАУ. 2014. № 1(30). С. 82-88.
11. Цепляев А. Н., Русяева Е. Т. Исследование параметров воздушно-семенного потока при работе сошника с пневматическим семяпроводом // Проблемы развития АПК региона: научно-практический журнал Дагестанского государственного аграрного университета имени М. М. Джембулатова. 2016. №3(27). С. 117-121.
12. Цепляев А. Н., Русяева Е. Т. Экспериментальное обоснование конструктивных параметров уловителя и пневматического семяпровода // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2(50). С. 375-380.
13. Цепляев А. Н., Харлашин А. В., Цепляев В. А. Ресурсосберегающая почвозащитная технология посева семян пропашных культур в острозасушливых зонах ЮФО // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2(50). С. 331-338.
14. Meinel Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. P. 1 – 9.

Conclusions. According to the results of studies, it was found that the criteria for the opener working for different depth seeding of row crops meet the agrotechnical requirements for the working bodies of seeders. Thus, the use of this design of the coulter in the future will allow for the seeding of row crops to the required depth, thereby providing the best combination of temperature and humidity necessary for seed germination.

References

1. Demchuk E. V., Soyunov A. S. Sovershenstvovanie tehnologii vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Vestnik OmGAU. 2016. № 2(22). P. 242-246
2. Kem A. A., Miklashevich V. L., Chekushev M. S. Soshnik dlya dvuhstrochnogo poseva zernovykh kul'tur s raznourovnevnykh vneseniyem mineral'nykh udobreniy // Vestnik OmGAU. 2017. № 2(26). P. 105-111.
3. Konstruktsiya kombinirovannogo soshnika dlya poseva zernovykh kul'tur / I. V. Voloshin, N. P. Laryushin, V. N. Kuvajcev, V. V. Shumaev, D. V. Vanin // Niva Povolzh'ya. Penzenskiy GAU. 2017. № 2(43). P. 56-61.
4. Kurdyumov V. I., Zykin E. S. Jenergeticheskaya ocenka grebnevoj seyalki // Vestnik NGI. 2018. № 5(84). P. 66-75.
5. Martynov I. S., Shaprov M. N. Raznourovnevnyj gnezdovoj posev semyan propashnykh kul'tur // Sel'skiy mehanizator. 2019. № 8. P. 10-11.
6. Milyutin V. A., Dolgorukov N. V. Pochvozaschitnye sel'skohozyajstvennye tehnologii i tehnika dlya vzdelyvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2014. № 3. P. 37-44.
7. Povyshenie effektivnosti zahvata semyan doziruyuschimi elementami vysevyayuschego apparata seyalki tochnogo vyseva / A. Yu. Nesmiyan, V. V. Dolzhnikov, Yu. M. Cheremisin, S. V. Asaturyan // Nauchnyy zhurnal KubGAU. 2015. № 106(02). P. 1024-1039.
8. Pryamoj posev polevykh kul'tur v Stavropol'skom krae / G. R. Dorozhko, O. G. Shabaldas, V. K. Zajcev, D. Yu. Borodin // Zemledelie. 2013. № 8. S. 20-23.

9. Skorohodov A. N., Kosolapov V. V. Posev saharnoj svekly propashnymi seyalkami s modernizirovannoj soshnikovoj gruppoj // Vestnik NGIJeI. 2012. № 4(11). P. 204-210.
10. Teoreticheskie issledovaniya kombinirovannogo soshnika dlya odnovremennogo raznourovnevnogo vneseniya udobrenij i poseva semyan / N. P. Laryushin, V. N. Kuvajcev, A. V. Buchma, V. V. Shumaev // Niva Povolzh'ya. Penzenskij GAU. 2014. № 1(30). P. 82-88.
11. Ceplyaev A. N., Rusyaeva E. T. Issledovanie parametrov vozdušno-semennogo potoka pri rabote soshnika s pnevmaticheskim semyaprovodom // Problemy razvitiya APK regiona: nauchno-prakticheskij zhurnal dagestanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni M. M. Dzhambulatova. 2016. №3(27). P. 117-121.
12. Ceplyaev A. N., Rusyaeva E. T. Jeksperimental'noe obosnovanie konstruktivnyh parametrov ulovitelya i pnevmaticheskogo semyaprovoda // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2(50). P. 375-380.
13. Ceplyaev A. N., Harlashin A. V., Ceplyaev V. A. Resursosberegayuschaya pochvozaschitnaya tehnologiya poseva semyan propashnyh kul'tur v ostrozasushlivykh zonah YuFO // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2(50). P. 331-338.
14. Meinel Till: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2014. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2015. P. 1 – 9.

Authors Information

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.

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.

Mikhailenok Anton Aleksandrovich, graduate student of the Department of Life Safety, Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), e-mail: mikhailionok@yandex.ru

Информация об авторах

Мартынов Иван Сергеевич, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, e-mail: ISMartynov@mail.ru.

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.

Михайленок Антон Александрович, аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), e-mail: mikhailionok@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-32

MODELING AND ANALYSIS OF THE PROCESS OF TOMATO PRODUCTION IN BASIC FARMS OF VOLGOGRAD STATE AGRARIAN UNIVERSITY

E. V. Shiryayeva, O. V. Kochetkova, A. S. Matveev, D. P. Arkov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 14.01.2020

Submitted 05.03.2020

Summary

The article presents the results of modeling and analysis of the business process "To perform tomato production" of the agricultural company with Volgograd State Agricultural University basic farms as example using business modelling methodology and process approach. The formalization of supervised process is done in executable BPMN 2.0 notation. Analysis of the BPMN-designed "As is" models has revealed significant risk of management decisions errors in regards of business process being researched, result of which is directly dependent on qualification of the company's agronomists.

Abstract

Relevance. The practical success of the global digitization of the country's agricultural sector is largely determined by proper versatile analysis of agricultural production's existing technological and business processes. Being part of the functional approach present business processes are formalized in the form of "As there" diagram to identify and further analyze problems and then to model business process charts for "It will be" diagram improvement. Utmost important for the agricultural company's economy is "To produce products and services" business process. It directly determines success of the company and is determined by agricultural production department. Tomatoes have always been a brand product of Volgograd region since Soviet times, and Volgograd tomato breeding sports are in high demand in Russian vegetable market. **Object.** The object of research is the agricultural company's business process "To perform the production of tomatoes". **Materials and methods.** Study of tomato production business processes was carried out in the basic farms of Volgograd State Agricultural University using business modeling methodology and procedural approach method. Formalization of supervised process is made in form of "As is" diagrams with modern BPMN 2.0 notation, which is being an executable notation of BPMS systems and recognized as international standard for business process modeling. **Results and conclusions.** Analysis of BPMN-designed "As is" models has revealed significant risk of management decisions errors regarding "Implementing tomatoes production" business process, which is presented by a sequence of the following sub-processes: production cultivation, harvesting, production sorting, production storing. One of such errors is high risk of making unreasonable management decisions because supervised process results rely directly on company's agronomist qualification whose decisions are consequences of their own experience and intuition and there are no Internet of Things technologies at farms, data collection is carried out mainly by manual or slightly mechanized methods, automated information processing and solution adoption support are both not present at the moment. The lack of automated control during the operations of supervised business process leads to unnecessarily high resources usage (chemicals, fertilizers, fuel, energy, etc.). It also doesn't provide effective pest control, doesn't allow remote monitoring of work quality in terms of technological standards as well as monitoring compliance with certification requirements for agricultural production. Usage of modern digital technologies such as the Internet of Things allows to improve soil fertility through "smart" correction, to save fertilizers, plant protectors, fuel and lubricants; to increase crop cultivation processes control and to prevent its storage losses. In order to improve efficiency of agricultural companies by introducing digital technologies into basic farms of Volgograd SAU, it is necessary to create benchmark digital models of production business processes. This work is currently being carried out by the authors of this article.

Key words: digital technologies, business processes, BPMN models, tomato production, agricultural enterprises.

Citation. Shiryayeva E.V., Kochetkova O.V., Matveev A.S., Arkov D.P. Modeling and analysis of the process of tomato production in basic farms of Volgograd state agrarian university. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 324-335 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-32.

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

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

УДК 658.512:004.04:635.64(470.45)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ТОМАТОВ В БАЗОВЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ ВОЛГОГРАДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Е. В. Ширяева, кандидат технических наук, доцент

О. В. Кочеткова, доктор технических наук, профессор

А. С. Матвеев, кандидат физико-математических наук, доцент

Д. П. Арьков, кандидат технических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 14.01.2020

Дата принятия к печати 05.03.2020

Актуальность. Практический успех глобальной цифровизации аграрного сектора страны во многом определен качественным и многосторонним анализом существующих технологических и бизнес-процессов производства сельскохозяйственной продукции. В рамках процессного подхода

в целях совершенствования управления формализуются существующие бизнес-процессы в виде графических диаграмм «Как есть» для выявления проблем, их дальнейшего анализа и последующего моделирования диаграмм бизнес-процесса «Как будет». Наиболее значимым для экономики сельскохозяйственного предприятия является бизнес-процесс «Выполнить производство продукции и услуг», он напрямую определяет успех деятельности предприятия и предопределен отраслью сельскохозяйственного производства. Томаты являются брендовым продуктом Волгоградской области с советских времён, сорта волгоградской селекции томатов пользуются высоким спросом на российском рынке овощей. **Объект.** Объектом исследований является бизнес-процесс «Выполнить производство томатов» сельскохозяйственного предприятия. **Материалы и методы.** Исследование бизнес-процессов производства томатов проводилось в базовых фермерских хозяйствах Волгоградского государственного аграрного университета с использованием методологии бизнес-моделирования и метода процессного подхода. Формализация исследуемого процесса в виде диаграмм «Как есть» выполнена в современной нотации BPMN 2.0, которая является исполняемой нотацией BPMS-систем и признана международным стандартом моделирования бизнес-процессов. **Результаты и выводы.** Анализ разработанных BPMN-моделей «Как есть» выявил значительный риск ошибок в управленческих решениях исследуемого бизнес-процесса «Выполнить производство томатов», который представлен последовательностью следующих подпроцессов: возделывание продукции, уборка урожая, сортировка продукции, хранение продукции. Одной из таких ошибок является высокий риск принятия необоснованных управленческих решений, поскольку результаты исследуемого процесса напрямую зависят от квалификации агронома предприятия, который принимает решения только на основе своего опыта и интуиции, так как на текущий момент в хозяйствах отсутствуют технологии интернета вещей, сбор данных осуществляется преимущественно ручным или механизированным способами, отсутствуют средства автоматизированной обработки информации и поддержки принятия решений. Отсутствие автоматизированного контроля в операциях исследуемого бизнес-процесса приводит к неоправданно высокому использованию ресурсов (химикатов, удобрений, топлива, энергии и пр.); не обеспечивает эффективную борьбу с вредителями; не позволяет дистанционно осуществлять контроль качества выполнения работ за счет соблюдения технологических нормативов, а также контроль за соблюдением сертификационных требований к сельскохозяйственной продукции. Применение современных цифровых технологий, например интернета вещей, позволит обеспечить повышение плодородности почв за счет «умной» коррекции; экономить удобрения, средства защиты растений и горюче-смазочные материалы; повысить контролируемость процессов выращивания урожая и предотвратить его потери при хранении. Для повышения эффективности бизнеса сельхозпроизводителей за счет внедрения цифровых технологий в деятельность базовых растениеводческих хозяйств Волгоградского ГАУ необходимо создать эталонные цифровые модели производственных бизнес-процессов. Такая работа выполняется в настоящее время авторами статьи.

Ключевые слова: цифровые технологии, бизнес-процессы, модели BPMN, производство томатов, сельскохозяйственные предприятия.

Цитирование. Ширяева Е. В., Кочеткова О. В., Матвеев А. С., Арьков Д. П. Моделирование и анализ процесса производства томатов в базовых фермерских хозяйствах Волгоградского государственного аграрного университета. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 324-335. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-32.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В основе современных трансформаций агропромышленного комплекса России лежат такие факторы, как глобальная цифровизация экономического пространства страны, внешние угрозы продовольственной безопасности, а также интенсивность изменения природно-климатических факторов [2, 10]. Практический успех этого процесса во многом определен качественным и многосторонним анализом существующих технологических и бизнес-процессов производства сельскохозяйственной продукции [9, 11].

В современных подходах к управлению бизнес-процессами производства наиболее эффективен процессный подход [4], который рассматривает управление как непрерывную серию взаимосвязанных бизнес-процессов, конечной целью которых является создание готовой продукции [6]. В рамках этого подхода в целях совершенствования управления формализуются существующие бизнес-процессы в виде графических диаграмм «Как есть» для выявления проблем и их дальнейшего анализа, а также последующего моделирования диаграмм бизнес-процесса «Как будет».

Ранее в исследовании бизнес-процессов верхнего уровня сельскохозяйственных предприятий были определены последовательные этапы производства сельскохозяйственной продукции от выполнения маркетинговых исследований до работ по развитию [3]. Среди этих этапов наиболее значимым для экономики предприятия является бизнес-процесс «Выполнить производство продукции и услуг», который напрямую определяет успех деятельности предприятия и, в отличие от других этапов, не является универсальным, а предопределен отраслью сельскохозяйственного производства.

Томаты являются брендовым продуктом Волгоградской области ещё с советских времён, сорта волгоградской селекции томатов и сейчас пользуются высоким спросом на российском рынке овощей. Большой вклад в сохранение волгоградских сортов томатов советских селекционеров и создание новых сортов, ориентированных на экстремальные почвенно-климатические условия нашего региона, внес Научно-производственный центр по сохранению и воспроизводству генетических ресурсов овощных культур Волгоградского государственного аграрного университета [7].

Материалы и методы. Для моделирования и анализа процессов производства томатов применены методология бизнес-моделирования и метод процессного подхода. При выборе нотации моделирования учитывалась необходимость более детального описания логики исследуемых бизнес-процессов, содержащих работы и события процесса, с целью последующей цифровизации фермерского хозяйства. Нотация BPMN 2.0 является исполняемой нотацией в BPMS-системах, максимально отражает логику исследуемого процесса и признана международным стандартом моделирования бизнес-процессов.

Результаты и обсуждение. На основании изученных технологических процессов возделывания томатов в базовых фермерских хозяйствах Волгоградского ГАУ были разработаны модели бизнес-процессов «Как есть» в нотации BPMN 2.0 (рисунки 1-8).

Запускают исследуемый бизнес-процесс «Выполнить производство продукции и услуг» фермерских хозяйств, ориентированных на выращивание томатов, результаты предшествующих процессов «Выполнить научные исследования и проектные работы» и «Осуществить закупку». Этими результатами являются технологическая карта и проект по выращиванию культуры, а также все приобретенные ресурсы, необходимые для реализации проекта. Исследуемый бизнес-процесс «Выполнить производство томатов» состоит из последовательности подпроцессов: «Возделывание продукции», «Уборка урожая», «Сортировка продукции», «Хранение продукции».

Процесс первого уровня «Возделывание продукции» для томатов (рисунок 1) представлен подпроцессом основной обработки почвы; параллельными процессами выращивания рассады и предпосевной обработки почвы; последующими подпроцессами посадки рассады и ухода [1].

Декомпозиция подпроцесса «Основная обработка почвы» представлена на рисунке 2.

Операции подпроцесса «Основная обработка почвы» – лущение, внесение удобрения – запускаются агрономом после соответствующего анализа почвенно-климатических условий и предшественников, количество повторений лущения также определяется агрономом. Завершается подпроцесс операцией отвальной вспашки.

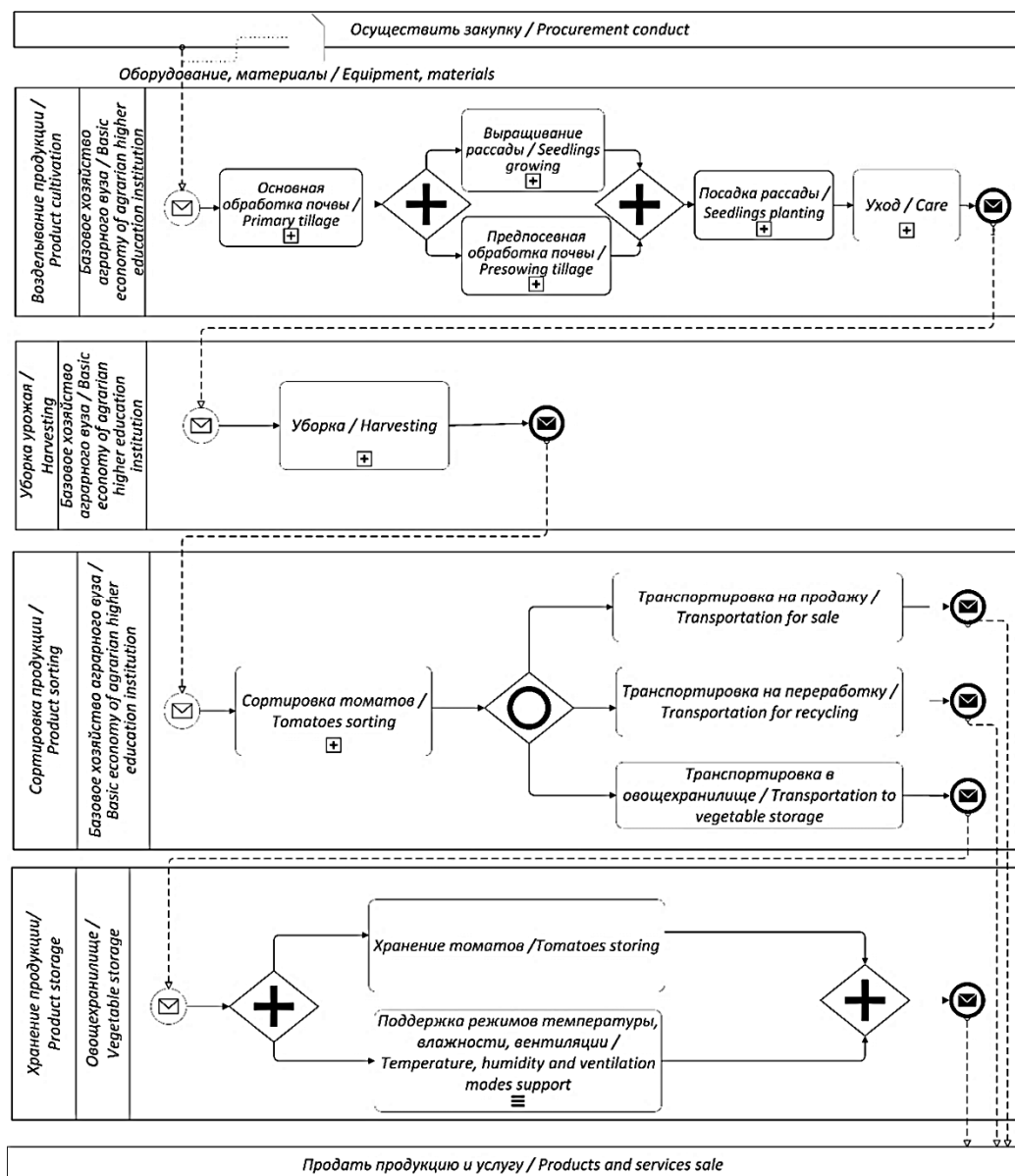


Рисунок 1 – BPMN-диаграмма «Как есть» процесса «Выполнить производство томатов»

Figure 1 – BPMN-diagram «As Is» of «Implementing tomatoes production» process

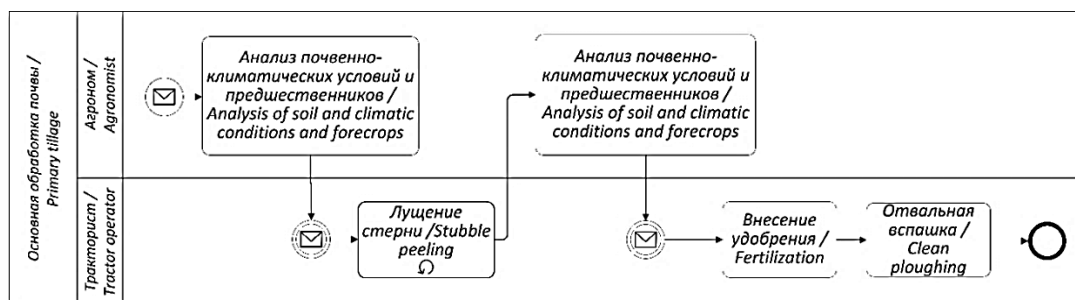


Рисунок 2 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Основная обработка почвы»

Figure 2 – BPMN-diagram «As Is» of «Primary tillage» process decomposition

Декомпозиция подпроцесса «Выращивание рассады» представлена на рисунке 3.

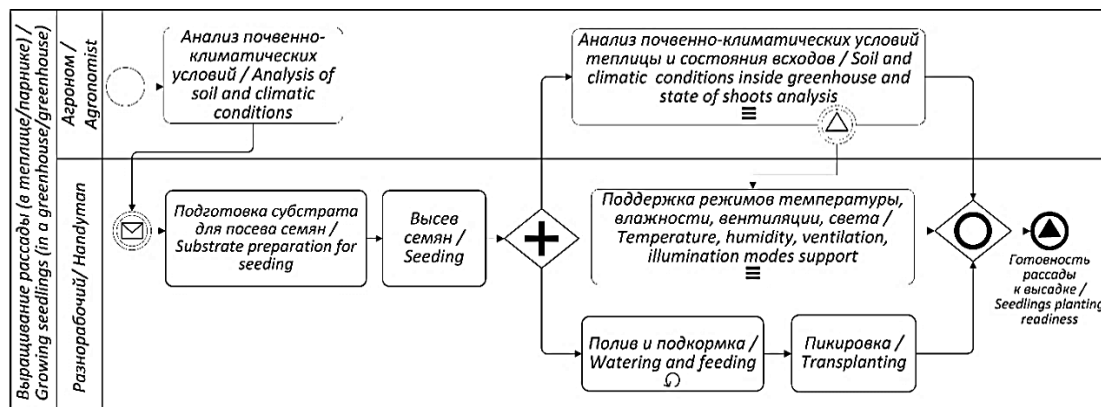


Рисунок 3 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Выращивание рассады»

Figure 3 – BPMN-diagram «As Is» of «Growing seedlings» process decomposition

Последовательность операций «Подготовка субстрата для посева семян» и «Высев семян» запускается командой от агронома после проведенного им анализа почвенно-климатических условий. После посева агроном регулярно проводит анализ почвенно-климатических условий теплицы и состояния всходов с целью корректировки режима теплицы (температура, влажность, вентиляция, свет), который поддерживается рабочими теплицы, параллельно осуществляются циклическая операция «Полив и подкормка» и операция «Пикировка». Завершающим событием подпроцесса «Выращивание рассады» является сигнал о готовности рассады к высадке.

Декомпозиция подпроцесса «Предпосевная обработка почвы» представлена на рисунке 4.

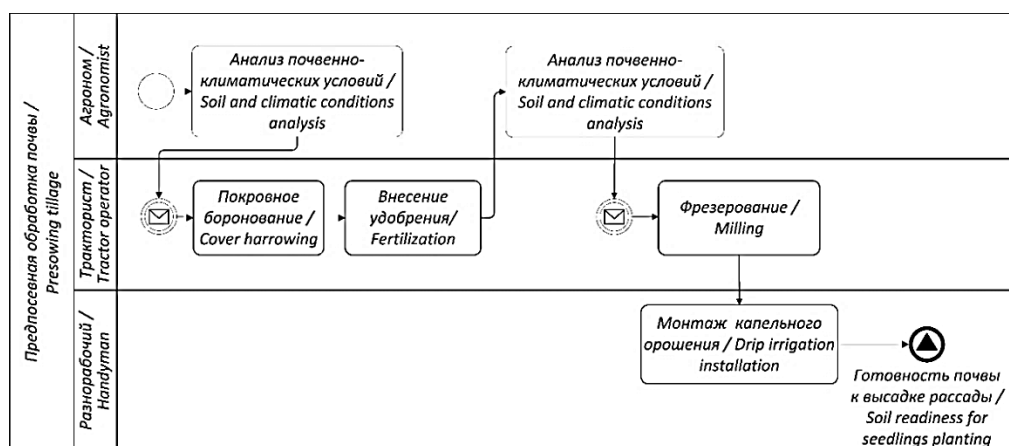


Рисунок 4 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Предпосевная обработка почвы»

Figure 4 – BPMN-diagram «As Is» of «Presowing tillage» process decomposition

На основе анализа почвенно-климатических условий агроном сообщает о начале операций «Покровное боронование» с последующим внесением удобрения и «Фрезерование», после которого осуществляется монтаж капельного орошения. Завершающим событием подпроцесса «Предпосевная обработка почвы» является сигнал о готовности почвы к высадке рассады.

Стартовым событием подпроцесса «Посадка рассады», декомпозиция которого представлена на рисунке 5, является сигнал о готовности почвы и рассады к высадке.

На основе анализа почвенно-климатических условий агроном сообщает о начале последовательности операций транспортировки и высадки рассады, далее агроном осуществляет регулярный анализ почвенно-климатических условий, состояния рассады с целью определения необходимости проведения циклической операции капельного полива до полного приживания рассады.

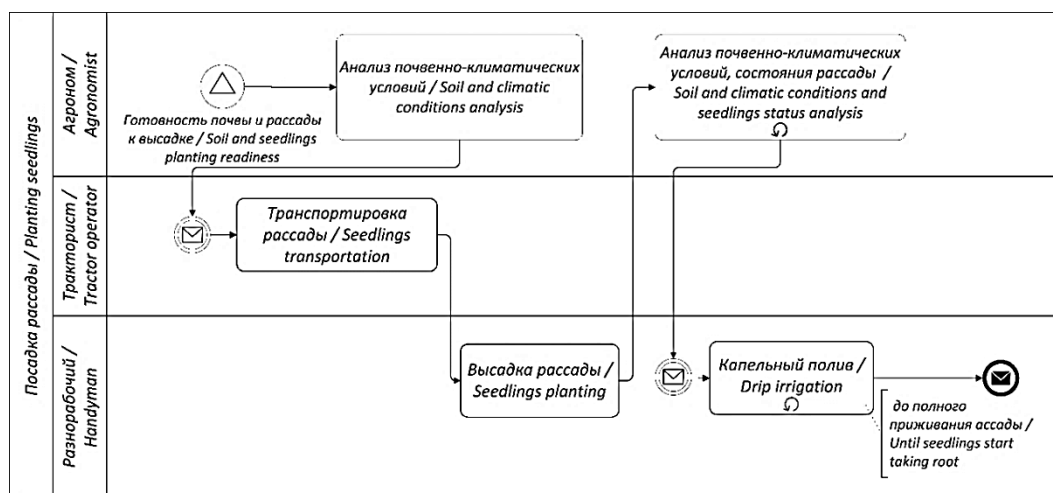


Рисунок 5 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Посадка рассады»

Figure 5 – BPMN-diagram «As Is» of «Planting seedlings» process decomposition

Все операции подпроцесса «Уход» выполняются под контролем агронома на основе анализа почвенно-климатических условий и состояния рассады (рисунок 6) [12].

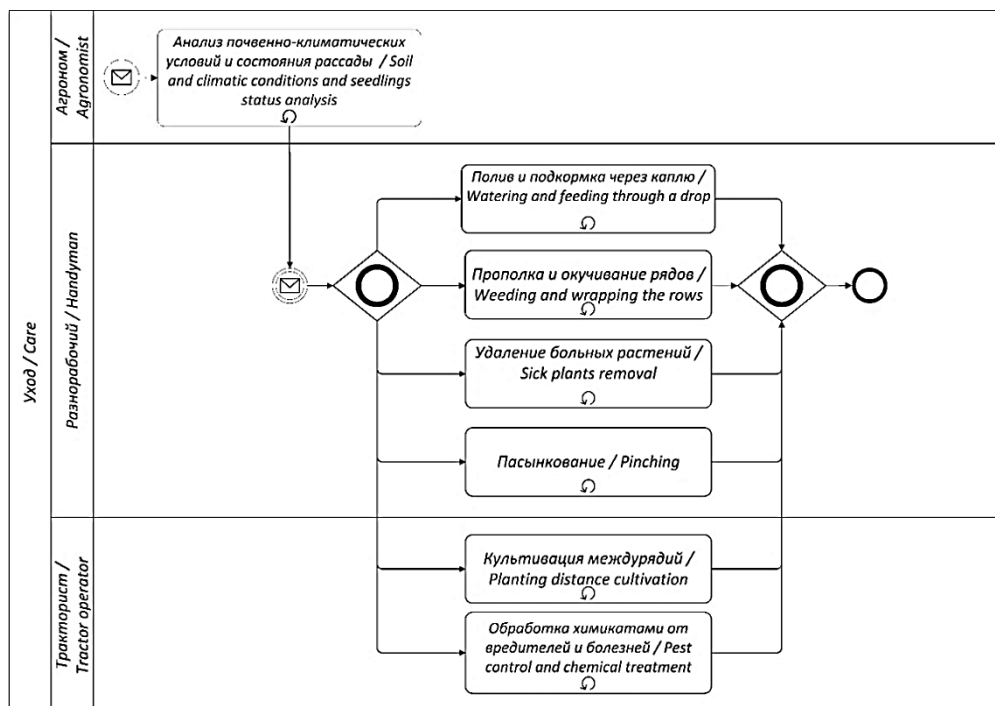


Рисунок 6 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Уход»

Figure 6 – BPMN-diagram «As Is» of «Care» process decomposition

Агроном определяет необходимость проведения и чередование циклических операций ухода за томатами: полив и подкормка через каплю; прополка и окучивание рядов; удаление больных растений; пасынкование; культивация междурядий; обработка химикатами от вредителей и болезней.

Процесс первого уровня «Уборка урожая» для томатов представлен подпроцессом уборки (рисунок 1), декомпозиция которого представлена на рисунке 7.

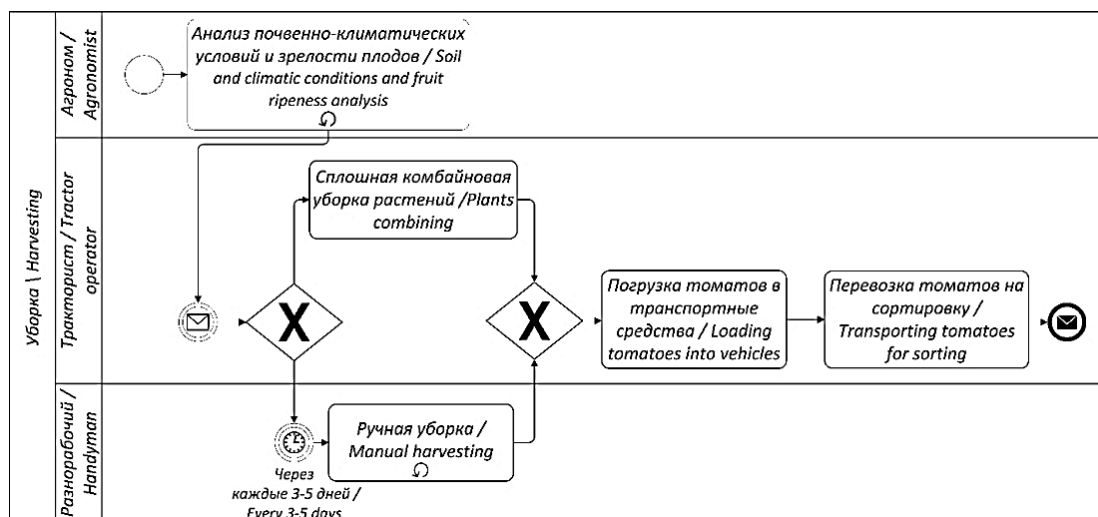


Рисунок 7 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Уборка»

Figure 7 – BPMN-diagram «As Is» of «Harvesting» process decomposition

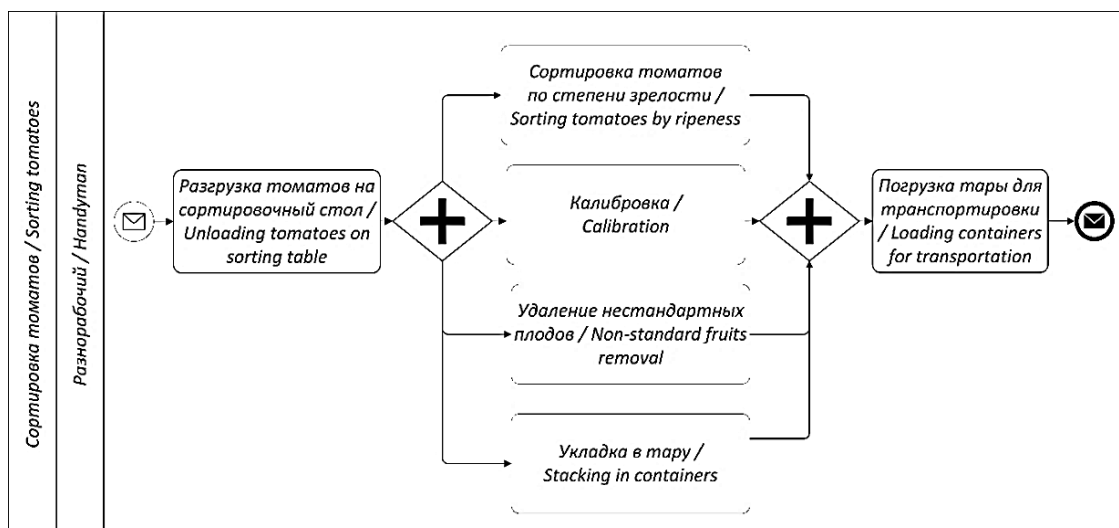


Рисунок 8 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Сортировка томатов»

Figure 8 – BPMN-diagram «As Is» of «Sorting tomatoes» process decomposition

Начало уборки определяет агроном на основе проделанного им анализа почвенно-климатических условий и зрелости плодов, в зависимости от процента зрелых плодов и целей сбора выбирается способ уборки – сплошная комбайновая уборка растений или ручная уборка, что предпочтительнее для последующей продажи томатов [5]. Завершается уборка последовательностью операций «Погрузка томатов в транспортные средства» и «Перевозка томатов на сортировку».

Процесс «Доработка продукции» для томатов как процесс первого уровня отсутствует (рисунок 1). К операциям этого процесса можно отнести удаление нестандартных плодов, что присутствует в процессе первого уровня «Сортировка продукции».

Процесс первого уровня «Сортировка продукции» для томатов представлен подпроцессом «Сортировка томатов» и последующими, не исключаящими друг друга, операциями транспортировки на продажу, переработку или транспортировку в овощехранилище (рисунок 1). Декомпозиция подпроцесса «Сортировка томатов» представлена на рисунке 8.

После операции «Разгрузка томатов на сортировочный стол» выполняются параллельные операции «Сортировка томатов по степени зрелости», «Калибровка», «Удаление нестандартных плодов», «Укладка в тару». Завершается подпроцесс «Сортировка томатов» операцией «Погрузка тары для транспортировки».

Процесс первого уровня «Хранение продукции» описан параллельными операциями «Хранение томатов» и «Поддержка режимов температуры, влажности, вентиляции» (рисунок 1).

Обсуждение. Анализ существующего процесса «Выполнить производство продукции и услуг» на примере выращивания томатов (рисунок 1) [8] показал его существенные недостатки в плане высоких требований к квалификации агронома, который определяет время начала и параметры всех значимых операций выращивания томатов на основе собственных знаний, опыта и анализа данных, которые преимущественно собраны им же ручным или механизированным способом. В процессе выращивания рассады и ухода после её высадки от агронома требуются пристальное внимание и незамедлительные научно-обоснованные решения на изменения в процессах. После уборки урожая томатов требуется максимально сократить время на сортировку и транспортировку продукции, а также количество ошибок при сортировке, чего не может обеспечить использование ручного труда в этих процессах.

Выводы. Выполненная в нотации BPMN 2.0 формализация бизнес-процесса «Выполнить производство томатов» сельскохозяйственного предприятия на примере базовых фермерских хозяйств Волгоградского государственного аграрного университета позволяет констатировать низкий уровень использования цифровых технологий в базовых растениеводческих хозяйствах университета. Существующие технологии производства томатов, которые требуют постоянного контроля почвенно-климатических условий, состояния развития растений и хода созревания плода, не поддерживаются инструментами оперативной реорганизации бизнес-процессов в соответствии с реальными условиями производства. Выявлена проблема максимальной зависимости исследуемого процесса от влияния «человеческого фактора».

В дальнейшем на основе разработанных BPMN-моделей «Как есть» будет выполнена реорганизация бизнес-процессов производства томатов сельскохозяйственного предприятия на основе использования таких современных цифровых технологий, как Data Mining, IoT (интернет вещей), автоматизируемые системы поддержки принятия решений с целью снижения рисков и повышения эффективности производства продукции.

Библиографический список

1. Кныш В., Наумов А. Промышленная технология выращивания томата на капельном орошении [Электронный ресурс] // Журнал «Овощеводство»: [сайт]. Издательский дом «Юнивест Медиа». 2017. №2. URL: <http://www.ovoshevodstvo.com/journal/browse/201702/article/1535/> (Дата обращения: 01.2.2020).
2. Кочеткова О. В. Трансформация бизнес-процессов сельскохозяйственных предприятий для внедрения технологии интернета вещей // Science in the modern information society XIX: Proceedings of the Conference. North Charleston, 23-24.04. 2019. Vol. 1. P. 95-97.

3. Моделирование и анализ процесса «Выполнить научные исследования и проектные работы» с целью внедрения цифровых технологий в базовых хозяйствах аграрного вуза / О. В. Кочеткова, А. С. Матвеев, Е. В. Ширяева, Д. П. Арьков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2019. №2 (54). С.303-314. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-.

4. Репин В. В., Елиферов В. Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. 544с. - ISBN 978-5-96157-554-5.

5. Уборка томатов [Электронный ресурс] // Agropk: [сайт]. 2016. URL: <https://agropk.by/itma/uborka-tomato> (Дата обращения: 01.02.2020).

6. Хорошева Е. С., Денисова Н. В. Бизнес-процессы в АПК: сущность, виды и особенности в современных экономических условиях // Научный журнал. 2018. № 11 (34). С. 14-19.

7. Шадчина В. Ученые вернули на грядки знаменитые волгоградские помидоры [Электронный ресурс] // Региональный Информационно-Аналитический Центр: [сайт]. 2019. 17 мая. <https://riac34.ru/news/102403/> (Дата обращения: 01.02.2020).

8. Kochetkova O. V., Kostin A. A. How to perform analysis of graphical schemes operational processes... // Academic science - problems and achievements XVIII: Proceedings of the Conference. North Charleston, 28-29.01.2019. Vol. 1. P. 94-99.

9. Navulur S., Sastry A.S.C.S., Prasad M.N.Giri Agricultural management through wireless sensors and internet of things // International Journal of Electrical and Computer Engineering 7. Issue 6, 2017, P.3492-3499.

10. Russia's agro industrial complex: Economic and political influence factors and state support / V. P. Samarina, T. P. Skufina, A. V. Samarin, S. V. Baranov // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2020. N.138. P. 579-593.

11. Shchutskaya A. V., Afanaseva E. P., Kapustina L. V. Digital farming development in Russia: Regional aspect // Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities. 2019. P. 269-279.

12. Yielding capacity and quality of tomato fruits at drip irrigation with water with modified oxidation-reduction potential / S. Semenenko, V. Borodychev, E. Ivantsova, M. Lytov // Paper presented at the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2015. N. 1(5). P. 1055-1062. Retrieved from www.scopus.com

Conclusions. Agricultural company's business process "To perform tomatoes production" formalization performed in BPMN 2.0 notation which takes basic farms of Volgograd State Agricultural University as example allows us to state their low level of digital technology usage. Existing tomatoes production technologies, which require constant control of soil and climatic conditions, plant development and fruit maturing monitoring, are not supported by business processes rapid reorganization tools to comply with actual production conditions. Also it's been revealed that process being studied is largely dependent on "human factor".

Further BPMN notations "As Is" based tomatoes production business processes of agricultural company will be reorganized with proper usage of such modern digital technologies as Data Mining, IoT (Internet of Things), automated decision-making support systems to reduce risks and improve production efficiency.

References

1. Knysh V., Naumov A. Promyshlennaya tehnologiya vyraschivaniya tomata na kapel'nom oroshenii [Elektronnyj resurs] // Zhurnal "Ovoshevodstvo": [sajt]. Izdatel'skij dom "Yunivest Media". 2017. №2. URL: <http://www.ovoshevodstvo.com/journal/browse/201702/article/1535/> (Data obrascheniya: 01.2.2020).

2. Kochetkova O. V. Transformaciya biznes-processov sel'skohozyajstvennyh predpriyatij dlya vnedreniya tehnologii interneta veschej // Science in the modern information society XIX: Proceedings of the Conference. North Charleston, 23-24.04. 2019. Vol. 1. P. 95-97.

3. Modelirovanie i analiz processa "Vypolnit' nauchnye issledovaniya i proektnye raboty" s cel'yu vnedreniya cifrovyyh tehnologij v bazovyh hozyajstvah agrarnogo vuza / O. V. Kochetkova, A. S. Matveev, E. V. Shiryayeva, D. P. Ar'kov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniverstetskogo kompleksa. 2019. №2 (54). P. 303-314. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-.

4. Repin V. V., Eliferov V. G. Processnyj podhod k upravleniyu. Modelirovanie biznes-processov. M.: Mann, Ivanov i Ferber, 2013. 544 p. - ISBN 978-5-96157-554-5.
5. Uborka tomatov [Elektronnyj resurs] // Agropk: [sajt]. 2016. URL: <https://agropk.by/itma/uborka-tomatov> (Data obrascheniya: 01.02.2020).
6. Horosheva E. S., Denisova N. V. Biznes-processy v APK: suschnost', vidy i osobennosti v sovremennyh jekonomicheskikh usloviyah // Nauchnyj zhurnal. 2018. № 11 (34). P. 14-19.
7. Shadchina V. Uchenye vernuli na gryadki znamenitye volgogradskie pomidory [Elektronnyj resurs] // Regional'nyj Informacionno-Analiticheskij Centr: [cajt]. 2019. 17 maya. <https://riac34.ru/news/102403/> (Data obrascheniya: 01.02.2020).
8. Kochetkova O. V., Kostin A. A. How to perform analysis of graphical schemes operational processes... // Academic science - problems and achievements XVIII: Proceedings of the Conference. North Charleston, 28-29.01.2019. Vol. 1. P. 94-99.
9. Navulur S., Sastry A.S.C.S., Prasad M.N.Giri Agricultural management through wireless sensors and internet of things // International Journal of Electrical and Computer Engineering 7. Issue 6, 2017, P.3492-3499.
10. Russia's agro industrial complex: Economic and political influence factors and state support / V. P. Samarina, T. P. Skufina, A. V. Samarin, S. V. Baranov // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2020. N.138. P. 579-593.
11. Shchutskaya A. V., Afanaseva E. P., Kapustina L. V. Digital farming development in Russia: Regional aspect // Digital Transformation of the Economy: Challenges, Trends and New Opportunities. 2019. P. 269-279.
12. Yielding capacity and quality of tomato fruits at drip irrigation with water with modified oxidation-reduction potential / S. Semenenko, V. Borodychev, E. Ivantsova, M. Lytov // Paper presented at the International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. 2015. N. 1(5). P. 1055-1062. Retrieved from www.scopus.com

Authors Information

Elena Shiryaeva, Associate Professor of Department of Information Systems and Technology, Volgograd State Agricultural University (400002, Universitetskiy prospect 26, Volgograd, Russian Federation), Ph.D. in Technical Sciences (400002, Universitetskiy prospect 26, Volgograd, Russian Federation), Ph.D., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4461-2511>, e-mail: el.shirjaeva@gmail.com

Olga Kochetkova, Vice-Chancellor of Strategic Development and Information, Head of Department of Information Systems and Technology, Volgograd State Agricultural University (400002, Universitetskiy prospect 26, Volgograd, Russian Federation), Doctor of Technical Sciences (400002, Universitetskiy prospect 26, Volgograd, Russian Federation), Ph.D., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4892-1899>, e-mail: ovk555@bk.ru

Matveyev Alexander Sergeevich, Associate Professor of Department of Information Systems and Technology, Volgograd State Agricultural University (400002, Universitetskiy prospect 26, Volgograd, Russian Federation), Doctor of Technical Sciences (400002, Universitetskiy prospect 26, Volgograd, Russian Federation), Ph.D. in Physics and Mathematics, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5120-0649>, e-mail: alexsmatveev@yandex.ru

Dmitri Arkov, Associate Professor of Department of Information Systems and Technology, Volgograd State Agricultural University (400002, Universitetskiy prospect 26, Volgograd, Russian Federation), Ph.D. in Technical Sciences (400002, Universitetskiy prospect 26, Volgograd, Russian Federation), Ph.D., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5675-351X>, e-mail: arkov-dmitriy@rambler.ru

Информация об авторах

Ширяева Елена Владимировна, доцент кафедры «Информационные системы и технологии», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4461-2511>, e-mail: el.shirjaeva@gmail.com

Кочеткова Ольга Владимировна, проректор по стратегическому развитию и информатизации, заведующая кафедрой «Информационные системы и технологии», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4892-1899>, e-mail: ovk555@bk.ru

Матвеев Александр Сергеевич, доцент кафедры «Информационные системы и технологии», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат физико-математических наук, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5120-0649>, e-mail: alexsmatveev@yandex.ru

Арков Дмитрий Петрович, доцент кафедры «Информационные системы и технологии», ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5675-351X>, e-mail: arkov-dmitriy@rambler.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-33

THE PROCESS OF DRYING CRUSHED PLANT MATERIAL IN A DRUM DRYER

V. A. Yunin¹, A. M. Zakharov¹, N. N. Kuznetsov², A. V. Zykov¹

¹*Institute for engineering and environmental problems in agricultural production –
branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, St. Petersburg*

²*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Vereshchagin
State Dairy Farming Academy of Vologda»*

Received 22.01.2020

Submitted 05.03.2020

The work was carried out on the topic of State assignment No. 0581-2019-0024 «Develop digital intelligent technologies, robotic systems and complexes of machines for feed production»

Summary

The paper presents theoretical and practical research on the use of thermal infrared radiation with the drying of crushed agricultural raw materials in a drum dryer. Preliminary data have been obtained which will subsequently serve as the basis for a full-factor experiment.

Abstract

Introduction. High energy intensity of the drying process requires improvement of technologies that ensure energy saving with high quality of products and environmental cleanliness of production. In the practice of drying plant materials the most common type is a convective dryer, characterized by a relatively simple construction and able to operate with various heat sources, however, these dryers have some drawbacks including considerable heat loss in the exhaust stream of air or gas, the dependence of drying efficiency on air humidity, the negative impact of the heated coolant on the dried product. During drying in a drum dryer, the concentration of bulk material and the frequency of precipitation are essential. These indices depend on the amount of material that is located in the dryer, the number and size of the blades, and the diameter of the drum. **Object.** The object of research is the drying process of crushed plant mass in a drum dryer with infrared radiation. **Materials and methods.** The research was carried out using an experimental drying plant, the drum of which was made according to the type of existing drum dryers. The key feature of the experimental dryer is that a reverse conveyor belt is provided under the drum, along which the material that has not dried up and accumulated at the end of the drum returns to its beginning. This design feature allowed providing a uniform distribution of the material along the entire length of the drying drum. **Results and conclusions.** In the experiments, the mixture of vetch and oat and various herbs were used (in the phases of forming the stem - the beginning of earing - budding). The initial moisture content of the crushed grass varied from 65 to 85 %, the average moisture content of the grasses was 75 %. According to the results of the experiment, the optimal parameters were determined for some types of herbal mixtures with the moisture content of 75-85 % at the entrance to the dryer; the air speed $V=3-5$ m/s in the dryer; the temperature of the plant mass is not more than 58°C at the exit of the dryer and the specific load of the drying chamber is up to 3 kg/min.

Key words: plant material, drum dryer, moisture exchange, drying, uneven heating.

Citation. Yunin V. A., Zakharov A. M., Kuznetsov N. N., Zykov A. V. The drying process of crushed plant material in a drum dryer. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 335-349 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-33.

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

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

УДК 66.047.57:636.085.532

ПРОЦЕСС СУШКИ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА В БАРАБАННОЙ СУШИЛКЕ

В. А. Юнин¹, кандидат технических наук
А. М. Захаров¹, кандидат технических наук
Н. Н. Кузнецов², кандидат технических наук
А. В. Зыков¹

¹Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина»

Дата поступления в редакцию 22.01.2020

Дата принятия к печати 05.03.2020

**Работа выполнена по теме Государственного задания № 0581-2019-0024
«Разработать цифровые интеллектуальные технологии, роботизированные системы
и комплексы машин для кормопроизводства»**

Актуальность. Высокая энергоемкость процесса сушки требует совершенствования технологий, обеспечивающих энергосбережение при высоком качестве выпускаемой продукции и экологической чистоте производства. В практике сушки растительного сырья наиболее распространены конвективные сушилки, отличающиеся относительно простой конструкцией, а также возможностью работы с различными источниками тепла, однако данные сушилки имеют ряд недостатков, в числе которых существенные потери тепла с отходящим потоком воздуха или газа, зависимость эффективности сушки от влажности воздуха, негативное влияние нагретого теплоносителя на высушиваемый продукт. При сушке в барабанной сушилке существенными являются концентрация ссыпавшегося материала и периодичность ссыпания, эти показатели зависят от количества материала, находящегося одновременно в сушилке, количества и размеров лопастей, диаметра барабана. **Объект.** Объектом исследований является процесс сушки измельченной растительной массы в барабанной сушилке с инфракрасным излучением. **Материалы и методы.** Исследования проводились на экспериментальной сушильной установке, барабан которой был изготовлен по типу существующих барабанных сушилок. Принципиальная особенность работы экспериментальной сушилки состоит в том, что под барабаном предусмотрена обратная транспортерная лента, по которой невысохший и скопившийся в конце барабана материал возвращается в его начало, такая конструктивная особенность позволила обеспечить равномерное распределение материала по всей длине сушильного барабана. **Результаты и выводы.** В опытах были использованы вико-овсяная смесь и разнотравье (в фазах выхода в трубку – начала колошения – бутонизации). Исходная влажность измельченной травы варьировалась от 65 % до 85 %, средняя влажность трав была 75 %. По результатам эксперимента определены оптимальные параметры для некоторых видов травяных смесей влажностью 75 – 85 % на входе в сушилку; скорость воздуха $V=3-5$ м/с в сушилке; температура растительной массы не более 58°C на выходе из сушилки и удельная загрузка сушильной камеры до 3 кг/мин.

Ключевые слова: растительный материал, барабанные сушилки, сушка растительного сырья, сушильные барабаны.

Цитирование. Юнин В. А., Захаров А. М., Кузнецов Н. Н., Зыков А. В. Процесс сушки измельченного растительного материала в барабанной сушилке. *Известия НВ АУК.* 2020. 1(57). 335-349. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-33.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Выбор методов сушки влажных материалов основывается на изучении кинетики процесса переноса и удаления влаги, на оптимизации энергетической освещенности, спектральных характеристик материалов, заданной скорости сушки и спектральном распределении излучения [2].

Основополагающие теоретические исследования и закономерности распределения влаги в высушиваемых растительных капиллярно-пористых материалах, к которым относятся сельскохозяйственные культуры, разработаны Лыковым А. В., Буляндра А.Ф. и в дальнейшем развиты в работах их учеников и других исследователей [16, 22].

Тепловые способы, использующие конвекцию, кондукцию или электромагнитные излучения и реализуемые в различных конструктивных исполнениях сушильных установок, позволяют существенно интенсифицировать процессы сушки, но являются достаточно энергоемкими. Высокая энергоемкость процесса сушки требует совершенствования технологий, обеспечивающих энергосбережение при высоком качестве выпускаемой продукции и экологической чистоте производства.

К основным задачам процесса сушки в отрасли агропромышленного комплекса (АПК) относятся: интенсификация сушки, поддержание максимально допустимой и стабильной температуры на заданном уровне, создание энергосберегающего сушильного оборудования и др.

Назначение оптимальных температурных режимов может быть обосновано на основе теоретических исследований и моделирования теплового воздействия на материал, что может быть обеспечено, как отмечается в исследованиях [17], на основе законов кинетики.

В качестве критерия термостойкости обрабатываемого материала многие исследователи выбирают максимально допустимую температуру нагрева. Следует отметить, что величина максимально допустимой температуры неоднозначна и даже для одного и того же вида материала может иметь нечеткие границы, поскольку определяется опытным путем. Так, например, при сушке материалов в ленточных, камерных или барабанных сушилках слои материала нагреваются неодинаково и в отдельных частицах возникает разный температурный градиент. Поэтому в инженерных расчетах температуру материала оценивают по температуре среднего слоя или по температуре поверхности частиц, чем, собственно, и можно объяснить расхождения в оценках, или по температуре теплоносителя, которая, несмотря на то что легко контролируется, также имеет нечеткие границы допустимых значений. Можно считать, что при сушке различных видов материалов, имеют значение не только разность температур теплоносителя на входе и выходе, но и количественные характеристики процесса, такие как количество затраченного теплоносителя, количество испаренной влаги и др.

По мнению ряда исследователей [6, 8, 11, 13, 14, 18, 21], использование сушки с инфракрасными лучами (ИК) обладает рядом преимуществ по сравнению с другими способами, поскольку позволяет сократить продолжительность обработки. Однако нагрев материала ИК-излучением происходит более интенсивно по сравнению с конвекцией и теплопроводностью, поэтому при длительном использовании облучения влага из высушиваемых изделий будет удаляться очень быстро, что может привести при отсутствии регулирования температуры к нарушению целостности материала. Общие сведения об ИК-излучении и возможностях теплообмена с его участием изложены в работах [3, 20, 23].

Важнейшим фактором при сушке является не только установленная мощность самого источника ИК-излучения, но и потребляемый расход электроэнергии. Волновой характер ИК-излучения и явления электромагнитного резонанса при взаимодействии излучения с материалом могут многократно увеличивать воздействие излучения на расстояниях, кратных длине волны.

Для сушки растительного сырья в отрасли АПК используются различные конструкции сушильных устройств [5], отличающиеся друг от друга рядом классификационных признаков. В конвективных сушилках высушиваемый материал омывается потоком нагретого теплоносителя, в кондуктивных высушиваемый материал имеет непосредственный контакт с нагреваемой поверхностью, в сублимационных имеет место фазовый переход влаги из твердого ее состояния в газообразное, минуя жидкую фазу, в диэлектрических осуществляется подвод тепла с помощью токов высокой частоты, а в радиационных обеспечивается передача теплоты с помощью инфракрасного излучения.

В практике сушки растительного сырья наиболее распространены конвективные сушилки, отличающиеся относительно простой конструкцией, а также возможностью работы с различными источниками тепла [7, 19]. Однако данные сушилки имеют ряд недостатков, в числе которых существенные потери тепла с отходящим потоком воздуха или газа, зависимость эффективности сушки от влажности воздуха, негативное влияние нагретого теплоносителя на высушиваемый продукт. Если на первом этапе сушки взаимодействие теплоносителя с продуктом протекает с высокой интенсивностью и энергоемкость процесса при достаточно высокой скорости сушки невысока, то по мере высыхания продукта его характеристики тепломассопереноса снижаются, и все большая доля тепловой энергии расходуется неэффективно, вследствие чего возрастает энергоемкость процесса, время сушки увеличивается, возникают локальные перегревы продукта, что негативно отражается на качестве и приводит к потерям пищевой ценности высушенного продукта и ухудшению его органолептических характеристик.

Отсюда следует, что процесс сушки в целях энергосбережения должен базироваться на более эффективных механизмах обезвоживания.

Известно, что питательная ценность и качество высушенных продуктов во многом зависят не только от конструктивно-технологических параметров сушильной установки, но и от выбора и настройки ее рабочих режимов. Проведенные исследования [12, 15] показывают, что технология сушки в барабанной сушилке обеспечивает более высокую теплопроводность и теплоотдачу, интенсивное движение и перемешивание частиц, равномерный прогрев материала в сушильной установке.

Материалы и методы. На сушку различных продуктов (не только в отрасли АПК) в барабанных сушилках оказывают влияние конструктивные параметры и режимы работы барабана. Наиболее существенные из них – это диаметр барабана, его частота вращения, количество, размер и форма лопастей, участвующих в перемещении материала. Чтобы в экспериментах уменьшить число факторов, вместо указанных целесообразно ввести один режимный критерий, характеризующий относительную подвижность материала внутри барабана.

При сушке в сушилках барабанного типа часть времени измельченное растительное сырье движется вместе с лопастями и стенкой барабана, а затем падает с лопастей в низ барабана. Тогда критерий подвижности можно представить как отношение продолжительности движения частиц вне лопастей $\tau_{\text{пад}}$ к продолжительности движения их вместе с лопастями $\tau_{\text{пок}}$.

$$Y = \tau_{\text{пад}} / \tau_{\text{пок}} . \quad (1)$$

Как $\tau_{\text{пад}}$, так и $\tau_{\text{пок}}$ зависит от размеров, формы лопастей и угла их установки. $\tau_{\text{пад}}$ зависит также от диаметра барабана, а $\tau_{\text{пок}}$ – от частоты вращения барабана.

Критерий подвижности частиц с термодинамической точки зрения характеризует долю конвективного теплообмена по отношению к кондуктивно-конвективному. В фазе движения частиц совместно с барабаном тепло передается как путем непосредственного контакта высушиваемого материала с нагретыми стенками и лопастями сушилки, так и путем теплопередачи от проходящего через слой материала инфракрасного излучения. В фазе падения частиц материала с лопасти тепло передается не только от источника инфракрасного излучения, но и от нагретого омывающего их потока воздуха. Следует отметить, что фазу падения измельченной растительной массы можно рассматривать и как чисто конвективный теплообмен, поскольку кондуктивная составляющая в этом случае мала из-за относительно малой массы, лежащей на лопастях материала и малого количества воздуха, продуваемого через него.

Время относительного покоя можно выразить как отношение длины дуги L (м), которую проходит измельченная растительная масса частично вместе с барабаном, к окружной скорости частицы V_δ (рад/с), как представлено на рисунке 1.

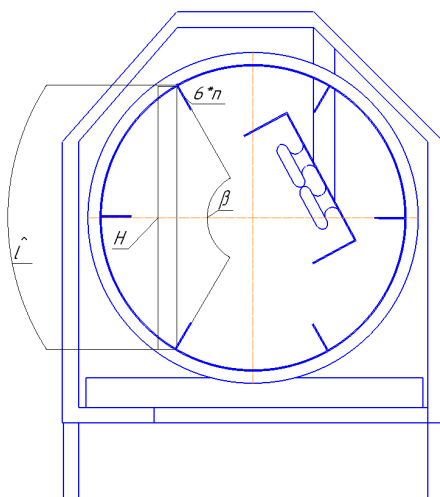


Рисунок 1 – Схема барабанной сушилки для определения критерия подвижности

Figure 1 – Schematic of a drum dryer for determining mobility criteria

$$\tau_{\text{пок}} = L / V_\delta, \quad (2)$$

где L – длина дуги материала при вращении барабана, м; V_δ – окружная скорость частицы, рад/с.

$$L = (2\pi R\beta) / 360, \quad (3)$$

$$V_\delta = (2\pi Rn) / 60. \quad (4)$$

Тогда получим:

$$\tau_{\text{пок}} = \beta - 6n, \quad (5)$$

где β – угол ссыпания материала, зависящий от формы и угла установки лопастей, угла трения высушиваемого материала по лопасти, рад; n – частота вращения барабана, мин⁻¹.

Время свободного падения частицы без учета сопротивления воздуха будет равно:

$$\tau_{\text{пад}} = \sqrt{\frac{2(H-l)}{g}} = \sqrt{\frac{2}{g}(2R\sin\beta/2 - l_1)}, \quad (6)$$

где H – высота расположения лопасти над нижележащей образующей барабана в момент ссыпания материала, м; l – проекция ширины лопасти на вертикальную ось.

После постановки значений (5) и (6) в соответствующее выражение (1) критерий подвижности равен:

$$Y = \frac{6n}{\beta} \sqrt{\frac{2}{g} (2R \sin \frac{\beta}{2} - l_1)} . \quad (7)$$

Если угол между соседними лопастями не вписывается в угол β в целое число раз, действительный критерий подвижности будет меньше, чем вычисленный по формуле, указанной выше, так как после ссыпания материал задерживается в нижней части барабана на время, равное продолжительности подхода очередной лопасти к ссыпающемуся материалу. При 100 % загрузке лопастей материалом ссыпание происходит не из одной точки, а продолжается на некоторой длине дуги окружности. В этом случае критерий подвижности будет характеризоваться средней величиной.

При сушке в барабанной сушилке существенными являются концентрация ссыпающегося материала и периодичность ссыпания. Естественно, что концентрация должна иметь свой оптимум, при котором каждая частица будет свободно обдуваться воздухом и свободно отдавать испарившуюся влагу. Эти показатели зависят от количества материала, находящегося одновременно в сушилке, количества и размеров лопастей, диаметра барабана.

Критерием, который характеризовал бы процесс сушки с учётом перечисленных показателей, является загрузка сушилки – это количество материала, ссыпающегося в единицу времени с погонного метра одной лопасти, отнесенное к площади живого сечения барабана. Загрузку сушилки можно представить следующим выражением:

$$Q = \frac{G \cdot \beta}{36CA l_{np}} \cdot \frac{k}{k'} , \quad (8)$$

где G – производительность сушилки, кг/час; A – площадь сечения барабана, м²; k – число лопастей в барабане, шт; k' – число лопастей, охватываемых углом β , шт; l_{np} – перемещение материала вдоль сушилки за одно падение с лопасти, м.

$$L_{np} = k_l V \tau_{пад} , \quad (9)$$

где k_l – коэффициент лобового сопротивления частицы потоку воздуха зависит от размеров, формы частицы и вида материала; V – скорость воздуха, м/с.

$$Q = \frac{m}{LF} \cdot \frac{k}{k'} \cdot n , \quad (10)$$

где m – масса материала в барабане, кг; L – длина барабана, м;

Таким образом, выбрано четыре фактора, наиболее значимо влияющих на процесс сушки.

В качестве параметра исследования приняли скорость сушки, основываясь на литературных источниках и гипотезе В.В. Красникова. Для измельченного растительного материала с примерно одинаковым начальным влагосодержанием можно построить обобщенную кривую сушки, если с известным приближением считать критическое влагосодержание независимым от режимов сушки. В этом случае для практического использования обобщенной кривой необходимо знать только одну величину – скорость сушки N , которая зависит от режимов сушки:

$$N = f(t_c; V; Y; Q) . \quad (11)$$

Такая постановка вопроса сокращает продолжительность каждого опыта, который не требуется вести до полного высыхания образца. Использование результатов также упрощается, так как вместо кривых сушки, построенных для каждого режима, имеется обобщенная кривая.

Как видно из последнего уравнения, задача исследования сводится к тому, чтобы выявить степень влияния четырех факторов на процесс (скорость) сушки.

План эксперимента построен на основании изложенной в литературе методики [9, 10]. Построенный таким образом план эксперимента обеспечивает сочетание каждого уровня фактора с другими по одному разу.

Диапазон изменения каждого фактора был принят на основании анализа работ существующих сушилок и исследований по данному вопросу. Уровни варьирования всех факторов (приведены в таблице) приняты по «арифметической прогрессии», поскольку заранее не было известно, при каком значении фактора наиболее резко изменятся исследуемые параметры.

Таблица – Уровни варьирования все факторов / Table – Levels of variation all factors

Фактор / Factor	Уровень факторов / Factor level				
	1	2	3	4	5
Температура $t, C^0(K)$ / Temperature $t, C^0(K)$	30;(303.15)	50;(323.15)	70;(343.15)	90;(363.15)	110;(383.15)
Скорость $V, м/с$ / Speed $V, м/с$	1	2	3	4	5
Критерий подвижности $Y, с/с$ / Mobility criterion $Y, с/с$	0.05	0.08	0.13	0.18	0.20
Загрузка $Q, кг/мин$ / Loading $Q, кг/мин$	1	2	3	4	5

Исследования проводились на экспериментальной сушильной установке, барабан которой был изготовлен по типу существующих барабанных сушилок [1, 4]. Принципиальная особенность работы экспериментальной сушилки состоит в том, что под барабаном предусмотрена обратная транспортерная лента, по которой не высохший и скопившийся в конце барабана материал возвращается в его начало. Это связано с тем, что длина экспериментального барабана ограничена, а предотвратить продвижение материала вдоль него нельзя, особенно при увеличении скорости воздуха и мелко измельченном материале. Такая конструктивная особенность позволила обеспечить равномерное распределение материала по всей длине сушильного барабана.

В опытах были использованы вико-овсяная смесь и разнотравье (в фазах выхода в трубку – начала колошения – бутонизации). Исходная влажность измельченной травы варьировалась от 65 % до 85 %, средняя влажность трав была 75 %.

Результаты и обсуждение. Результаты экспериментов группировались по отдельным факторам в таблицы, откуда определялось среднее геометрическое искомое параметра при средних значениях остальных факторов.

Нанесенные на график средние геометрические точки удовлетворительно описываются кривыми на рисунке 2. При этом наиболее значимым фактором является критерий подвижности и далее по степени убывания значимости – скорость сушильного агента, температура – критерий подвижности и загрузка.

Обработка кривых методом средних величин позволила получить следующие однофакторные зависимости скорости сушки от:

- температуры сушильного агента $N_t = 5 \cdot 10^{-3} t_B^2 - 0.044$;
- скорости сушильного агента $N_V = 0,11 + 0,015V$;
- критерия подвижности $N_Y = Y^{0.84}$;
- загрузки $N_Q = 0.32 \exp(-0.071Q)$.

Поскольку однофакторные зависимости получены по средним геометрическим значениям, общее уравнение регрессии представляет собой произведение этих зависимостей.

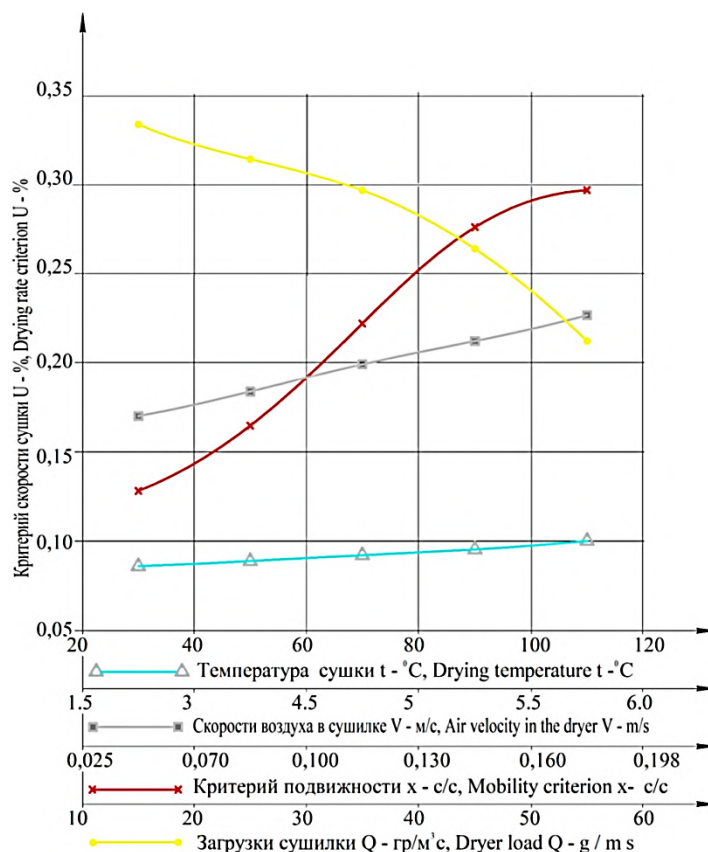


Рисунок 2 – Зависимость скорости сушки измельченного разнотравья от температуры t и скорости V сушильного агента, критерия подвижности Y и загрузки сушилки Q

Figure 2 – Dependence of the drying rate of the crushed herbs on temperature t and the drying agent speed V , mobility criterion Y and dryer load Q

При этом поправочный коэффициент к общему уравнению определяется путем сопоставления расчетных и экспериментальных значений искомого параметра. Тогда зависимость скорости сушки при исследовании четырех факторов будет иметь вид:

$$N = 4.15 \cdot 10^{-2} (t_c^{0.49} \cdot 10^{-5} + 8.8)(1 + 1.36V)Y^{0.84} \exp(-0.071Q). \quad (12)$$

Здесь температура воздуха выражена в К (Кельвинах), скорость – в м/с, критерий подвижности – в с/с, загрузка в гр/м³с, при этом скорость сушки получается в процентах убыли влагосодержания за одну секунду.

Средняя погрешность при расчетах по формуле, указанной выше, составляет около 2 %, среднее квадратичное отклонение – 15 %, а корреляционное отношение получилось равным 0,95.

Поскольку для опытов, проводившихся в течение одного дня, необходимо было каждый раз заготавливать исходный материал, начальная влажность в разных опытах не была одинаковой. Среднее влагосодержание измельченной травосмеси составляло 65-85 % при колебании ± 10 %. При построении обобщенной кривой сушки обязательным является условие одинакового начального влагосодержания высушенного материала. Поэтому каждая кривая сушки приводилась к среднему начальному влагосодержанию путем сдвига ее вдоль оси абсцисс на величину, равную продолжительности сушки материала от среднего до действительного начального со знаком плюс или минус.

Использование уравнения регрессии совместно с обобщенной кривой сушки показывает удовлетворительное совпадение расчетной производительности сушки до конечного влагосодержания 17 % с экспериментальной.



Рисунок 3 – Экспериментальный образец барабанной сушиллки с инфракрасным источником тепла

Figure 3 – Experimental sample drum dryer with infrared heat source

В Научно-исследовательской лаборатории технологий и технических средств производства кормов из трав Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства филиала федерального научного агроинженерного центра ВИМ был разработан экспериментальный образец инфракрасной сушильной установки барабанного типа с инфракрасным источником тепла (рисунок 3) как одного из элементов комплекса по приготовлению полнорационных сбалансированных кормов.

В данной установке барабан является одновременно ворошителем и транспортером массы. Время пребывания массы травы в сушилке регулируется за счет скорости транспортировки массы с помощью продольного наклона барабана, скорости вращения барабана и скорости вращения вентилятора (для дополнительного отвода влаги от травяной массы и рециркуляции теплоты выделенной стенками барабана).

На данном этапе реализован поисковый эксперимент определения влияния основных факторов на ход процесса сушки, характеризуемый величиной загрузки (q , кг/м²ч) и удельного расхода тепла на испарение влаги (Q , кДж/кг). В результате исследований установлены значения сушки травы влажностью 75-85 %: температура теплоносителя не более 110 °С, температура измельченной растительной массы на выходе из барабана не более 50 °С, скорость воздуха $V=3-5$ м/с и удельная загрузка сушильной камеры не более 3 кг/мин.

За конструктивные параметры сушилки приняты: количество источников излучения – 30 штук; зазор между источником излучения и внутренней стенкой барабана – 400 мм.

В качестве источника излучения для использования в барабанной сушилке выбраны лампы типа ИКЗ мощностью 250 Вт. Установлено, что изменение температуры в зависимости от потребляемой мощности излучателей носит линейный характер, при этом потребляемая мощность в диапазоне температур сушки в 2-2,5 может быть уменьшена.

Установлено, что при номинальной суммарной мощности нагревателя 7,5 кВт·ч максимальная температура растительной массы на выходе 58 °С.

На данном этапе проведены исследования определения влияния основных факторов на процесс сушки, характеризуемый величиной удельной производительности (q , кг/м²ч) и удельного расхода тепла на испарение влаги (Q , кДж/кг).

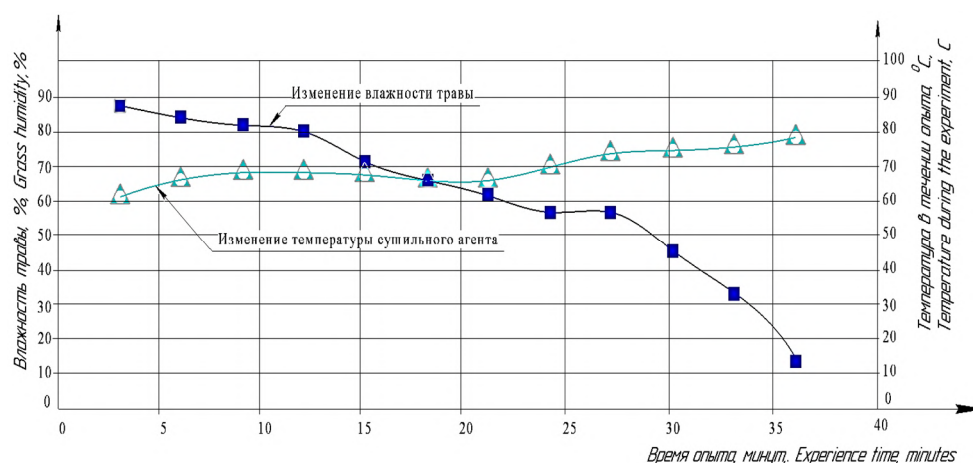


Рисунок 4 – Графики изменения влагосодержания в растительном сырье и температуры в сушильной камере барабанной сушилки

Figure 4 – Graphs of changes in moisture content in plant materials and temperature in the drying chamber of a drum dryer

На рисунке 4 представлены зависимости влажности травы и температуры воздуха внутри сушилки от времени сушки. После 27 минут сушки скорость влагоотдачи повышается в связи с потерей жизнеспособности клеток растений (происходит испарение внутриклеточной влаги).

В результате исследований получили обоснованные (для рассматриваемых значений факторов) параметры и режимы сушки травы влажностью 75-85 % на входе в сушилку: температура растительной массы не более 58 °С на выходе из сушилки; скорость воздуха $V=3-5$ м/с и удельная загрузка сушильной камеры до 3 кг/мин.

Обсуждение. В настоящее время недостаточно внимания уделяется проектированию новых конструктивно-технологических схем сушильных аппаратов с вращающимся барабаном, и разнообразие конструкций известных сушилок, даже для одного и того же вида материала, свидетельствует о том, что, с одной стороны, можно осуществить выбор того или иного типа сушилки в зависимости от объемов производства высушенного материала, а с другой – что многие технические решения еще далеки от совершенства с позиций гибкости по видам обрабатываемого материала, энергосбережения и материалоемкости, удобства обслуживания и рациональности конструкции.

В дальнейшем работа предусматривает проведение полнофакторного эксперимента с автоматизацией процесса подачи растительной массы в камеру сушилки и автоматизацией процесса сушки в целом, ее дальнейшее внедрение как элемента комплекса по приготовлению полнорационных сбалансированных кормов из трав.

Выводы. По результатам эксперимента определены оптимальные параметры для некоторых видов травяных смесей влажностью 75-85 % на входе в сушилку: скорость воздуха $V=3-5$ м/с в сушилке, температура растительной массы не более 58 °С на выходе из сушилки и удельная загрузка сушильной камеры до 3 кг/мин.

В дальнейшем необходимо продолжить исследования для других видов растительного сырья с построением математических моделей процессов сушки для бобовых и злаковых трав, определить оптимальные параметры сушилки и показатели инфракрасной сушки трав, обеспечивающие высокое содержание усваиваемой животными энергии корма с сохранением витаминов, разработать системы автоматического управления процессом сушки в барабанной сушилке с инфракрасными источниками тепла.

Таким образом, инфракрасная сушка является эффективным приемом сушки травы для получения витаминных кормовых добавок, которые обеспечивают снижение стоимости сбалансированных кормовых рационов для высокопродуктивных животных за счет снижения энергетических затрат на удаление влаги из травы и сохранение биологически активных ингредиентов в высушенной траве.

Библиографический список

1. Авроров В. А., Смольянова А. П. Модульная барабанная сушилка с ИК нагревом продукта // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2017. № 02 (36)/03 (37). С. 8-14.
2. Алтухов И. В., Федотов В. А., Очиров В. Д. Технология обработки сельскохозяйственного сырья растительного происхождения тепловым излучением: монография. Молодежный: Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, 2019. 144 с.
3. Алтухов И. В., Цугленок Н. В. Импульсные излучатели для сушки растительного сырья // Актуальные вопросы аграрной науки. 2018. № 27. С. 5-12. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-11-158-164.
4. Барабанная сушилка СБ-3. Доступно по адресу: <http://pcstart.ru/barabannaya-sushilka-sb-3> (по состоянию на 20.01.2020)
5. Зыков А. В., Юнин В. А., Захаров А. М. Использование робототехнических средств в АПК // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. №3 (81). С. 8-11.

6. Adak N., Heybeli N., Ertekin C. Infrared drying of strawberry // Food Chemistry. 2017. V. 219. P. 109–116. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.09.103.
7. Distribution of temperature and moisture content fields in a rectangular beet pulp particle during convection drying / A. Ostrikov, A. Shevtsov, A. Drannikov, A. Kvasov // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2018. Vol. 80. P. 11-19. 10.20914/2310-1202-2018-1-11-19.
8. Doymaz I. Infrared drying of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) slices // Journal of Food Science and Technology. 2012. Vol. 49(6). P. 760–766. doi: 10.1007/s13197-010-0217-8.
9. Effect of drying methods on the antioxidant properties of *pandanus amaryllifolius* / N. Atiqah, A. Mamat, M. Aslam, M. S. Ahmad // Indian Research Journal of Pharmacy and Science. 2016. Vol. 3. P. 706-715.
10. Ermakov S., Semenchikov D. On optimization methods in the problems of experiment design // Industrial laboratory. Diagnostics of materials. 2019. Vol. 85. P. 72-77. 10.26896/1028-6861-2019-85-1-I-72-77.
11. Evaluation of different drying systems as an alternative to sun drying for figs (*Ficus carica* L.) / M. C. Villalobos, M. J. Serradilla, A. Martín, C. Pereira, M. López-Corrales, M. G. Córdoba // Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2016. Vol. 36. P. 156–165. doi: 10.1016/j.ifset.2016.06.006.
12. Hamacher S. Types of conveyor belts. 2020. 10.1007/978-3-662-59298-4_2.
13. Infrared Drying as a Quick Preparation Method for Dried Tangerine Peel / M. Xu, G. Tian, C. Zhao, A. Ahmad, H. Zhang, J. Bi, H. Xiao, J. Zheng // Int J Anal Chem. 2017;2017:6254793. doi: 10.1155/2017/6254793. Epub 2017 Nov 19. PMID: 29348752; PMCID: PMC5734003.
14. Infrared Heating in Food Drying: An Overview / H. R. Muhmmmed, A. B. A. Siti, H. M. Mohd, C. S. Azura // Drying Technology. 2015. 33:3, P. 322-335, DOI: 10.1080/07373937.2014.951124.
15. Luthra K., Sadaka S., Atungulu G. Experimental Study of Drying Rough Rice in a Fluidized Bed Exposed to Heating and Hold-up Duration. 2018.
16. Mass Conductivity of Capillary-Porous Colloidal Materials Subjected to Convective Drying / S. Rudobashta, G. Zueva, E. Muravleva, V. Dmitriev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2018. 91. P. 1-9. 10.1007/s10891-018-1808-x.
17. Muga F., Workneh T. Microwave-assisted forced hot air circulation drying of thin-layer teff (*Eragrostis tef*) // Journal of Food Agriculture and Environment. 2018. 16. 10.1234/4.2018.5494.
18. Oliveira S. M., Brandão T. R. S., Silva C. L. M. Influence of Drying Processes and Pre-treatments on Nutritional and Bioactive Characteristics of Dried Vegetables: A Review // FoodEngineeringReviews. 2016. Vol. 8(2). P. 134–163. doi: 10.1007/s12393-015-9124-0.
19. Optimization of the Conditions of Convective Drying of Thermosensitive Materials / M. K. Alyzhanov, M. R. Sikhimbayev, S. B. Kuzembayev, K. T. Sherov, D. R. Sikhimbayeva, N. A. Khanov, T. B. Kurmangaliyev, D. E. Elemes, B. S. Donenbayev, M. M. Musaev, T. Buzauova // Journal of Theoretical and Applied Mechanics. 2016. Vol. 46. P. 10-15. 15/jtam-2016-0021.
20. Pulsed infrared radiation for drying raw materials of plant and animal origin / I. V. Buyanova, I. V. Altukhov, N. V. Tsuglenok, O. V. Krieger, E. V. Kashirskih // Foods and Raw Materials. 2019. Vol. 7. No. 1. P. 151–160. DOI: <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-151-160>.
21. *Stevia rebaudiana* Leaves: Effect of Drying Process Temperature on Bioactive Components, Antioxidant Capacity and Natural Sweeteners / R. Lemus-Mondaca, K. Ah-Hen, A. Vega-Gálvez, C. Honores, N. O. Moraga // Plant Foods for Human Nutrition. 2016. Vol. 71(1). P. 49–56. doi: 10.1007/s11130-015-0524-3.
22. Sychevskii V. A. Drying of colloidal capillary-porous materials. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2015. 85. P. 740-749. 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.02.025.
23. Zhang Y., Li Q., Zhou H. Radiation Heat Exchange between Isothermal Surfaces. 2016. 10.1016/B978-0-12-800966-6.00003-X.

Conclusions. According to the results of the experiment, the optimal parameters were determined for some types of herbal mixtures with a humidity of 75 % - 85 % at the inlet of the dryer: air speed $V = 3-5$ m/s in the dryer, the temperature of the plant mass is not more than 58°C at the outlet of the dryer and the specific load of the dryer chambers up to 3 kg/min.

In the future, it is necessary to continue research for other types of plant materials with the construction of mathematical models of drying processes for legumes and cereal grasses, to determine the optimal parameters of the dryer and indicators of infrared drying of grasses, providing a high content of feed energy absorbed by animals with preservation of vitamins, to develop automatic systems control the drying process in a drum dryer with infrared heat sources.

Thus, infrared drying is an effective method of drying grass to obtain vitamin feed additives that reduce the cost of balanced feed rations for highly productive animals by reducing the energy costs of removing moisture from the grass and preserving the biologically active ingredients in the dried grass.

References

1. Avrorov V. A., Smol'yanova A. P. Modul'naya barabannaya sushilka s IK nagrevom produkta // HHI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyaschego plyus. 2017. № 02 (36)/03 (37). P. 8-14.
2. Altuhov I. V., Fedotov V. A., Ochirov V. D. Tehnologiya obrabotki sel'skohozyajstvennogo syr'ya rastitel'nogo proisxozhdeniya teplovym izlucheniem: monografiya. Molodezhnyj: Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. A. A. Ezhevskogo, 2019. 144 p.
3. Altuhov I. V., Cuglenok N. V. Impul'snye izluchateli dlya sushki rastitel'nogo syr'ya // Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki. 2018. № 27. S. 5-12. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-11-158-164.
4. Barabannaya sushilka SB-3. Dostupno po adresu: <http://pcstart.ru/barabannaya-sushilka-sb-3> (po sostoyaniyu na 20.01.2020)
5. Zykov A. V., Yunin V. A., Zaharov A. M. Ispol'zovanie robototekhnicheskikh sredstv v APK // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2019. №3 (81). P. 8-11.
6. Adak N., Heybeli N., Ertekin C. Infrared drying of strawberry // Food Chemistry. 2017. V. 219. P. 109–116. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.09.103.
7. Distribution of temperature and moisture content fields in a rectangular beet pulp particle during convection drying / A. Ostrikov, A. Shevtsov, A. Drannikov, A. Kvasov // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2018. Vol. 80. P. 11-19. 10.20914/2310-1202-2018-1-11-19.
8. Doymaz I. Infrared drying of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) slices // Journal of Food Science and Technology. 2012. Vol. 49(6). P. 760–766. doi: 10.1007/s13197-010-0217-8.
9. Effect of drying methods on the antioxidant properties of pandanus amaryllifolius / N. Atiqah, A. Mamat, M. Aslam, M. S. Ahmad // Indian Research Journal of Pharmacy and Science. 2016. Vol. 3. P. 706-715.
10. Ermakov S., Semenchikov D. On optimization methods in the problems of experiment design // Industrial laboratory. Diagnostics of materials. 2019. Vol. 85. P. 72-77. 10.26896/1028-6861-2019-85-1-I-72-77.
11. Evaluation of different drying systems as an alternative to sun drying for figs (*Ficus carica* L.) / M. C. Villalobos, M. J. Serradilla, A. Martín, C. Pereira, M. López-Corrales, M. G. Córdoba // Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2016. Vol. 36. P. 156–165. doi: 10.1016/j.ifset.2016.06.006.
12. Hamacher S. Types of conveyor belts. 2020. 10.1007/978-3-662-59298-4_2.
13. Infrared Drying as a Quick Preparation Method for Dried Tangerine Peel / M. Xu, G. Tian, C. Zhao, A. Ahmad, H. Zhang, J. Bi, H. Xiao, J. Zheng // Int J Anal Chem. 2017;2017:6254793. doi: 10.1155/2017/6254793. Epub 2017 Nov 19. PMID: 29348752; PMCID: PMC5734003.
14. Infrared Heating in Food Drying: An Overview / H. R. Muhmmmed, A. B. A. Siti, H. M. Mohd, C. S. Azura // Drying Technology. 2015. 33:3, P. 322-335, DOI: 10.1080/07373937.2014.951124.

15. Luthra K., Sadaka S., Atungulu G. Experimental Study of Drying Rough Rice in a Fluidized Bed Exposed to Heating and Hold-up Duration. 2018.
16. Mass Conductivity of Capillary-Porous Colloidal Materials Subjected to Convective Drying / S. Rudobashta, G. Zueva, E. Muravleva, V. Dmitriev // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2018. 91. P. 1-9. 10.1007/s10891-018-1808-x.
17. Muga F., Workneh T. Microwave-assisted forced hot air circulation drying of thin-layer teff (*Eragrostis tef*) // Journal of Food Agriculture and Environment. 2018. 16. 10.1234/4.2018.5494.
18. Oliveira S. M., Brandão T. R. S., Silva C. L. M. Influence of Drying Processes and Pre-treatments on Nutritional and Bioactive Characteristics of Dried Vegetables: A Review // FoodEngineeringReviews. 2016. Vol. 8(2). P. 134–163. doi: 10.1007/s12393-015-9124-0.
19. Optimization of the Conditions of Convective Drying of Thermosensitive Materials / M. K. Alyzhanov, M. R. Sikhimbayev, S. B. Kuzembayev, K. T. Sherov, D. R. Sikhimbayeva, N. A. Khanov, T. B. Kurmangaliyev, D. E. Elemes, B. S. Donenbayev, M. M. Musaev, T. Buzauova // Journal of Theoretical and Applied Mechanics. 2016. Vol. 46. P. 10-15. 15/jtam-2016-0021.
20. Pulsed infrared radiation for drying raw materials of plant and animal origin / I. V. Buyanova, I. V. Altukhov, N. V. Tsuglenok, O. V. Krieger, E. V. Kashirskih // Foods and Raw Materials. 2019. Vol. 7. No. 1. P. 151–160. DOI: <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-151-160>.
21. *Stevia rebaudiana* Leaves: Effect of Drying Process Temperature on Bioactive Components, Antioxidant Capacity and Natural Sweeteners / R. Lemus-Mondaca, K. Ah-Hen, A. Vega-Gálvez, C. Honores, N. O. Moraga // Plant Foods for Human Nutrition. 2016. Vol. 71(1). P. 49–56. doi: 10.1007/s11130-015-0524-3.
22. Sychevskii V. A. Drying of colloidal capillary-porous materials. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2015. 85. P. 740-749. 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.02.025.
23. Zhang Y., Li Q., Zhou H. Radiation Heat Exchange between Isothermal Surfaces. 2016. 10.1016/B978-0-12-800966-6.00003-X.

Authors Information

Vyacheslav A. Yunin, Senior Researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (3 Filtrovskoye Shosse, p. o. Tiarlevo, Saint Petersburg 196625, Russia), Ph.D. (Engineering), ResearcherID: AAB-7686-2019, ORCID: 0000-0002-8111-1727 **E-mail:** vim_iaep@mail.ru

Anton M. Zakharov, Senior Researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (3 Filtrovskoye Shosse, p. o. Tiarlevo, Saint Petersburg 196625, Russia), Ph.D. (Engineering), ResearcherID: S-4113-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3501-0543>, bauermw@mail.ru

Nikolay N. Kuznetsov, Dean of the Faculty of Engineering, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Vologda State Dairy Farming Academy by N.V. Vereshchagin” (2 Smidta St, Molochnoe, Vologda, 160555, Russia), Ph.D. (Engineering), Associate Professor, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6329-9754> **E-mail:** 027781@mail.ru

Andrey V. Zykov, Researcher, Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production – Branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM (3 Filtrovskoye Shosse, p. o. Tiarlevo, Saint Petersburg 196625, Russia), ResearcherID: A-7155-2015, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3435-7468>, zav35@list.ru

Информация об авторах

Юнин Вячеслав Александрович, старший научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (196625, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское ш., д. 3), кандидат технических наук, ResearcherID: AAB-7686-2019, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8111-1727>. **E-mail:** vim_iaep@mail.ru

Захаров Антон Михайлович, старший научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (196625, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское ш., д. 3), кандидат технических наук, ResearcherID: S-4113-2018, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3501-0543>, bauermw@mail.ru

Кузнецов Николай Николаевич, декан инженерного факультета Вологодской государственной молочнохозяйственной академии имени Н. В. Верещагина (160555, Вологодская область, г. Вологда, с. Молочное, ул. Емельянова, д. 1, каб. 14), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6329-9754> E-mail: 027781@mail.ru

Зыков Андрей Владимирович, научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (196625, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское ш., д. 3), ResearcherID: A-7155-2015, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3435-7468>, zav35@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-34

THE METHOD OF SELECTING VEHICLES WHEN THE HARVESTING OF CROPS

A. I. Ryadnov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 03.12.2019

Submitted 27.02.2020

Summary

Technological processes for the cultivation and harvesting of most agricultural crops include transport operations, whose special role is assigned to the harvesting of cereals and other crops. In this regard, the use of vehicles must be highly efficient. The paper proposes a method for selecting the qualitative and quantitative composition of vehicles that provide the maximum effect for these conditions of harvesting crops and transporting harvested products.

Abstract

Relevance. Currently, it is of particular importance to solve the problem of choosing the qualitative and quantitative composition of vehicles when changing the structure of crop areas and combine fleet in the economy, using new high-performance grain harvesters and other combines, as well as new cleaning technologies. **The purpose** of this work is to develop a method for selecting the qualitative and quantitative composition of vehicles that are most effective for these conditions of harvesting agricultural crops and transporting harvested products. **Materials and methods.** This article uses the theory of efficiency and Queuing with the use of statistical information obtained by collecting and mathematical processing of data that characterize the use of vehicles for the transportation of agricultural goods in specific conditions. **Results.** Based on the analysis of scientific papers, it is established that the choice of a vehicle for transporting agricultural products in the process of harvesting must be performed at two levels. On the first level, the choice of the qualitative composition of vehicles used complex criterion of efficiency, taking into account the actual and desired values of such private factors as: the degree of use of vehicle capacity, the cost of transportation per unit mass of cargo a distance of one kilometer, the labor costs for loading and unloading of a unit mass of cargo, specific metal of the vehicle and loss of cargo, as well as their relative importance. The vehicle for which the comprehensive performance criterion has the maximum value is recommended for use. At the second level, when selecting the number of vehicles, a closed Queuing system is considered, including m vehicles, n loading vehicles ($m > n$, $n > 1$), in which the flow of requirements $l = 1/t_{bsr}$ (here t_{bsr} – average flight time) is generated by each vehicle and is interrupted for the service time, and the service flow $m = 1/t_{bsr}$ (here t_{bsr} – average service time). In this case, if all loading machines are occupied, the vehicle is placed in the queue. Based on the possible States of the system, the probability of finding the system in each of the States and the average number of loading machines and vehicles is calculated. **Conclusion.** The choice of a vehicle for transporting agricultural products during the harvesting process must be performed at two levels. On the first level, choose a high-quality vehicle at the maximum value of integrated criterion of efficiency, and on the second level is selected, the quantitative composition of vehicles on the probability of finding the considered harvesting and transport system in the state in which the vehicle is used.

Key words: vehicle, the harvesting of crops, the theory of efficiency and queueing performance criterion.

Citation. Ryadnov A. I. The method of selecting vehicles when the harvesting of crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 349-356 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-34.

УДК 631.171:656.137

**МЕТОД ВЫБОРА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
ПРИ УБОРКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР****А. И. Ряднов**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор*Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 03.12.2019

Дата принятия к печати 27.02.2020

Актуальность. В настоящее время особое значение приобретает решение проблемы выбора качественного и количественного состава транспортных средств при изменении структуры посевных площадей и комбайнового парка в хозяйстве, применении новых высокопроизводительных зерноуборочных и других комбайнов, а также новых технологий уборки. **Цель настоящей работы** – разработка метода выбора качественного и количественного состава транспортных средств, максимально эффективных для данных условий уборки сельскохозяйственных культур и транспортировки убранной продукции. **Материалы и методы.** В настоящей статье использованы теории эффективности и массового обслуживания с применением статистической информации, полученной методом сбора и математической обработки данных, характеризующих использование транспортных средств на перевозке сельскохозяйственных грузов в конкретных условиях. **Результаты.** На основе анализа научных работ установлено, что выбор транспортного средства для перевозки сельскохозяйственной продукции в процессе ее уборки необходимо выполнять на двух уровнях. На первом уровне при выборе качественного состава транспортных средств применяется комплексный критерий эффективности, учитывающий фактические и требуемые значения таких частных показателей, как степень использования грузоподъемности транспортного средства, себестоимость транспортировки единицы массы груза на расстояние один километр, затраты труда на погрузку и разгрузку единицы массы груза, удельная металлоемкость транспортного средства и потерь перевозимого груза, а также их относительную важность. То транспортное средство, для которого комплексный критерий эффективности имеет максимальное значение, рекомендуется к использованию. На втором уровне при выборе количественного состава транспортных средств рассматривается замкнутая система массового обслуживания, включающая m транспортных средств, n погрузочных машин ($m > n$, $n > 1$), в которой поток требований $\lambda = 1/t_{\text{в}}^{\text{ср}}$ (здесь $t_{\text{в}}^{\text{ср}}$ – среднее время рейса) порождается каждым транспортным средством и на время обслуживания прерывается, а поток обслуживания $\mu = 1/t_{\text{обс}}^{\text{ср}}$ (здесь $t_{\text{обс}}^{\text{ср}}$ – среднее время обслуживания). При этом если все погрузочные машины заняты, то транспортное средство становится в очередь. На основе возможных состояний системы вычисляется вероятность нахождения системы в каждом из состояний и среднее число погрузочных машин и транспортных средств. **Выводы.** Выбор транспортного средства для перевозки сельскохозяйственной продукции в процессе ее уборки необходимо выполнять на двух уровнях. На первом уровне выбирается качественный состав транспортных средств по максимальному значению комплексного критерия эффективности, а на втором уровне выбирается количественный состав транспортных средств по вероятности нахождения рассматриваемой уборочно-транспортной системы в состоянии, при котором используется транспортное средство.

Ключевые слова: транспортные средства, уборка сельскохозяйственных культур, теории эффективности и массового обслуживания, критерии эффективности.

Цитирование. Ряднов А. И. Метод выбора транспортных средств при уборке сельскохозяйственных культур. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 349-356. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-34.

Введение. Технологические процессы по возделыванию и уборке большинства сельскохозяйственных культур включают транспортные операции, затраты денежных средств на выполнение которых составляют в себестоимости сельскохозяйственной продукции от 15 до 40 % [2]. Особая роль транспортным операциям отводится при

уборке зерновых колосовых и зернобобовых культур, овощей и фруктов, сена и соломы в рассыпном и прессованном виде и ряда других культур. При этом в основном используется автомобильный и тракторный транспорт [7, 10].

Широкое применение автомобильного транспорта по сравнению с другими видами транспорта, например, речным или трубопроводным, связано с высокой его маневренностью движения, возможностью доставки грузов, в том числе малых объемов и партий без упаковки, по различным маршрутам. Тракторный транспорт по сравнению с автомобильным имеет меньшую среднюю скорость движения, но при этом менее зависим от дорожных условий.

Одно из важнейших требований, предъявляемых к транспортным средствам при перевозках сельскохозяйственной продукции, – минимальный уровень потерь и травмирования ее [6, 8, 9, 13, 14].

В настоящее время нет четких рекомендаций по выбору транспортных средств на внутриусадебных, внутрихозяйственных и внехозяйственных перевозках продукции растениеводства не только по их качественному составу, но и по необходимому количеству для данных условий уборки сельскохозяйственных культур.

Особое значение приобретает решение проблемы выбора качественного и количественного состава транспортных средств при изменении структуры посевных площадей и комбайнового парка в хозяйстве, применении новых высокопроизводительных зерноуборочных и другого назначения комбайнов, а также новых технологий уборки.

В связи с этим цель настоящей работы – разработка метода выбора качественного и количественного состава транспортных средств, максимально эффективных для данных условий уборки сельскохозяйственных культур и транспортировки убранной продукции.

Материалы и методы. При обосновании транспортного обслуживания уборки сельскохозяйственных культур могут быть использованы различные методы.

До настоящего времени в большинстве случаев при выборе транспортного средства используются экономические методы. Так, например, в работе [3] предложено экономическую целесообразность использования грузового транспорта оценивать целевыми функциями, которые определяются для случаев использования собственного автопарка и пользования услугами сторонней транспортной компании.

Автор работы [4] при выборе транспортных систем рекомендует использовать теорию функционирования систем, предметом исследования которых являются системы, функционирующие на заданном отрезке времени устойчиво и стационарно.

В работе [12] предложена концепция формирования транспортной системы доставки сельскохозяйственных грузов с использованием системного и логистического подходов. Следует отметить, что в работах [3, 4 и 12] не учитываются в явной форме виды перевозок и ряд других важнейших факторов, влияющих на эффективность использования транспортных средств.

В работе [1] предложено оценивать эффективность использования транспортных средств на перевозке сельскохозяйственных грузов комплексным критерием, учитывающим множество частных показателей и их важность. По предложенному комплексному критерию эффективности достаточно точно можно сравнить транспортные средства, имеющие различные технические характеристики, но без их связи с погрузочными машинами.

При определении оптимального соотношения между количеством комбайнов и транспортных средств в уборочно-транспортном звене применяется также и теория массового обслуживания. Например, в работе [5] функционирование уборочно-транспортного звена рассматривается как однофазная разомкнутая система массового обслуживания с ожиданием.

Результаты и обсуждение. На основе анализа многих научных работ по исследованию транспортных систем считаем, что выбор транспортного средства для перевозки сельскохозяйственной продукции в процессе ее уборки необходимо выполнять на двух уровнях. На первом уровне определяется качественный состав транспортных средств. При этом следует применять теорию эффективности. На втором уровне определяется количественный состав транспортных средств с применением теории массового обслуживания. При этом используется статистическая информация, полученная методом сбора и математической обработки данных, характеризующих использование транспортных средств на перевозке сельскохозяйственных грузов в конкретных условиях.

Качественный состав транспортных средств на перевозках сельскохозяйственной продукции можно определить по комплексному критерию эффективности, предложенному в работе [1]:

$$\varphi(W) = \frac{K_{\gamma}}{K_C K_{T_{\Pi}} K_{T_p} K_M K_{\Pi}}, \quad (1)$$

где

$$\left. \begin{aligned} K_{\gamma} &= \alpha_{\gamma} \frac{\gamma}{\gamma^{TP}}, & K_C &= \alpha_C \frac{C}{C^{TP}}, & K_{T_{\Pi}} &= \alpha_{T_{\Pi}} \frac{T_{\Pi}}{T_{\Pi}^{TP}}, \\ K_{T_p} &= \alpha_{T_p} \frac{T_p}{T_p^{TP}}, & K_M &= \alpha_M \frac{M}{M^{TP}}, & K_{\Pi} &= \alpha_{\Pi} \frac{\Pi}{\Pi^{TP}}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

здесь: соответственно γ и γ^{TP} – степень использования и требуемое значение степени использования грузоподъемности транспортного средства, C и C^{TP} – себестоимость транспортировки единицы массы груза на расстояние один километр (руб./т·км) и ее требуемое значение; T_{Π} – затраты труда на погрузку единицы массы груза (чел.·ч) и их требуемое значение; T_p – затраты труда на разгрузку единицы массы груза (чел.·ч) и их требуемое значение; M – удельная металлоемкость транспортного средства (кг/т·км) и ее требуемое значение; Π – потери перевозимого груза (%) и их допустимое значение; $\alpha_{\gamma}, \alpha_C, \alpha_{T_{\Pi}}, \alpha_{T_p}, \alpha_M$ и α_{Π} – соответственно коэффициенты важности частных показателей эффективности: степени использования грузоподъемности транспортного средства, себестоимость транспортировки единицы массы груза на расстояние один километр, затрат труда на погрузку и разгрузку единицы массы груза, удельная металлоемкость транспортного средства и потерь перевозимого груза.

Значения частных показателей эффективности определяют по результатам обработки статистической информации данных по использованию транспортных средств, а требуемые значения выбирают из лучших достигнутых в данных условиях или из допустимых, например, агротехническими требованиями или условиями безопасной работы. Важность всех выбранных частных показателей определяют методом экспертной оценки.

По рассчитанному значению комплексного критерия эффективности для транспортных средств, которые возможно использовать при перевозке данного сельскохозяйственного груза, выбираем максимально эффективное.

С целью определения количественного состава наиболее эффективных транспортных средств, выбранных на первом этапе, используем теорию массового обслуживания. Для этого рассмотрим простейшую замкнутую систему массового обслуживания, которая включает m транспортных средств, n погрузочных машин, например, зерноуборочных комбайнов. При этом, $m > n$, $n > 1$; поток требований $\lambda = 1/t_g^{cp}$ (здесь t_g^{cp} – среднее время рейса) порождается каждым транспортным средством и на время погрузки (обслуживания)

прерывается; поток обслуживания $\mu = 1/t_{обс}^{cp}$ (здесь $t_{обс}^{cp}$ – среднее время обслуживания); если все погрузочные машины заняты, то транспортное средство становится в очередь. Для стационарного, установившегося процесса $\lambda = \text{Const}$ и $\mu = \text{Const}$.

Граф состояний рассматриваемой системы массового обслуживания представлен на рисунке.

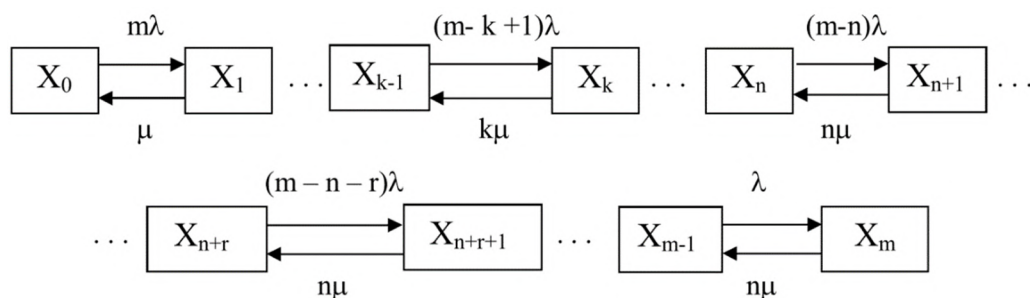


Рисунок – Граф возможных состояний системы с m обслуживаемых, n обслуживающих машин и r машин в очереди

Figure – Graph of possible system States with m serviced, n servicing machines and r machines in the queue

Состояние системы X_k ($0 \leq k \leq n$) означает, что k транспортных средств находится на обслуживании, очереди нет; состояние X_{n+r} [$1 \leq r \leq (m-n)$] – все погрузочные машины заняты и r транспортных средств находится в очереди.

Определим вероятность нахождения рассматриваемой системы в каждом из состояний P_k . При этом следует учитывать, что $\sum_{k=1}^m P_k = 1$.

Используя рекуррентные формулы, запишем:

$$Y_k = \begin{cases} \frac{(m-k+1)}{k} \Psi Y_{k-1}, & 0 < k \leq n; \\ \frac{(m-k+1)}{n} \Psi Y_{k-1}, & n < k \leq m. \end{cases} \quad (3)$$

Здесь $Y_k = P_k / P_0$, $\Psi = \lambda / \mu$, $P_0 = (1 + \sum_{k=1}^m Y_k)^{-1}$, $Y_0 = 1$.

Среднее число занятых погрузочных средств определим по формуле:

$$n_{зан.} = \sum_{k=0}^n k P_k, \quad (4)$$

остальные $(n - n_{зан.})$ машин, если они с бункером, будут работать в загоне, наполняя бункер.

Среднее число транспортных средств, простаивающих под нагрузкой и в ожидании ее, равно:

$$k = n_{зан.} + r, \quad (5)$$

$$r = \sum_{r=0}^{m-n} r P_{n+r} + r. \quad (6)$$

Число транспортных средств, находящихся в работе, равно:

$$m_{раб.} = m - k. \quad (7)$$

Зная число погрузочных машин и транспортных средств, можно определить коэффициенты оперативного использования:

$$\text{погрузочных машин} \quad \chi = 1 - (n_{\text{зан.}} / n), \quad (8)$$

$$\text{транспортных средств} \quad \xi = 1 - (k / m). \quad (9)$$

Параметры функционирования системы массового обслуживания (m и n при заданных λ и μ) выбирают по нескольким критериям: минимуму затрат труда [9], суммарных расходов, потерь от простоев уборочных машин [11] или транспортных средств [5], максимуму наработки на уборочную машину.

Выводы. Таким образом, выбор транспортного средства для перевозки сельскохозяйственной продукции в процессе ее уборки необходимо выполнять на двух уровнях. На первом уровне выбирается качественный состав транспортных средств по максимальному значению комплексного критерия эффективности, а на втором уровне выбирается количественный состав транспортных средств по вероятности нахождения рассматриваемой уборочно-транспортной системы в состоянии, при котором используется транспортное средство.

Библиографический список

1. Бышов Н. В., Ряднов А. И. Методика комплексной оценки эффективности использования транспорта в сельскохозяйственном производстве // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2019. № 1 (41). С. 104-108.
2. Гамаюнов П. П., Алексеев С. А. Модель движения автотракторного поезда // Научное обозрение. 2018. №4. С. 8-11.
3. Гринченко А. В., Маршакова М. В. Определение экономической эффективности использования грузового транспорта // Интерактивная наука. 2017. №13. С. 153-156.
4. Карабашева М. Р. Методы системного анализа в исследовании транспортных систем // Вестник Евразийской науки. 2018. №6, Том 10. С. 1-8.
5. Маслов Г. Г., Малышев С. А. Многоуровневый системный подход к комплексной оптимизации процессов уборки, транспортировки и очистки зерна // Научный журнал КубГАУ. 2016. №124(10). С. 1123-1146.
6. Мероприятия по повышению эксплуатационных показателей автотракторной техники при внутривозвратных перевозках в АПК / А. В. Бортник, И. А. Успенский, И. А. Юхин, В. А. Волченкова // Техника и оборудование для села. 2019. №9. С. 33-36.
7. Особенности применения современного тракторного транспорта в технологических процессах по возделыванию сельскохозяйственных культур / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский, И. А. Юхин, Г. Д. Кокорев, М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович, А. С. Колотов, С. В. Колупаев // Научный журнал КубГАУ. 2017. №126(02). С. 180-198.
8. Пути снижения травмируемости плодоовощной продукции при внутривозвратных перевозках / И. А. Успенский, И. А. Юхин, К. А. Жуков, Э. А. Зейналов, В. А. Шафоростов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. №96. С. 360-372.
9. Ряднов А. И., Алмазов И. В. Обоснование высоты бокового борта грузовой платформы для перевозки рулонов сена // Научное обозрение. 2016. №9. С. 98-102.
10. 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.
11. Ряднов А. И., Тронева С. В., Федорова О. А. Повышение производительности зерноуборочных комбайнов // Сельский механизатор. 2019. №8. С. 2-3.
12. Социоприродоэкономическая транспортная система доставки сельскохозяйственной продукции / В. А. Корчагин, Е. В. Сливинский, Ю. Н. Ризаева, С. Н. Сухатерина // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2016. №2 (48). С. 50-55.

13. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading / N. V. Byshov, S. N. Borychev, A. A. Simdyankin, I. A. Yukhin, A. A. Golikov // ACM International Conference Proceeding Series. 2018. P. 176-179.

14. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N.V. Byshov, S.N. Borychev, D.E. Kashirin, G.D. Kokorev, M.Y Kostenko, G.K. Rembalovich, A.A. Simdyankin, I.A. Uspensky, A.V Shemyakin, I.A. Yukhin, I.K. Danilov, A.I. Ryadnov, B.A. Kosul'nikov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V.13. N. 10. P. 3502-3508.

Conclusion. Thus, the choice of a vehicle for transporting agricultural products during the harvesting process must be performed at two levels. On the first level, choose a high-quality vehicle at the maximum value of integrated criterion of efficiency, and on the second level is selected, the quantitative composition of vehicles on the probability of finding the considered harvesting and transport system in the state in which the vehicle is used.

References

1. Byshov N. V., Ryadnov A. I. Metodika kompleksnoj ocenki jeffektivnosti ispol'zovaniya transporta v sel'skohozyajstvennom proizvodstve // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva. 2019. № 1 (41). P. 104-108.

2. Gamayunov P. P., Alekseev S. A. Model' dvizheniya avtotraktornogo poezda // Nauchnoe obozrenie. 2018. №4. S. 8-11.

3. Grinchenko A. V., Marshakova M. V. Opredelenie jekonomicheskoy jeffektivnosti ispol'zovaniya gruzovogo transporta // Interaktivnaya nauka. 2017. №13. P. 153-156.

4. Karabasheva M. R. Metody sistemnogo analiza v issledovanii transportnyh sistem // Vestnik Evrazijskoj nauki. 2018. №6, Vol. 10. P. 1-8.

5. Maslov G. G., Malyshev S. A. Mnogourovnevnyj sistemnyj podhod k kompleksnoj optimizacii processov uborki, transportirovki i ochistki zerna // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2016. №124(10). P. 1123-1146.

6. Meropriyatiya po povysheniyu jekspluatacionnyh pokazatelej avtotraktornoj tehniki pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah v APK / A. V. Bortnik, I. A. Uspenskij, I. A. Yuhin, V. A. Volchenkova // Texnika i oopydovanie dlya sela. 2019. №9. P. 33-36.

7. Osobennosti primeneniya sovremennogo traktornogo transporta v tehnologicheskix proces-sah po vzdelyvaniyu sel'skohozyajstvennyh kul'tur / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspenskij, I. A. Yuhin, G. D. Kokorev, M. Yu. Kostenko, G. K. Rembalovich, A. S. Kolotov, S. V. Kolupaev // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2017. №126(02). P. 180-198.

8. Puti snizheniya travmiruemosti plodoovoschnoj produkcii pri vnutrihozyajstvennyh perevozkah / I. A. Uspenskij, I. A. Yuhin, K. A. Zhukov, Je. A. Zejnalov, V. A. Shaforostov // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. №96. S. 360-372.

9. Ryadnov A. I., Almazov I. V. Obosnovanie vysoty bokovogo borta gruzovoj platformy dlya perevozki rulonov sena // Nauchnoe obozrenie. 2016. №9. P. 98-102.

10. Ryadnov A. I., Almazov I. V. Obosnovanie dliny ezdky gruzovyh avtomobilej pri transportirovke sena v rulonah // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. № 3 (39). P. 167-170.

11. Ryadnov A. I., Tronev S. V., Fedorova O. A. Povysenie proizvoditel'nosti zernouborochnykh kombajnov // Sel'skij mehanizator. 2019. №8. P. 2-3.

12. Socioprirodojekonomicheskaya transportnaya sistema dostavki sel'skohozyajstvennoj produkcii / V. A. Korchagin, E. V. Slivinskij, Yu. N. Rizaeva, S. N. Suhaterina // Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii. 2016. №2 (48). P. 50-55.

13. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading / N. V. Byshov, S. N. Borychev, A. A. Simdyankin, I. A. Yukhin, A. A. Golikov // ACM International Conference Proceeding Series. 2018. P. 176-179.

14. Theoretical studies of the damage process of easily damaged products in transport vehicle body during the on-farm transportation / N.V. Byshov, S.N. Borychev, D.E. Kashirin, G.D. Kokorev, M.Y Kostenko, G.K. Rembalovich, A.A. Simdyankin, I.A. Uspensky, A.V Shemyakin, I.A. Yukhin, I.K. Danilov, A.I. Ryadnov, B.A. Kosul'nikov // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2018. V.13. N. 10. P. 3502-3508.

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;

Информация об авторе

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.

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-35

ENERGY OF GERMINATION AND SEED VIABILITY OF CRIMEAN PINE DURING STIMULATION OF ELECTROLYZED WATER

S. Ya. Semenenko, M. N. Lytov, I. V. Gurina, A. N. Chushkin, E. I. Chushkina

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Volgograd branch of the All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova, Volgograd*

³*Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunova – a branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University2, Novocherkassk*

Received 10.01.2020

Submitted 05.03.2020

Summary

The article presents the results of a study of the effectiveness of the use of electrolyzed water for presowing stimulation of Crimean pine seeds. The research results confirmed the significant effect of electrolyzed water on the germination energy and germination of pine seeds. The environmental parameters of electrolyzed water are substantiated, providing a significant increase in germination at the highest seed germination energy.

Abstract

Relevance. Crimean pine (*Pinusnigra* subsp. *Pallasiana*) is one of the traditional cultures of land reclamation arrangement of lands in the southern regions of Russia. Forest improvement technologies are quite resource-intensive, and their effectiveness largely depends on the survival rate of planting material. Improving the quality of Crimean pine seedlings and seedlings that make up planting material, in this regard, remains an urgent task today. The aim of the research was to study the effect of treatments with electrolyzed water on the germination energy and germination of Crimean pine seeds, as the basis for the formation of high-quality planting material. **Object.** The object of research is Crimean pine seeds, considered as the subject of electrolyzed water. **Materials and methods.** The working hypothesis of the study was the assumption of the influence of water, with directionally changed environmental characteristics, on physiological processes associated with interruption of the resting state of seeds of wood, including coniferous crops, seed germination, and growth energy, which together provide friendly and uniform shoots. The methodological basis of the research was an experiment in which 6 options for treatments with electrolyzed water with different levels of shift of environmental characteristics were tested. The total sample size of the variant is 400 seeds, the sample size of seeds of one repetition is 100 pieces. Germination energy was recorded on the 7th day after the laying of the experiment, germination - on the 15th day. **Results and conclusions.** Studies have confirmed the statistically significant effect of electrolyzed water treatments on the dynamics of germination and germination of Crimean pine seeds (*Pinusnigra* subsp. *Pallasiana*). On the 7th

day of the experiment, in the variants with treatment with electrochemically prepared (electrolyzed) water, the number of germinated seeds reached 54.0-65.0 % of the sample size, while in the control it did not exceed 47.3 % (with $NSR_{05} = 3.2$ %). The best indicators were obtained when treating seeds with catholytes, where the number of seeds germinated on the 7th day of the experiment reached 59.0-65.0 %. In the next three days, the process of seed germination in the control and in the variants with treatment with a weak (+400 mV) anolyte was activated. From the 10th to the 15th day of the experiment, 4.2-9.0 % of seeds sprouted in the variants. The dynamics of the formation of seedlings in this period has already been significantly reduced, development is weakened, a significant part of such seedlings die in the first days of life when the slightest unfavorable situation occurs. In the studies, the largest number of seedlings of seeds from 10 to 15 days of the experiment was obtained in the control (6.2 %), as well as in variants with seed treatment with anolyte (6.5-9.0 %). A strong trend was revealed between the germination energy and the magnitude of the electrochemically initiated shift of the redox potential of electrolyzed water in the catholyte group ($R^2 = 0.76$). In the group of anolytes, the correlation between the magnitude of the electrochemically initiated shift of the redox potential of electrolyzed water and the seed germination energy was significantly weaker ($R^2 = 0.14$), but with seed germination it was not confirmed at all. It should be recognized that such results are explained by the instability of the effects with an increase in the electrochemically initiated shift of the environmental characteristics of the anolyte, while significant variations were obtained for individual variants. In particular, when using a weak anolyte (+400 mV), seed germination was 83.0 %, which is 4.5 % more than in the control ($NSR_{05} = 4.2$ %). The highest germination rate of pine seeds, 84.0 %, was obtained during catholyte treatments with an electrochemically initiated shift of the redox potential of - 400 mV. The best results are characterized by a combination of high germination and seed germination energy, which ensures the uniformity, strength and viability of seedlings. Studies in this regard have identified the option of treating seeds with catholyte with an electrochemically determined shift of the redox potential of - 400 mV. With high germination, the germination energy increased to 65.0 %, which is 17.7 % more than the control and 10.5 % more than in the case with the use of a weak (+400 mV) anolyte.

Key words: *electrolyzed water, Crimean pine, seeds, germination energy, germination.*

Citation. Semenenko S.Ya., Lytov M.N., Gurina I.V., Chushkin A.N., Chushkina E.I. Energy of germination and seed viability of crimean pine during stimulation of electrolyzed water. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 356-368 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-35.

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 630*232.31:633.877.3:621.357

ЭНЕРГИЯ ПРОРАСТАНИЯ И ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН СОСНЫ КРЫМСКОЙ ПРИ СТИМУЛИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОЛИЗОВАННОЙ ВОДОЙ

С. Я. Семененко¹, доктор сельскохозяйственных наук

М. Н. Лытов², кандидат сельскохозяйственных наук

И. В. Гурина³, доктор сельскохозяйственных наук

А. Н. Чушкин¹, кандидат технических наук

Е. И. Чушкина¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Волгоградский филиал Всероссийский НИИ гидротехники и мелиорации
имени А.Н. Костякова, г. Волгоград

³Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортумова – филиал
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Донской государственный аграрный университет», г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 10.01.2020

Дата принятия к печати 05.03.2020

Актуальность. Сосна крымская (*Pinus nigra* subsp. *Pallasiana*) является одной из традиционных культур лесомелиоративного обустройства земель южных регионов России. Технологии лесомелиоративного обустройства довольно ресурсоемки, а их эффективность во многом зависит от

приживаемости посадочного материала. Повышение качества сеянцев и саженцев крымской сосны, составляющих посадочный материал, в этой связи и сегодня остается актуальной задачей. Целью являлось исследование влияния обработок электролизованной водой на энергию прорастания и всхожесть семян сосны крымской как основы формирования высококачественного посадочного материала. **Объект.** Объектом исследований являются семена сосны крымской, рассматриваемые в качестве предмета воздействия электролизованной воды. **Материалы и методы.** Рабочей гипотезой исследования стало предположение о влиянии воды с направленно измененными средовыми характеристиками на физиологические процессы, связанные с прерыванием состояния покоя семян древесных, в том числе хвойных культур, прорастанием семени, энергией роста, обеспечивающие в совокупности дружные и равномерные всходы. Методологической основой исследований стал эксперимент, в ходе которого апробировано 6 вариантов обработок электролизованной водой с различными уровнями сдвига средовых характеристик. Общий объем выборки по варианту составляет 400 семян, объем выборки семян одной повторности 100 штук. Энергия прорастания регистрировалась на 7 сутки после закладки опыта, всхожесть – на 15 сутки. **Результаты и выводы.** Исследованиями подтверждено статистически значимое влияние обработок электролизованной водой на динамику прорастания и всхожесть семян сосны Крымской (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*). На 7-й день опыта в вариантах с обработкой электрохимически подготовленной (электролизованной) водой число проросших семян достигало 54,0-65,0 % от объема выборки, тогда как на контроле – не превышало 47,3 % (при $НСР_{05} = 3,2$ %). Лучшие показатели были получены при обработке семян катодами, где число проросших на 7-й день опыта семян достигало 59,0-65,0 %. В последующие три дня активизировался процесс прорастания семян на контроле и в вариантах с обработкой слабым (+400 мВ) анолитом. С 10 по 15 день опыта в вариантах проросло еще по 4,2-9,0 % семян. Динамика формирования проростков семян в этот период уже существенно снижена, развитие ослаблено, значительная часть таких всходов погибает в первые дни жизни при наступлении малейшей неблагоприятной ситуации. В исследованиях наибольшее число проростков семян с 10 по 15 день опыта было получено на контроле (6,2 %), а также в вариантах с обработкой семян анолитом (6,5-9,0 %). Выявлен сильный тренд между энергией прорастания и величиной электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала электролизованной воды по группе католиков ($R^2=0,76$). В группе анолитов корреляционная связь между величиной электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала электролизованной воды и энергией прорастания семян оказалась существенно слабее ($R^2=0,14$), а со всхожестью семян вообще не подтверждена. Следует признать, что такие результаты объясняются нестабильностью эффектов при повышении электрохимически инициированного сдвига средовых характеристик анолита, тогда как по отдельным вариантам получены значимые прибавки. В частности, при использовании слабого анолита (+400 мВ) всхожесть семян составила 83,0 %, что на 4,5 % больше, чем на контроле ($НСР_{05} = 4,2$ %). Наибольшая всхожесть семян сосны - 84,0 %, была получена при проведении обработок катодами с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала -400 мВ. Наилучшие результаты характеризуются сочетанием высокой всхожести и энергии прорастания семян, что обеспечивает равномерность, силу и жизнеспособность всходов. Исследованиями в этом плане выделен вариант обработки семян катодами с электрохимически обусловленным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала -400 мВ. При высокой всхожести энергия прорастания возрастала до 65,0 %, что на 17,7 % больше контроля и на 10,5 % больше, чем в варианте с использованием слабого (+400 мВ) анолита.

Ключевые слова: электролизованная вода, сосна крымская, семена сосны крымской, энергия прорастания семян, всхожесть семян сосны, стимулирование семян.

Цитирование. Семененко С. Я., Лытов М. Н., Гурина И.В., Чушкин А. Н., Чушкина Е. И. Энергия прорастания и всхожесть семян сосны крымской при стимулировании электролизованной водой. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 357-369. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-35.

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. Сосна крымская, или сосна Палласа (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) является одной из традиционных культур лесомелиоративного обустройства земель южных регионов России. В зоне сухих степей подавляющее большинство древесных насаждений создано искусственно, преимущественно путем высадки семян или саженцев древесных культур [1]. Эта технология – одна из наиболее ресурсоемких в решении задач лесомелиоративного обустройства. Затраты на реализацию технологии усугубляются значительной долей потерь растений на стадии приживаемости семян (саженцев) при пересадке, а также при выращивании, собственно, самого посадочного материала [8, 12-14]. Задача на этих этапах технологии создания искусственных древесных насаждений сводится к получению равномерных, дружных всходов, выживаемости семян и формированию качественного посадочного материала. Эти факторы оказывают решающее влияние на приживаемость семян в зонах лесомелиоративного обустройства, а также на себестоимость создания искусственных древесных насаждений. Решение этих задач на основе новых, научно-обоснованных технологий подготовки посевного материала с применением электролизованной воды является целью настоящего исследования.

Материалы и методы. Рабочей гипотезой исследования стало предположение о влиянии воды с направленно измененными средовыми характеристиками на физиологические процессы, связанные с прерыванием состояния покоя семян древесных, в том числе хвойных культур, прорастанием семени, энергией роста, обеспечивающих в совокупности дружные и равномерные всходы [3, 5]. Дистиллированная вода имеет нейтральные средовые характеристики. Диссоциация молекул воды на ионы водорода и гидроксильной группы в этом случае характеризуется состоянием, когда окисленные и восстановленные формы уравниваются друг друга. Близкие, но не равные нейтральным значения среды формируются у слабоминерализованной, «пресной» воды. Например, водопроводная вода в результате растворенных в ней веществ приобретает небольшой, но устойчивый положительный сдвиг окислительно-восстановительного потенциала, в опытах он составлял +200 мВ. Технология электрохимической водоподготовки предполагает изменение средовых характеристик воды, в определенных случаях более чем существенное, без добавления каких бы то ни было химических веществ. Такой эффект определяется расщеплением формулы воды на положительно заряженные ионы водорода и гидроксильной группы, с сопутствующим образованием кислорода, молекулярного водорода, перекисных соединений, а также целого комплекса метастабильных химических соединений, обусловленных общей минерализацией воды [7, 9, 11]. Электролиз воды на диафрагменном электролизере обеспечивает разделение потоков воды, насыщенных положительно и отрицательно заряженными ионами. В результате формируется контролируемый сдвиг средовых характеристик воды, в первую очередь характеризуемый рН и изменением окислительно-восстановительного потенциала. Этот сдвиг средовых характеристик воды и предлагается использовать для воздействия на биологические объекты, которые в данном случае представлены семенами сосны Крымской.

Биологическое действие электролизованной воды подтверждено многими российскими и зарубежными исследователями [2-4, 6, 10, 15]. В исследованиях О. А. Пасько [4] с семенами амаранта отмечены два, имеющие, как нам кажется, самое существенное значение фактора биологического действия электролизованной воды. Автор указывает на возможность создания искусственных условий для запуска механизма деления клеток путем активации ферментов при формировании соответствующего вектора протон-движущей силы, направленного из клетки наружу. Такая сила может быть

создана при гидратации семян католизом, окислительно-восстановительный потенциал которого отрицателен. Наряду с этим отмечается, что ввиду анаэробного дыхания семени вплоть до прорастания корешка важно создание среды, насыщенной кислородом. Католиз в этом плане является наиболее бедной средой, а анолиз – как раз обогащенной. Необходимость поиска оптимального баланса в отношении среды для проращивания семян сосны Крымской при применении электролизованной воды определила схему эксперимента, главной особенностью которой стало варьирование величины электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала воды как в положительную, так и в отрицательную стороны.

Опыт был проведен со следующим составом вариантов: вариант 1 (контроль) – необработанная слабоминерализованная питьевая вода (соответствующая СанПиН 2.1.4.1074-01); вариант 2 – вода с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала -200 мВ (слабый католиз); вариант 3 – вода с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала -400 мВ (сильный католиз); вариант 4 – вода с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала +400 мВ (слабый анолиз); вариант 5 – вода с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала +600 мВ (средний анолиз); вариант 6 – вода с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала +800 мВ (сильный анолиз). Все условия проведения опыта были соблюдены в соответствии с ГОСТ 13056.6-97 «Семена деревьев и кустарников: метод определения всхожести». Для соблюдения требований по температуре и влажности воздуха, режиму светового облучения семян при проращивании использовали сушевоздушный термостат ТВ-80-1. Общий объем выборки по варианту составляет 400 семян, объем выборки семян одной повторности 100 штук. Энергия прорастания регистрировалась на 7 сутки после закладки опыта, всхожесть – на 15 сутки. Выработка электролизованной воды с заданными параметрами осуществлялась на экспериментальном диафрагменном электролизере проточного типа.

Результаты и обсуждение. Исследования показали преимущество в динамике прорастания семян по всем вариантам, включающим обработку электролизованной водой (таблица 1).

Контрольный вариант отличался наименьшим числом проростков, которое не превышало 47,3 % от объема семян в выборке. В вариантах с обработкой электрохимически подготовленной (электролизованной) водой число проросших семян достигало 54,0-65,0 % от объема выборки, прибавка в отношении к контролю оказалась статистически достоверной на 5%-ном уровне значимости ($НСР_{05} = 3,2 \%$). Наибольшее число проростков, 65,0 %, на седьмой день опытов удалось получить в вариантах, где для обработки семян использовали сильный католиз, с электрохимически обусловленным уровнем смещения окислительно-восстановительного потенциала -400 мВ. Увеличение числа проросших семян по отношению к контролю здесь составило 17,7 %. При обработке анолизом эффект оказался намного скромнее, но и здесь получили статистически достоверные прибавки.

К десятому дню после закладки опытов ситуация существенно изменилась. За прошедшие три дня наибольшую динамику прорастания показали семена на контрольном варианте, где для смачивания использовали необработанную воду. Число проросших семян здесь оказалось на 25,0 % больше, чем на седьмой день прорастания. Довольно значительно число проросших семян возросло в вариантах, где обработки проводили слабым католизом (-200 мВ) или слабым анолизом (+400 мВ), - на 17,0-19,5 %.

Наиболее слабой динамикой прорастания семян в эти три дня характеризовался вариант, где обработки проводили анолитом с электрохимически обусловленным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала +600 мВ. Это определило отставание варианта по динамике прорастания семян сосны от вариантов с другими параметрами электрохимически обусловленного сдвига окислительно-восстановительного потенциала, а также от контроля.

Таблица 1 – Динамика прорастания семян сосны Крымской при обработке электролизованной водой с различным уровнем электрохимически инициированного сдвига

Table 1 – Dynamics of seed germination of Crimean pine when treated with electrolyzed water with a different level of electrochemically initiated shear

Вариант опыта / Experienceoption	Доля проросших семян сосны, % / The proportion of sprouted pine seeds, %			
	на 7 день после закладки опыта / on the 7th day after the bookmark experience	на 10 день после закладки опыта / on the 10th day after the bookmark experience	на 15 день после закладки опыта / on the 15th day after the bookmark experience	с 7-го по 15-й день после закладки опыта / from the 7th to the 15th day after laying the experience
Контроль (необработанная вода) / Thecontrol	47,3	72,3	78,5	31,3
Слабый католит / Weakcatholyte (pH=10,03 Eh= -200 мВ)	59,0	76,0	81,3	22,3
Сильный католит / Strongcatholyte (pH=10,92 Eh= -400 мВ)	65,0	79,8	84,0	19,0
Слабый анолит / Weakanolyte (pH=7,33, Eh= +400 мВ)	54,5	74,0	83,0	28,5
Средний анолит / Mediumanolyte (pH=6,84, Eh= +600 мВ)	57,0	70,3	76,8	19,8
Сильный анолит / Stronganolyte (pH=2,9, Eh= +800 мВ)	54,0	72,8	80,3	26,3
HCP ₀₅ , % / LSD ₀₅ , %	3,2	3,8	4,2	-

Произошли существенные изменения и в отношении статистически достоверных эффектов по числу проросших семян сосны относительно контроля. Среди вариантов с обработкой семян католитом статистически достоверное увеличение проросших семян относительно контроля показал только один, где для смачивания использовали электролизованную воду с окислительно-восстановительным потенциалом -400 мВ. При обработке анолитом число проросших семян сосны относительно контрольного варианта изменялось в пределах ошибки опыта, то есть статистически доказано не было.

За последние пять дней, с 10 по 15 день опыта, в вариантах проросло еще по 4,2-9,0 % семян. Как видно, динамика прорастания семян в этот период уже существенно снижена. Кроме того, эти семена характеризуются наиболее ослабленными проростками и дают довольно слабые всходы. Значительная часть таких всходов погибает в первые дни жизни при наступлении малейшей неблагоприятной ситуации. Проростки, полученные в эти дни, характеризуют также и увеличение вариабельности качества всходов, а в дальнейшем и сеянцев. В исследованиях наибольшее число проростков семян с

10 по 15 день опыта было получено на контроле (6,2 %), а также в вариантах с обработкой семян анолитом (6,5-9,0 %). В вариантах, обработанных католитом, с 10 по 15 день опыта было получено не более 4,2-5,3 % всходов, причем меньшие значения справедливы для вариантов с большей величиной среднего сдвига электролизованной воды. Наряду с этим общее число проростков при обработке семян католитом к 15 дню достигло 81,3-84,0 % и было наибольшим в сравнении с контролем и вариантами, где обработку семян проводили анолитом.

Таким образом, общая тенденция формирования проростков на фоне обработок семян электролизованной водой характеризуется увеличением динамики прорастания семян при использовании католитов, преимущественно сильных, с окислительно-восстановительным потенциалом -400 мВ. Данная закономерность подтверждается и результатами статистического анализа трендов влияния электролизованной воды на энергию прорастания семян сосны Крымской (рисунок 1). Корреляция электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала католита и энергии прорастания семян сосны оказалась высокой, квадрат коэффициента корреляции составил 0,76.

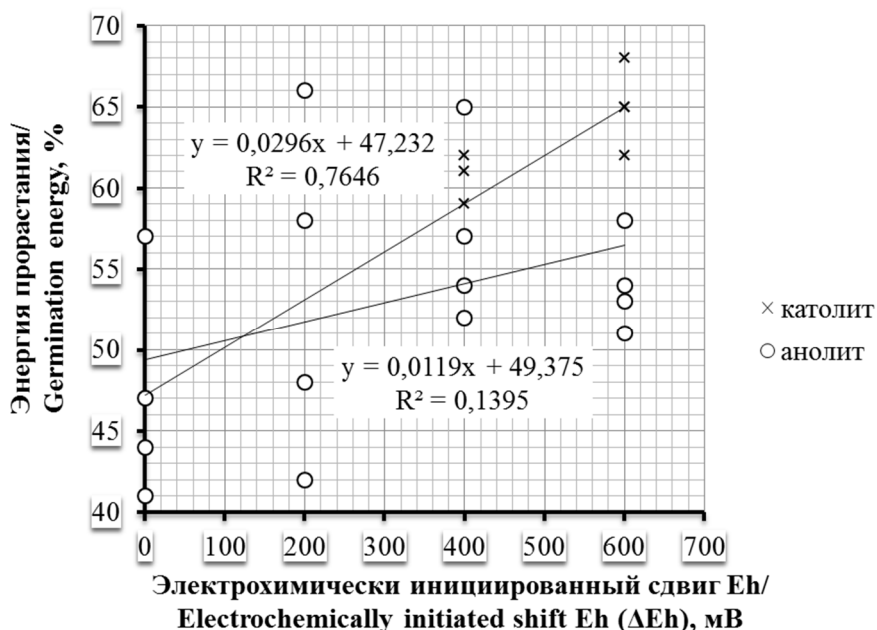


Рисунок 1 – Основные тренды влияния электролизованной воды на энергию прорастания семян сосны Крымской

Figure 1 – The main trends in the influence of electrolyzed water on the germination energy of Crimean pine seeds

Относительно анолита тренд получился значительно более слабым, квадрат коэффициента корреляции энергии прорастания семян с величиной электрохимически инициированного сдвига электролизованной воды не превышал 0,14.

На рисунке 2 показаны тренды влияния электролизованной воды на всхожесть семян сосны Крымской. Относительно контроля (без электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала) тренды выражены в меньшей степени, чем по энергии прорастания. Однако и здесь преимущество оказалось за католитом, корреляция величины электрохимически инициированного сдвига со всхожестью здесь характеризовалась $R^2=0,37$.

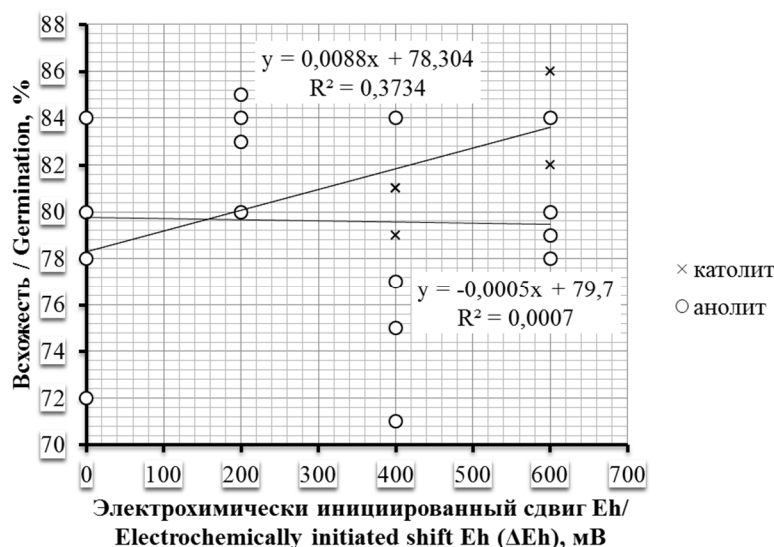


Рисунок 2 – Основные тренды влияния электролизованной воды на всхожесть семян сосны Крымской

Figure 2 – The main trends in the influence of electrolyzed water on the germination of Crimean pine seeds

При обработке анолитом коррелированности признаков выявлено не было: квадрат коэффициента корреляции между величиной электрохимически инициированного сдвига и всхожестью семян не превышал 0,0007. Следует отметить, что при обработке семян слабым анолитом (+400 мВ) был получен статистически доказанный эффект повышения всхожести. Всхожесть семян сосны Крымской возросла на 4,5 % относительно контроля (при $HCp_{05}=4,2$ %) и достигла 83,0 %. Однако при более сильных положительных сдвигах окислительно-восстановительного потенциала анолита эффект оказался неустойчивым, что полностью размыло статистические оценки корреляционной связи.

Статистические оценки энергии прорастания семян сосны Крымской (Палласа) в связи с исследованием эффективности обработки электролизованной водой приведены в таблице 2. Наибольшая средняя оценка энергии прорастания (65,0 %) получена при обработке семян католитом с окислительно-восстановительным потенциалом -400 мВ. Минимальной оценкой средней энергии прорастания (47,3 %) характеризовались семена сосны на контроле, где обработки проводили природной (не электролизованной) водой. Однако, кроме средних оценок показателя, большое значение имеет величина вариальности его значений, оцененная по повторностям опыта. Вариальность показателя свидетельствует, насколько стабилен проявляемый эффект, какова частота и величина ожидаемых отклонений от средней. Стабильный эффект является предпочтительным для реализации технологии, тогда как высокая вариальность может и совершенно нивелировать высокие оценки средней. Исследования показали, что использование католита для обработки семян Крымской сосны не только повышает энергию прорастания, но и увеличивает стабильность проявления этого эффекта. Например, при использовании слабого католита (с окислительно-восстановительным потенциалом -200 мВ) коэффициент вариации энергии прорастания семян сосны снижался почти в 2,5 раза в сравнении с контролем. При обработке сильными католитами (-400 мВ) коэффициент вариации снижался до 3,8 %, что характеризует высокую стабильность эффекта и в 3,8 раза меньше, чем на контроле.

Таблица 2 – Статистические оценки энергии прорастания семян сосны Крымской (Палласа) в зависимости от варианта обработки электролизованной водой (мощность выборки 400 сем.)

Table 2 – Statistical estimates of the energy of seed germination of pine (Pinusnigra subsp. Pallasiana) depending on the treatment option with electrolyzed water

Вариант опыта / Experience option	Средняя оценка, %/ Averagerating, %	Сумма квадратов отклонений / Sumofsquared- deviations	Дисперсия / Dispersion	Стандартное от- клонение, % / Standarddeviation, %	Коэффициент ва- риации, % / The coefficient of variation, %
Контроль (необработанная вода) / The control	47,3	144,8	48,3	6,9	14,7
Слабый католит / Weak catholyte (pH=10,03 Eh= -200 мВ)	59,0	38,0	12,7	3,6	6,0
Сильный католит / Strong catholyte (pH=10,92 Eh= -400 мВ)	65,0	18,0	6,0	2,4	3,8
Слабый анолит / Weak anolyte (pH = 7,33, Eh = +400мВ)	54,5	307,0	102,3	10,1	18,6
Средний анолит / Medium anolyte (pH=6,84, Eh= +600 мВ)	57,0	98,0	32,7	5,7	10,0
Сильный анолит / Strong anolyte (pH=2,9, Eh= +800 мВ)	54,0	26,0	8,7	2,9	5,5

Использование анолита хотя и увеличивало оценки средней энергии прорастания семян сосны, но стабильность эффекта была всегда ниже, чем при использовании католитов. Например, при использовании слабого анолита (+400 мВ) коэффициент вариации показателя в выборке составил 18,6 %, что в 1,26 раза больше, чем на контроле. При использовании сильного анолита (+800 мВ) коэффициент вариации энергии прорастания семян в выборке снизился до 5,5 %, однако и оценка средней здесь оказалась невысокой – 54,0 %.

Статистические оценки всхожести семян приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Статистические оценки всхожести семян сосны Крымской (Палласа) в зависимости от варианта обработки электролизованной водой (мощность выборки 400 сем.)

Table 3 – Statistical estimates of the germination of pine seeds (Pinusnigra subsp. Pallasiana) depending on the treatment option with electrolyzed water

Вариант опыта / Experience option	Средняя оценка, % / Averagerating, %	Сумма квадратов отклонений / Sumofs- quareddeviations	Дисперсия / Dispersion	Стандартное от- клонение, % / Standard-deviation %	Коэффициент вариации, % / The coefficient of var- iation, %
Контроль (необработанная вода) / The control	78,5	75,0	25,0	5,0	6,4
Слабый католит / Weak catholyte (pH=10,03 Eh= -200 мВ)	81,3	12,8	4,3	2,1	2,5
Сильный католит / Strong catholyte (pH=10,92 Eh= -400 мВ)	84,0	8,0	2,7	1,6	1,9
Слабый анолит / Weak anolyte (pH=7,33, Eh= +400мВ)	83,0	14,0	4,7	2,2	2,6
Средний анолит / Medium anolyte (pH=6,84, Eh= +600 мВ)	76,8	88,8	29,6	5,4	7,1
Сильный анолит / Strong anolyte (pH=2,9, Eh= +800 мВ)	80,3	20,8	6,9	2,6	3,3

Наибольшие оценки средней по всхожести семян сосны были получены в вариантах с обработкой католитом (-400 мВ), 84,0 %, и анолитом (+400 мВ), 83,0 %. Эффект оказался довольно устойчив в обоих случаях, – коэффициент вариации показателя по анолиту составил 2,6 %, а по католиту – 1,9 %.

В сравнении с контролем (где использовали не прошедшую электрохимическую обработку воду) вариабельность всхожести семян сосны снижалась в 1,9-3,3 раза, эффект оказался достаточно устойчивым, а прибавка по наиболее продуктивным вариантам статистически значимой. Исключение составил вариант, где семена обрабатывали анолитом с окислительно-восстановительным потенциалом +600 мВ. Вариабельность показателя здесь оказалась выше, чем на контроле (коэффициент вариации 7,1 %), а оценка средней по всхожести семян не превышала 76,8 %.

Выводы. Исследованиями подтверждено статистически значимое влияние обработок электролизованной водой на динамику прорастания и всхожесть семян сосны Крымской (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana*). Выявлен сильный тренд между энергией прорастания семян и величиной электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала электролизованной воды по группе католитов ($R^2=0,76$). В группе анолитов корреляционная связь между величиной электрохимически инициированного сдвига окислительно-восстановительного потенциала электролизованной воды и энергией прорастания семян оказалась существенно слабее ($R^2=0,14$), а со всхожестью семян вообще не подтверждена. Следует признать, что такие результаты объясняются нестабильностью эффектов при повышении электрохимически инициированного сдвига средовых характеристик анолита, тогда как по отдельным вариантам получены значимые прибавки. В частности, при использовании слабого анолита (+400 мВ) всхожесть семян составила 83,0 %, что на 4,5 % больше, чем на контроле ($НСР_{05} = 4,2$ %). Наибольшая всхожесть семян сосны – 84,0 % – была получена при проведении обработок католитом с электрохимически инициированным сдвигом окислительно-восстановительного потенциала -400 мВ. По энергии прорастания полученные данные также указывают на преимущество использования для обработки семян сильных католитов (-400 мВ): энергия прорастания при этом возрастала до 65,0 %, что на 17,7 % больше контроля и на 10,5 % больше, чем в варианте с использованием слабого (+400 мВ) анолита. Качество и выравненность всходов при этом существенно возрастает. Это позволяет рекомендовать такие параметры средового сдвига в качестве опорных для разработки технологии предпосевной подготовки семян сосны Крымской с использованием электролизованной воды.

Библиографический список

1. Влияние светостимуляции на всхожесть семян сосны крымской (*Pinus Pallasiana*) / Н. Б. Бобровская, Л. Н. Ибрагимова, С. Н. Кружилин, С. С. Таран // Современные наукоемкие технологии. 2013. №9. С. 20-22.
2. Егоров В. В., Кордонская М. А., Кондаков А. М. Зависимость скорости бимолекулярной реакции в активированной воде от концентрации и температуры // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2015. № 10. С. 65-67.
3. Механизм биологического действия и опыт применения электрохимически активированных водных сред в сельском хозяйстве / Е. И. Чушкина, С. Я. Семенов, М. Н. Лытов, А. Н. Чушкин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 4 (20). С. 170-185.
4. Пасько О. А. Метаболизм в семенах амаранта при воздействии электрохимически активированной воды // Сельскохозяйственная биология. 2013. Т. 48. № 3. С. 84-91.
5. Перспективы использования электрохимически активированных жидких сред в сельском хозяйстве / А. А. Былгаева, Н. А. Обоева, М. П. Неустроев, Н. П. Тарабукина, А. Н. Максимова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 4. С. 176-181.
6. Стариков А. В., Колесников А. В., Найденов В. В. Стимулирование роста тепличных растений путем подпитки электрохимически активированной водой с использованием специальной системы туманообразования // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т. 5. № 1 (27). С. 345-350.

7. De Radigues Q., Thunis G., Proost J. On the use of 3-D electrodes and pulsed voltage for the process intensification of alkaline water electrolysis // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2019. Vol. 44. N.56. P. 29432-29440.

8. Drivers of seedling survival in a temperate forest and their relative importance at three stages of succession / Y. Yan, C. Y. Zhang, Y. X. Wang, X. H. Zhao, K. von Gadow // *Ecology and Evolution*. 2015. Vol. 5. N.19. P. 4287-4299.

9. Electrocatalysts for water electrolysis / A. Sh. Aliyev, R. G. Guseynova, U. M. Gurbanova, D. M. Babanly, V. N. Fateev, I. V. Pushkareva, D. B. Tagiyev // *KimyaProblemleri*. 2018. Vol. 16. N.3. P. 283-306.

10. Evaluation of electrolyzed oxidizing water for phytotoxic effects and pre-harvest management of gray mold disease on strawberry plants / J. L. Guentzel, M. A. Callan, K. L. Lam, S. A. Emmons, V. L. Dunham // *Crop Protection*. 2011. Vol. 30. N.10. P. 1274-1279.

11. In-situ investigation and modeling of electrochemical reactions with simultaneous oxygen and hydrogen microbubble evolutions in water electrolysis / Y. F. Li, G. Q. Yang, S. L. Yu, Z. Y. Kang, J. K. Mo, B. Han, D. A. Talley, F. Y. Zhang // *International Journal of Hydrogen Energy*. 2019. Vol. 44. N.52. P. 28283-28293.

12. Macera L. G., Pereira S. R., de Souza A. L. T. Survival and growth of tree seedlings as a function of seed size in a gallery forest under restoration // *Acta Botanica Brasílica*. 2017. Vol. 31. N.4. P. 539-545.

13. Seed germination and initial seedling survival of the subalpine tree species, *Picea jezoensis*, on different forest floor substrates under elevated temperature / A. R. Han, H. J. Kim, J. B. Jung, P. S. Park // *Forest Ecology and Management*. 2018. Vol. 429. P. 579-588.

14. Survival and growth dynamics of red spruce seedlings planted under different forest cover densities and types / D. Dumais, C. Larouche, P. Raymond, S. Bedard, M. C. Lambert // *New Forests*. 2019. Vol. 50. N.4. P. 573-592.

15. The relationship between antioxidant enzymes activity and mungbean sprouts growth during the germination of mungbean seeds treated by electrolyzed water / R. Liu, D. C. Zhang, X. L. He, S. Nirasawa, E. Tatsumi, H. J. Liu // *Plant Growth Regulation*. 2014. Vol. 74. N.1. P. 83-91.

Conclusions. Studies have confirmed the statistically significant effect of electrolyzed water treatments on the dynamics of germination and germination of Crimean pine seeds (*Pinus nigra* subsp. *Pallasiana*). A strong trend was revealed between the energy of seed germination and the magnitude of the electrochemically initiated shift of the redox potential of electrolyzed water in the catholyte group ($R^2 = 0.76$). In the group of anolytes, the correlation between the magnitude of the electrochemically initiated shift of the redox potential of electrolyzed water and the seed germination energy was significantly weaker ($R^2 = 0.14$), and with seed germination it was not confirmed at all. It should be recognized that such results are explained by the instability of the effects with an increase in the electrochemically initiated shift of the environmental characteristics of the anolyte, while significant variations were obtained for individual variants. In particular, when using a weak anolyte (+400 mV), seed germination was 83.0%, which is 4.5% more than in the control (HCP05 = 4.2%). The highest germination rate of pine seeds, 84.0%, was obtained during catholyte treatments with an electrochemically initiated shift of the redox potential of -400 mV. According to the germination energy, the data obtained also indicate the advantage of using strong catholytes (-400 mV) for seed treatment: the germination energy increased to 65.0%, which is 17.7% more than the control and 10.5% more than variant with the use of a weak (+400 mV) anolyte. The quality and uniformity of seedlings increases significantly. This allows us to recommend such parameters of the environmental shift as reference for the development of technology for pre-sowing preparation of Crimean pine seeds using electrolyzed water.

References

1. Vliyanie svetostimulyacii na vsxozhest' semyan sosny krymskoj (*Pinus Pallasiana*) / N. B. Bobrovskaya, L. N. Ibragimova, S. N. Kruzhilin, S. S. Taran // *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. 2013. №9. P. 20-22.

2. Egorov V. V., Kordonskaya M. A., Kondakov A. M. Zavisimost' skorosti bimolekulyarnoj reakcii v aktivirovannoj vode ot koncentracii i temperatury // *Veterinariya, zootehniya i biotekhnologiya*. 2015. № 10. P. 65-67.

3. Mechanism biologicheskogo dejstviya i opyt primeneniya jlektrohimicheski aktivirovannyh vodnyh sred v sel'skom hozyajstve / E. I. Chushkina, S. Ya. Semenenko, M. N. Lytov, A. N. Chushkin // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2015. № 4 (20). P. 170-185.
4. Pas'ko O. A. Metabolizm v semenah amaranta pri vozdeystvii jelektrohimicheski aktivirovannoj vody // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2013. T. 48. № 3. P. 84-91.
5. Perspektivy ispol'zovaniya jlektrohimicheski aktivirovannyh zhidkih sred v sel'skom hozyajstve / A. A. Bylgaeva, N. A. Oboeva, M. P. Neustroev, N. P. Tarabukina, A. N. Maksimova // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2018. № 4. P. 176-181.
6. Starikov A. V., Kolesnikov A. V., Najdenko V. V. Stimulirovanie rosta teplichnyh rastenij putem podpitki jlektrohimicheski aktirovannoj vodoj s ispol'zovaniem special'noj sistemy tuma-noobrazovaniya // Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. 2017. T. 5. № 1 (27). P. 345-350.
7. De Radigues Q., Thunis G., Proost J. On the use of 3-D electrodes and pulsed voltage for the process intensification of alkaline water electrolysis // International Journal of Hydrogen Energy. 2019. Vol. 44. N.56. P. 29432-29440.
8. Drivers of seedling survival in a temperate forest and their relative importance at three stages of succession / Y. Yan, C. Y. Zhang, Y. X. Wang, X. H. Zhao, K. von Gadow // Ecology and Evolution. 2015. Vol. 5. N.19. P. 4287-4299.
9. Electrocatalysts for water electrolysis / A. Sh. Aliyev, R. G. Guseynova, U. M. Gurbanova, D. M. Babanly, V. N. Fateev, I. V. Pushkareva, D. B. Tagiyev // KimyaProblemleri. 2018. Vol. 16. N.3. P. 283-306.
10. Evaluation of electrolyzed oxidizing water for phytotoxic effects and pre-harvest management of gray mold disease on strawberry plants / J. L. Guentzel, M. A. Callan, K. L. Lam, S. A. Emmons, V. L. Dunham // Crop Protection. 2011. Vol. 30. N.10. P. 1274-1279.
11. In-situ investigation and modeling of electrochemical reactions with simultaneous oxygen and hydrogen microbubble evolutions in water electrolysis / Y. F. Li, G. Q. Yang, S. L. Yu, Z. Y. Kang, J. K. Mo, B. Han, D. A. Talley, F. Y. Zhang // International Journal of Hydrogen Energy. 2019. Vol. 44. N.52. P. 28283-28293.
12. Macera L. G., Pereira S. R., de Souza A. L. T. Survival and growth of tree seedlings as a function of seed size in a gallery forest under restoration // Acta Botanica Brasilica. 2017. Vol. 31. N.4. P. 539-545.
13. Seed germination and initial seedling survival of the subalpine tree species, *Picea jezoensis*, on different forest floor substrates under elevated temperature / A. R. Han, H. J. Kim, J. B. Jung, P. S. Park // Forest Ecology and Management. 2018. Vol. 429. P. 579-588.
14. Survival and growth dynamics of red spruce seedlings planted under different forest cover densities and types / D. Dumais, C. Larouche, P. Raymond, S. Bedard, M. C. Lambert // New Forests. 2019. Vol. 50. N.4. P. 573-592.
15. The relationship between antioxidant enzymes activity and mungbean sprouts growth during the germination of mungbean seeds treated by electrolyzed water / R. Liu, D. C. Zhang, X. L. He, S. Nirasawa, E. Tatsumi, H. J. Liu // Plant Growth Regulation. 2014. Vol. 74. N.1. P. 83-91.

Информация об авторах:

Semenenko Sergey Yakovlevich, professor of the Department of Land Reclamation and IWR of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University», (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26.), doctor Agricultural Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6274-9565> pniiemt@yandex.ru

Lytov Mikhail 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

Gurina Irina Vladimirovna, deputy director for scientific and innovative work of the Novochoerkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunova - a branch of the Don State Agrarian University, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education (111, Pushkinskaya St., Rostov Region, Novochoerkassk, 346428), Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4045-3480> i-gurina@mail.ru

Chushkin Aleksey Nikolaevich, engineer of the Volgograd State Agrarian University Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education, (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26.), candidate of technical sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4856-5049> pniemt@yandex.ru

Chushkina Elena Ivanovna, Chushkina Elena Ivanovna, Head of the Laboratory of the Department of Land Reclamation and IWR of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University» (400002, Southern Federal District, Volgograd Region, Volgograd, pr. Universitetsky, 26.), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2551-5516> pniemt@yandex.ru

Информация об авторах

Семененко Сергей Яковлевич, профессор кафедры мелиорации земель и КИВР федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6274-9565> pniemt@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

Гурина Ирина Владимировна, заместитель директора по научной и инновационной работе Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова – филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет» (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4045-3480> i-gurina@mail.ru

Чушкин Алексей Николаевич, инженер федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат технических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4856-5049> pniemt@yandex.ru

Чушкина Елена Ивановна, заведующая лабораторией кафедры мелиорации земель и КИВР федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2551-5516> pniemt@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-36

WATER RESOURCES MANAGEMENT MODEL OF THE TSIMLYAN RESERVOIR

A. D. Akhmedov¹, E. A. Vetrenko², I. N. Kolotukhina¹

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

²Russian University of Technology MIRE, Moscow, Russia

Received 28.09.2019

Submitted 06.02.2020

Summary

The article presents the results of modeling the water resources management of the Tsimlyansk reservoir. Based on the results of the data obtained, an equation is drawn up and a simulation model of the water balance management of the reservoir is presented in the form of a block diagram. The data obtained, depending on the replenishment condition, the water supply in the reservoir can be recommended for use as a source material when solving the water balance equation.

Abstract

Relevance. The article presents materials on simulation modeling of the Tsimlyansk reservoir. Meteorological and anthropogenic factors are identified that affect the low water level of the Tsimlyansk reservoir and the amount of water reserve. The last hydrological years, according to the water content of the Tsimlyansk reservoir, which were characterized as low-water, are considered. The data of the actual inflow of water into the Tsimlyansk reservoir and discharge into the lower pool are analyzed. The materials of safe water use in conditions of low water, the characteristics of the restoration of wa-

ter bodies after dry periods are studied. **Object.** The object of research is the water balance of the Tsimlyansk reservoir. **Materials and methods.** The studies were conducted directly on the territory of the Tsimlyansk reservoir. The study is based on observations of Roshydromet over the level regime of the Tsimlyansk reservoir at water meter posts during 1954-2015 years. **Results and conclusions.** In the course of the study, knowing the annual supply of water in the Tsimlyansk reservoir, we proposed a number of formulas that make it possible to determine how this stock will change over five years under the influence of various factors. Analyzing the water balance of the Tsimlyansk reservoir for 1980-2015 years, it can be noted that the incoming part of the water balance is 19764 million m³/year. It is dominated by tributaries along the river, Don, which is 17600 million m³/year. The second position is occupied by precipitation, and they amount to 1100 million m³/year. In the consumable part, the volume of flow through the turbines of the hydroelectric power station was at the level of 12800 million m³/year, and the volume of water for the needs of industrial and agricultural enterprises was 2301 million m³/year. Moreover, evaporation amounted to 1920 million m³/year. After analyzing the accumulation and discrepancy, it can be noted that they respectively amounted to 1786 and 980 million m³/year. Analysis of the long-term average data of water management balances allows us to note that over the past 20 years there has been a sharp decrease in wastewater discharge into the reservoir and water withdrawal for domestic and drinking water supply. The reasons for this are the reduction in industrial production, and the reorganization in the field of housing and communal services. A negative tendency for an increase in water evaporation from the reservoir surface was noted. Despite the fact that the area of its water mirror slightly decreased during operation (2702 km² in 1952 year and 2624 km² in 2012 year), the proportion of water evaporating from the surface in relation to the incoming part of the balance has increased one and a half times over the past 20 years. In combination with the low water availability of the Tsimlyansk reservoir location area, this fact can further contribute to increasing the tension in the water balance of the reservoir. In this case, knowing all the water flow in the Tsimlyansk reservoir, and solving the water balance equations depending on the replenishment condition, you can calculate the water supply in this reservoir. Further, knowing the supply of water, we can determine between consumers how these stocks are changing. Based on the results of the data obtained, an equation is drawn up and a simulation model of the water balance management of the reservoir is presented in the form of a block diagram.

Key words: *Tsimlyansk reservoir, level regime, water supply, water balance equation, simulation.*

Citation. Akhmedov A.D., Vetrenko E. A., Kolotukhina I. N. Water resources management Model of the Tsimlyan reservoir. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 368-380 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-36.

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

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

УДК 627.81(282.247.363.6)

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А. Д. Ахмедов¹, доктор технических наук, профессор

Е. А. Ветренко², кандидат технических наук, доцент

И. Н. Колотухина¹, соискатель

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Российский технологический университет МИРЭА, г. Москва

Дата поступления в редакцию 28.09.2019

Дата принятия к печати 06.02.2020

Актуальность. В статье изложены материалы по имитационному моделированию Цимлянского водохранилища. Выделены метеорологические и антропогенные факторы, влияющие на маловодность Цимлянского водохранилища, на величину запаса воды. Рассмотрены

последние гидрологические годы по водности Цимлянского водохранилища, которые характеризовались как маловодные. Проанализированы данные фактического притока воды в Цимлянское водохранилище и попуска в нижний бьеф. Изучены материалы безопасного водопользования в условиях маловодий, особенностей восстановления водных объектов после маловодных периодов. **Объект.** Объектом исследований является водный баланс Цимлянского водохранилища. **Материалы и методы.** Исследования проводились непосредственно на территории Цимлянского водохранилища. Исследование основано на материалах наблюдений Росгидромета за уровненным режимом Цимлянского водохранилища на водомерных постах в течение 1954-2015 гг. **Результаты и выводы.** В ходе исследования, зная годовой запас воды в Цимлянском водохранилище, мы предложили ряд формул, который дает возможности определить, каким образом будет изменяться это запас в течение пяти лет под влиянием различных факторов. Анализируя водный баланс Цимлянского водохранилища за 1980-2015 гг., можно отметить, что приходная часть водного баланса составляет 19 764 млн м³/год. В ней преобладают притоки по р. Дон, которые составляют 17 600 млн м³/год. Вторую позицию занимают осадки, которые составляют 1100 млн м³/год. В расходной части объем стока через турбины ГЭС находился на уровне 12 800 млн м³/год, а объем воды для нужд промышленных и сельскохозяйственных предприятий – 2301 млн м³/год. При этом испарение составило 1920 млн м³/год. Проанализировав аккумуляцию и невязку, можно отметить, что они соответственно составили 1786 и 980 млн м³/год. Анализ среднесезонных данных водохозяйственных балансов позволяет отметить, что за последние 20 лет произошло резкое уменьшение сброса сточных вод в водохранилище и забора воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Причиной этого являются сокращение объемов промышленного производства и реорганизация в сфере ЖКХ. Отмечена негативная тенденция увеличения испарения воды с поверхности водохранилища. Несмотря на то что площадь его водного зеркала незначительно уменьшилась за время эксплуатации (2702 км² в 1952 г. и 2624 км² в 2012 г.), доля испаряющейся с поверхности воды по отношению к приходной части баланса возросла за последние 20 лет в полтора раза. В сочетании с низкой водообеспеченностью области расположения Цимлянского водохранилища этот факт может в дальнейшем способствовать повышению напряженности водохозяйственного баланса водохранилища. При этом, зная все расходы воды в Цимлянском водохранилище и решая уравнения водного баланса в зависимости от условия пополнения, можно вычислить запас воды в данном водохранилище. Далее, зная запас воды, определяем между потребителями, каким образом эти запасы изменяются. По результатам полученных данных составлено уравнение и представлена имитационная модель управления водного баланса водохранилища в виде блок-схемы.

Ключевые слова: Цимлянское водохранилище, уровненный режим, запасы воды, уравнение водного баланса, имитационное моделирование.

Цитирование. Ахмедов А. Д., Ветренко Е. А., Колотухина И. Н. Модель управления водными ресурсами Цимлянского водохранилища. *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 368-380. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-36.

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. В настоящее время с изменением климатических условий многолетняя и внутригодовая изменчивость речного стока в различных регионах России в первую очередь создает затруднения в обеспечении населения необходимым количеством воды. При этом в большинстве регионов РФ одной из главных проблем являются большие паводки, в результате которых затапливаются населенные пункты, выходят из оборота огромные площади земель сельскохозяйственного назначения. Главным образом это можно отнести к почвам бассейна реки Дон. В зависимости от количества паводков и половодья прилегающие территории бассейна реки Дон периодически за-

тапливаются. Поэтому в данной зоне повышается риск возникновения чрезвычайных ситуаций. При этом в основном страдают те объекты (объекты промышленности и сельского хозяйства, значительная часть населенных пунктов, зоны рекреации), которые расположены на прибрежных территориях водохранилища. Следовательно, в таких ситуациях ущерб, причиненный экономике регионов, составляет более миллиарда рублей. В связи с этим является актуальной проблема прогнозирования запаса воды в Цимлянском водохранилище [1, 2, 9, 11, 12].

Материалы и методы. Исследование основано на материалах наблюдений Росгидромета за уровенным режимом Цимлянского водохранилища на водомерных постах в течение 1954-2015 гг. Использовались многолетние наблюдения федерального государственного бюджетного учреждения «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища» за водоохранной зоной Цимлянского водохранилища, материалы федерального бюджетного учреждения «Администрация Волго-Донского бассейна внутренних водных путей», Цимлянской гидрометеорологической обсерватории, гидрологической станции г. Калач-на-Дону.

Впервые с момента эксплуатации Цимлянского водохранилища разработано имитационное моделирование водохранилища, в связи с оценкой воздействия изменения климата на региональное водопользование, выделены факторы, влияющие на величину запаса воды в водохранилище [6].

Последние гидрологические годы, по водности Цимлянского водохранилища, характеризовались как маловодные.

К факторам маловодий относится продолжительное сохранение жаркой сухой погоды, вследствие чего происходит снижение уровня запасов воды в водоносных горизонтах, водохранилищах, озерах, реках и иссушение верхнего слоя почвы. В их число входят также разные виды антропогенных нагрузок на водные объекты, связанные с водозабором и сопутствующими безвозвратными потерями стока. При ведущей роли метеорологических факторов в изменении водных ресурсов экстремальный сток в значительной мере зависит от типа почв, растительности, рельефа, геологических и литологических особенностей водосборных территорий. Это обуславливает существенную пространственную изменчивость характеристик минимального стока, вероятности формирования маловодных периодов.

Результаты и обсуждение. Фактический приток воды в Цимлянском водохранилище за 2014 г. составил $14,1 \text{ км}^3$ воды, из него $6,06 \text{ км}^3$ приходится на долю весеннего стока. Сбросные максимальные расходы в нижний бьеф водохранилища за месяц не превышали $388 \text{ м}^3/\text{сек}$. Наибольший расход воды в период весеннего половодья – $1020 \text{ м}^3/\text{с}$. Попуск в нижний бьеф за 2014 г. составил $10,9 \text{ км}^3$, в том числе ГЭС – 10 км^3 , фильтрация – $0,8 \text{ км}^3$, шлюзование – $0,1 \text{ км}^3$. Ирригация – $1,8 \text{ км}^3$. Потери на испарение из Цимлянского водохранилища – до $2,1 \text{ км}^3$ [3, 7, 8].

Приток воды в водохранилище в период весеннего половодья за 2015 г. составил $4,34 \text{ км}^3$ воды. Наибольший расход воды в период весеннего половодья – $767 \text{ м}^3/\text{с}$. Попуск в нижний бьеф за 2015 г. составил $7,0 \text{ км}^3$, в том числе ГЭС – $6,3 \text{ км}^3$, фильтрация – $0,6 \text{ км}^3$, шлюзование – $0,1 \text{ км}^3$. Ирригация – $1,3 \text{ км}^3$ [4, 5, 7].

Возникающий в период маловодий возможный дефицит водных ресурсов оценивается на основе показателей водообеспеченности и нагрузки на водные ресурсы.

В маловодные периоды, сопровождающиеся снижением уровня воды в водохранилищах, обязательна организация наблюдений за санитарным состоянием обсыхающего ложа с целью предотвращения его антропогенного загрязнения. Предотвратить развитие сорных и прибрежно-водных травянистых растений на таком участке практически невозможно, а предотвратить антропогенное воздействие есть все условия [5, 9].

Учитывая вышеизложенное, анализируем некоторые хозяйственные нужды Волгоградской области. В нашем случае можно создать и управлять запасами пресной воды, которые в течение 5 лет могли бы полностью удовлетворять возникающие хозяйственные потребности. Для этого идеально подходит Цимлянское водохранилище, так как оно обладает этими запасами воды.

Решая данную задачу, в первую очередь необходимо определить, каким образом в течение t времени в Цимлянском водохранилище будет изменяться величина запаса воды X^t и какие факторы при этом будут влиять на величину этого запаса (рисунок 1).

При этом необходимо соблюдать следующие условия: во-первых, в водохранилище запас воды не должен быть меньше минимальной величины ($X_{\min}$) и, во-вторых, запас воды не должен быть больше, чем объем водохранилища (V). Будем учитывать, что между потребителями (S_{c-x}^t и $S_{к/в}^t$) расходование воды производится пропорционально равным.

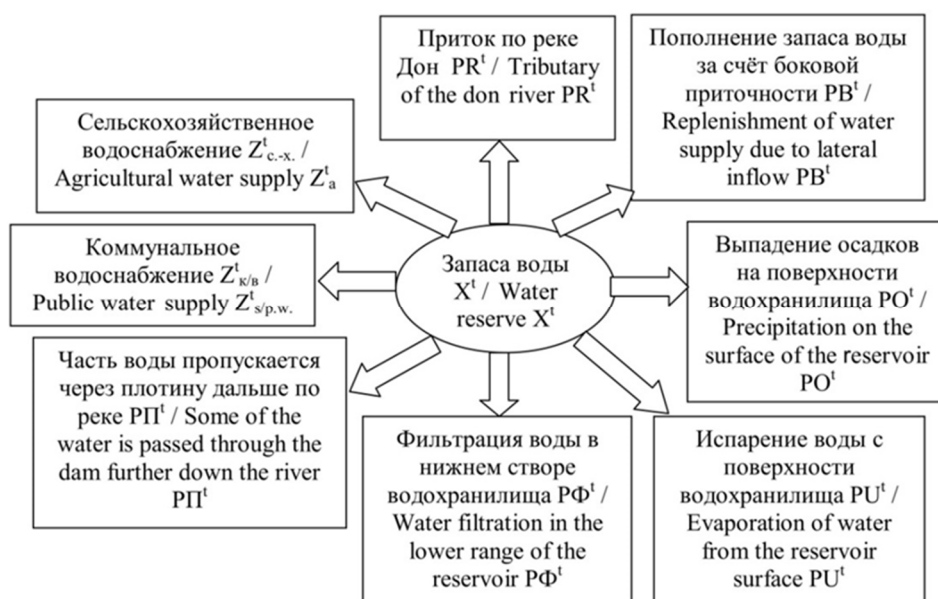


Рисунок 1 – Основные факторы, влияющие на величину запаса воды (X^t) в Цимлянском водохранилище

Figure 1 – The Main factors affecting the value of the water supply (X^t) in Tsimlyansk reservoir

Допустим, нам известны данные о тех факторах, которые за предыдущие 20 лет влияли на величину запаса воды в водохранилище. Зная, что в ближайшие 5 лет величины PR^t , PO^t и PB^t в любой интервал времени t будут почти идентично изменяться, как в предыдущие 20 лет, и в соответствующие моменты времени будут равняться среднему значению, то тогда получим следующие уравнения в виде:

$$PR^t(T) = PR^t = \frac{1}{20} \sum_{t=1}^{20} PR^t(t)$$

$$PB^t(T) = PB^t = \frac{1}{20} \sum_{t=1}^{20} PB^t(t)$$

$$PO^t(T) = PO^t = \frac{1}{20} \sum_{t=1}^{20} PO^t(t)$$

где $T = 21, 22, 23, 24, 25$.

Здесь необходимо учитывать, что величины PO^t , PR^t , PB^t являются детерминированными, поэтому их изменяющиеся значения в течение года можно определить по имеющимся за 20 лет данным.

Учитываем, что величины PR^t , PB^t и PO^t носят случайный характер. Поэтому для определения этих величин необходимо по известному ряду наблюдений в начале построить функции распределения случайных величин, а затем по закону распределения в течение 5 лет задавать случайным образом значения соответствующих величин, т.е. необходимо применять статистические методы. При этом данную задачу можно решать двумя способами: 1) используя генерирование случайных чисел; 2) по известным рядам наблюдения. По второму способу необходимо построить функции в виде:

$$PR^t(T) = f_r(I) + U_{Rt};$$

$$PB^t(T) = f_b(I) + U_{Bt};$$

$$PO^t(T) = f_o(I) + U_{Ot},$$

где f_r , f_b , f_o – детерминированные или систематические составляющие речного стока, боковой приточности и осадков, зависящие от времени T ; U_{Rt} , U_{Bt} , U_{Ot} – случайные составляющие, не зависящие от времени T .

Предположим, что переменные PO^t , PR^t , PB^t и величины U_{Rt} , U_{Bt} , U_{Ot} распределены равномерно. При этом на заданном отрезке времени, используя генерирование равномерно распределенных случайных чисел, можно получать прогнозные значения этих величин.

Для прогнозирования объема воды в водохранилище необходимо подробно проанализировать процессы расходования воды в водохранилище. Одним из них является испарение (PU^t), которое зависит от дефицита влажности воздуха, скорости ветра, температуры воды и воздуха и т.п. Зная, что для этих факторов имеются 20-летние ряды наблюдений, то для определения величины PU^t необходимо составить эту зависимость. Следовательно, для простоты необходимо определить один наиболее существенный фактор, которым является дефицит влажности воздуха (D^t). Предположим, что величина PU^t прямо пропорциональна величине D^t , то тогда получим:

$$RU^t = \alpha D^t,$$

где α – эмпирический коэффициент пропорциональности.

Учитывая, что величина объёма воды, профильтровавшейся в нижнем створе водохранилища ($R\Phi^t$), в основном зависит от типа грунтов, его подстилающих, и в момент времени t соответствует $R\Phi^t$, также не измеряется. Зная, что величина $R\Phi^t$ прямо пропорциональна величине X^t , получаем:

$$R\Phi^t = \kappa X^t,$$

где κ – коэффициент пропорциональности, соответствующий определённому типу грунта.

Предположим, что расход воды через плотину (RP^t) и величина потребности сельскохозяйственного ($Z_{с.-х.}^t$) и коммунального ($Z_{к/в}^t$) водоснабжения являются регулируемые или управляемые. Учитывая все это, можно отметить, что величина RP^t задаётся в каждый момент времени в зависимости от запаса воды в водохранилище. Для получения решения необходимо упростить условия, чтобы она удовлетворяла:

$$RP^t = \begin{cases} X^{ot} - V & \text{для } X^t \leq V \\ 0 & \text{для } X^t > V \end{cases}$$

Таким образом, в основном в результате запросов на воду со стороны потребителей $S_t^{c.-x.}$, $S_t^{к/в}$ и в зависимости от объёма воды в водохранилище формируется величина потребности коммунального ($Z_{к/в}^t$) и сельскохозяйственного ($Z_{с.-х.}^t$) водоснабжения.

В ходе исследования нами рассмотрены основные факторы, влияющие на величину формирования запаса воды в Цимлянском водохранилище и стратегии распределения этого запаса между потребителями. Анализируя ряд источников, можем отметить, что в каждый исследуемый интервал времени запас воды увеличивается на величину «расхода», т.е. сохраняется баланс [6]. Учитывая закон сохранения массы воды, можем получить уравнение водного баланса:

$$X^{t+\Delta t} = X^t + \Pi^t - y^t,$$

где

$$\Pi^t = PR^t + PB^t + PO^t$$

$$y^t = RU^t + R\Phi^t + R\Pi^t + Z^t$$

$$Z^t = Z_{с.-х.}^t + Z_{к/в}^t.$$

В целом, учитывая условия пополнения и расходования запаса воды и решая уравнение водного баланса в каждый момент времени t в Цимлянском водохранилище, можно определить запас воды. Для всестороннего расчёта в автоматическом режиме необходимо использовать программный комплекс, который представляет собой имитационную модель водохранилища (рисунок 2). Анализируя блок-схему имитационной модели водохранилища, можно отметить, что в особых комментариях первые три блока не нуждаются. Четвертый блок осуществляет прогнозные значения внешних факторов с шагом в один месяц по заданным временным рядам. Пятый блок необходимо для прогнозного вычисления количества воды, профильтровавшейся и испарившейся из водохранилища.

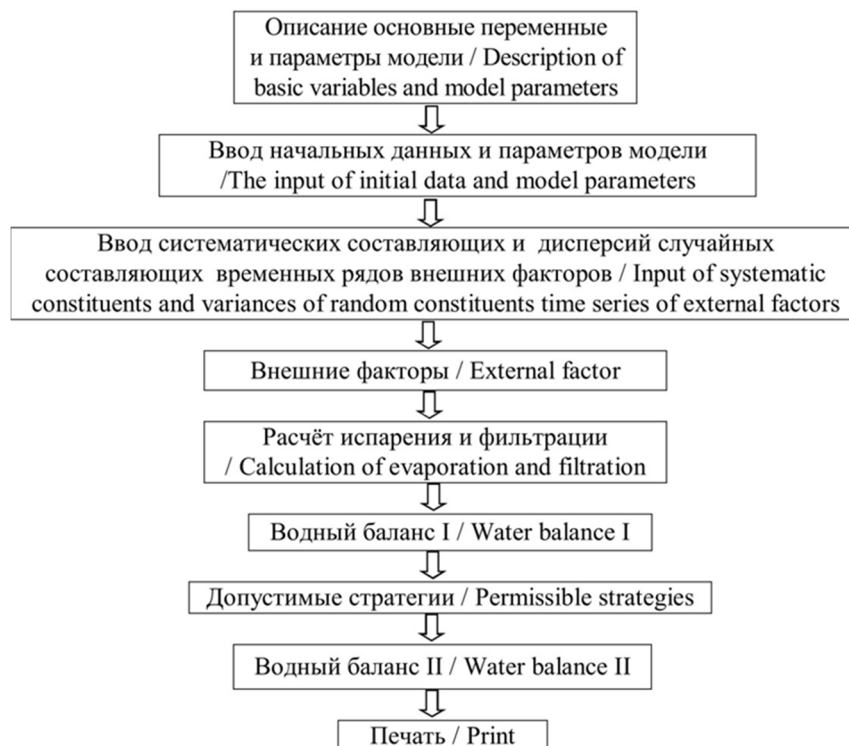


Рисунок 2 – Блок-схема имитационной модели водохранилища

Figure 2 – Block diagram of the simulation model of the reservoir

Для вычисления запаса воды в водохранилище используется блок «Водный баланс I». При этом не должно происходить антропогенных процессов использования воды. В седьмом блоке генерируется количество потребляемой воды в данном месяце в коммунальном водоснабжении и сельском хозяйстве.

Блок «Водный баланс II» осуществляет коррекцию результатов работы шестого блока, при этом учитывается наличие антропогенных процессов. В блоке «Печать» выдается значение всех расходов и приходов воды за месяц. Кроме того, учитывается запас воды, который находится в водохранилище в данном месяце. Таким образом, происходит переход к следующему месяцу, в том же порядке повторяется работа всех блоков [6, 9].

Анализируя водный баланс Цимлянского водохранилища за 1980-2015 гг., можно отметить, что приходная части водного баланса составляет 19 764 млн м³/год. В ней преобладают притоки по р. Дон, которые составляют 17 600 млн м³/год. Вторую позицию занимают осадки, и они составляют 1100 млн м³/год (таблица 1).

Таблица 1 – Средние показатели водного баланса Цимлянского водохранилища за 1980-2015 гг., млн м³/год

Table 1 – Average water balance of the Tsimlyansk reservoir for 1980-2015, million m ³ /year	
Водный баланс за 1980-2015 гг., млн м ³ /год / Water balance for 1980-2015, mln m ³ /year	
Приходная часть / Parish	
Приток по р. Дон / Tributary of the don river	17600
Боковой приток / Lateral inflow	922
Осадки / Rainfall	1100
Сбросы предприятий / Discharges of enterprises	14
Сбросы ГТС / Discharges hydraulic networks	126
Итого / Subtotal	19764
Расходная часть / Expenditure part	
Сток через турбины ГЭС / The flow through the turbines of hydroelectric power plants	12800
Шлюзование / Locking	166
Фильтрация / Filtration	900
Промышленные и с.-х. предприятия / Industrial and agricultural enterprises	2301
Канал Волго-Дон / Volga-Don Canal	403
Испарение / Evaporation	1920
Итого / Subtotal	18490
Аккумуляция / Accumulation	1786
Невязка / Discrepancy	980

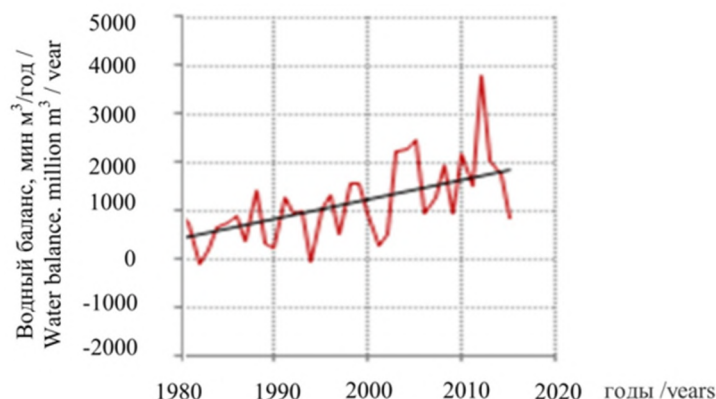


Рисунок 3 – Изменение во времени невязка водного баланса Цимлянского водохранилища

Figure 3 – Time change residual water balance of Tsimlyansk reservoir

В расходной части сформировалась следующая ситуация: здесь объем стока через турбины ГЭС находился на уровне 12 800 млн м³/год, а для нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий необходимо 2301 млн м³/год воды. При этом испарение составило 1920 млн м³/год. Проанализировав аккумуляцию и невязку, можно отметить, что они составили 1786 и 980 млн м³/год, соответственно.

График невязки водного баланса Цимлянского водохранилища за 1980-2015 гг. предоставлен на рисунке 3.

Учитывая, что водные ресурсы Цимлянского водохранилища используются для различных целей, анализируем среднесуточный укрупненный водохозяйственный баланс Цимлянского водохранилища, который приведен на рисунках 4-6.

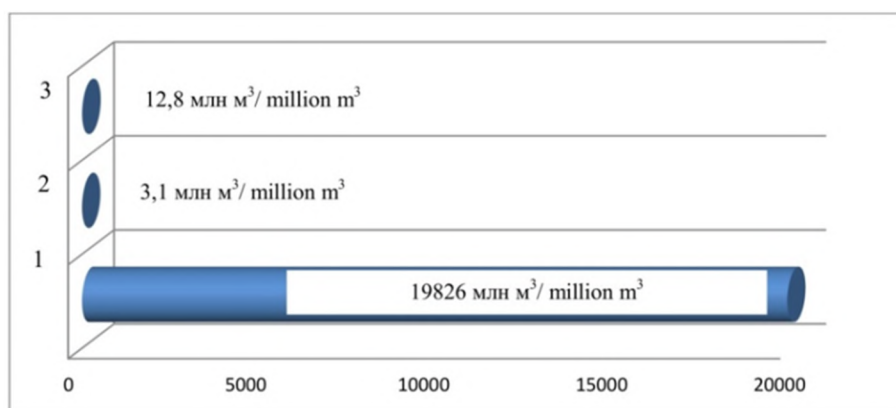


Рисунок 4 – Приходная часть водохозяйственного баланса Цимлянского водохранилища:
1 – приточность к водохранилищу; 2 – подземные воды, несвязанные с поверхностным стоком;
3 – возвратные воды на участке

Figure 4 – Input part of the water balance of the Tsimlyansk reservoir:
1 – Inflow to the reservoir; 2 – Groundwater not associated with surface runoff;
3 – Return water on the site

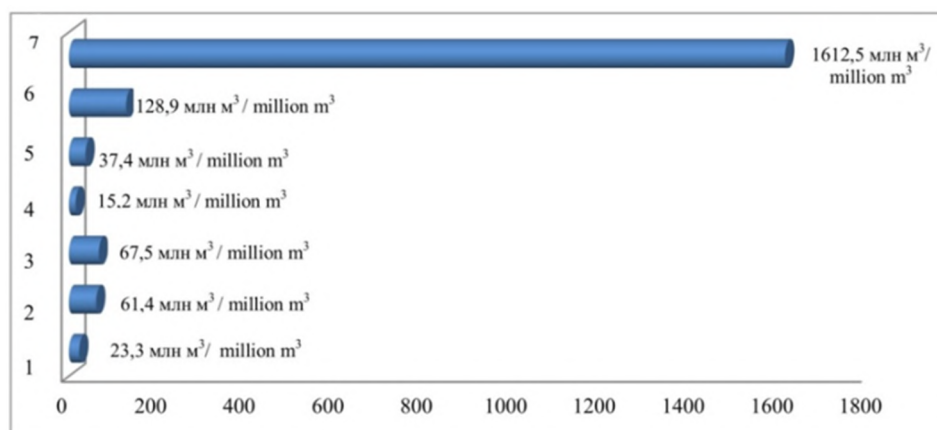


Рисунок 5 – Расходная часть водохозяйственного баланса Цимлянского водохранилища:
1 – коммунально-бытовое водоснабжение; 2 – промышленное водоснабжение; 3 – сельское хозяйство; 4 – рыбное хозяйство; 5 – потери в прудах и водохранилищах; 6 – шлюзование Волго-Донского судоходного канала (ВДСК); 7 – Донской магистральный канал (ДМК)

Figure 5 – Expenditure part of the water balance of the Tsimlyansk reservoir:
1 –Municipal water supply; 2 – Industrial water supply; 3 – Agriculture; 4 – Fish industry;
5 – Losses in ponds and reservoirs; 6 – Locks of the Volga-don shipping channel;
7 – The don main canal

Анализ среднесноголетних данных водохозяйственных балансов позволяет отметить, что за последние 20 лет произошло резкое уменьшение сброса сточных вод в водохранилище и забора воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Причиной этого являются сокращение объемов промышленного производства и реорганизация в сфере ЖКХ.

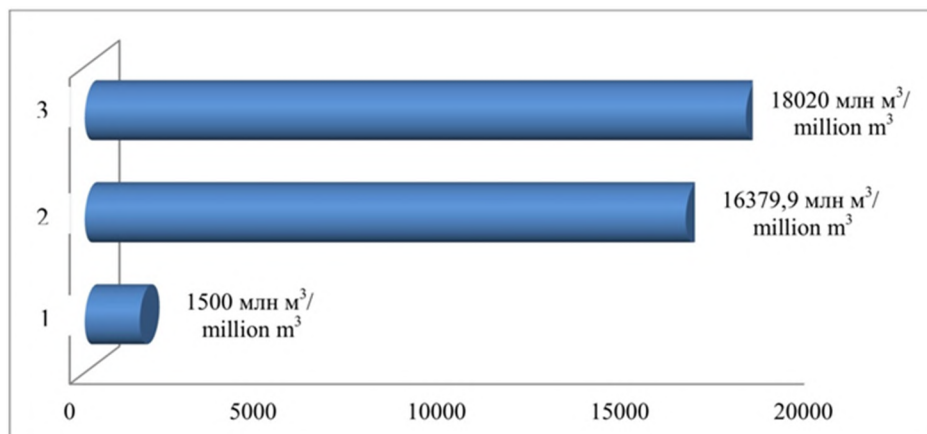


Рисунок 6 – Среднесноголетние значения некоторых составляющих (потери, попуски, наполнение) водохозяйственного баланса Цимлянского водохранилища:

1 – суммарные потери из водохранилища (потери); 2 – поступление воды в нижний бьеф (попуски); 3 – емкость водохранилища на конец водохозяйственного года (наполнение)

Figure 6 – Long-Term average value of the article (losses, releases, filling) component of the water balance of the Tsimlyansk reservoir:

1 – total losses from the reservoir (losses); 2 – inflow of water into the downstream (releases); 3 – reservoir capacity at the end of the water year (filling)

Отмечена негативная тенденция увеличения испарения воды с поверхности водохранилища. Несмотря на то что площадь его водного зеркала незначительно уменьшилась за время эксплуатации (2702 км² в 1952 г. и 2624 км² в 2012 г.), доля испаряющейся с поверхности воды по отношению к приходной части баланса возросла за последние 20 лет в полтора раза. В сочетании с низкой водообеспеченностью области расположения Цимлянского водохранилища этот факт может в дальнейшем способствовать повышению напряженности водохозяйственного баланса водохранилища.

Выводы. Таким образом, используя имитационное моделирование можно проводить расчеты водного баланса Цимлянского водохранилища на перспективу, и благодаря этому можно иметь возможность увидеть в будущее каким образом будет изменяться запас воды в водохранилище в течение пяти лет под влиянием различных факторов. Здесь, во-первых, необходимо учитывать, что в водохранилище запас воды не должен быть меньше, чем минимальной величины ($X_{\min}$), и во-вторых, запас воды не должен быть больше, чем объема водохранилища (V). Анализируя водный баланс Цимлянского водохранилища за 1980-2015 гг. можем отметить, что приходной части водного баланса составляет 19 764 млн м³/год. В ней преобладает приток по р. Дон, который составляет 17 600 млн м³/год. Вторую позицию занимают осадки, и они составляют 1100 млн м³/год. В расходной части объем стока через турбины ГЭС находился на уровне 12800 млн м³/год, а объем воды для нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий – 2301 млн м³/год. При этом испарение составило 1920 млн м³/год. Проанализировав аккумуляцию и невязку, можем отметить, что они соответственно составили 1786 и 980 млн м³/год.

Таким образом, на основании вычисления экспериментальных данных можно осуществлять необходимой выбор стратегии на практике. При этом задавая условия пополнения и зная все расходы воды в Цимлянском водохранилище, а также решая уравнения водного баланса, можем определить запас воды в данном водохранилище и как эти запасы изменяется между потребителями.

Библиографический список

1. Бугаец, В. В. Обоснование экономической эффективности природоохранных мероприятий по улучшению состояния бассейна нижнего Дона // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 7. С. 374-383.
2. Бугаец В. В., Савон Д. Ю. Роль эколого-экономических инструментов при рациональном использовании водных ресурсов // Экономические и гуманитарные исследования регионов. 2014. № 5. С. 65-70.
3. Дмитриева В. А. Экстремальная водность как фактор нарушения гидроэкологической безопасности в бассейне верхнего Дона // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20, № 2 (59). С. 12-18.
4. Киреева М. Б., Фролова Н. Л. Современные особенности весеннего половодья рек бассейна Дона // Водное хозяйство России. 2013. № 1. С. 60–76.
5. Косолапова Н. А. Водно-ресурсный потенциал развития регионов в бассейнах рек Дон и Кубань // Управление экономическими системами: электронный научный журнал . 2016. № 7 (89). С. 18-31.
6. Косолапова Н. А. Имитационное моделирование водохозяйственного баланса бассейна реки Дон // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. 2015. № 07-08. С. 57-64.
7. Оценка антропогенной нагрузки на водоохранную зону Цимлянского водохранилища / Л. А. Беспалова, Г. И. Скрипка, О. В. Ивлиева, Д. С. Швец // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2018. № 3. С. 69-75.
8. Оценка качества поверхностных вод бассейна реки Дон для обеспечения устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса / А. К. Кулик, М. В. Власенко, В. В. Боронычев, Р. Н. Балкушкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 126-135.
9. Поздеев А. Г., Кузнецова Ю. А., Ржепкин А. Ю. Информационно-технологическая модель водного баланса речного бассейна // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-6. С. 1253-1256; URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35709> (дата обращения: 18.09.2019).
10. Шаврак Е. И., Шаврак Д. С., Татевосова М. Р. Вероятностно-детерминированное прогнозирование количественных характеристик водных ресурсов Цимлянского водохранилища // Глобальная ядерная безопасность. 2012. № 5 (3). С. 12 – 20.
11. The Numerical Simulation of Shallow Water: Estimation of the Roughness Coefficient on the Flood Stage / S. S. Khrapov, A. V. Pisarev, I. A. Kobelev, A. G. Zhumaliev, E. O. Agafonnikova, A. G. Losev and A. V. Khoperskov // Advances in Mechanical Engineering. Volume 2013, Article ID 787016, 11 pages.
12. Usmanov S., Mitani Y., and Kusuda T. An Integrated Hydrological Model for Water Balance Estimation in the Chirchik River Basin, Northern Uzbekistan // Computational Water, Energy, and Environmental Engineering. 2016. № 5. P. 87-97.

Conclusions. Thus, using simulation modeling, it is possible to calculate the water balance of the Tsimlyansk reservoir for the future, and thanks to this, it will be possible to see in the future how the water supply in the reservoir will change over five years under the influence of various factors. Here, first, it is necessary to take into account that the water supply in the reservoir should not be less than the minimum value (X_{min}), and secondly, the water supply should not be more than the volume of the reservoir (V). Analyzing the water balance of the Tsimlyansk reservoir for 1980-2015 years. it can be noted that the incoming part of the

water balance is 19764 million m³/year. It is dominated by tributaries along the river. Don, which is 17600 million m³/year. The second position is occupied by precipitation, and they amount to 1100 million m³/year. In the consumable part, the volume of flow through the turbines of the hydroelectric power station was at the level of 12800 million m³/year, and the volume of water for the needs of industrial and agricultural enterprises was 2301 million m³/year. Moreover, evaporation amounted to 1920 million m³/year. After analyzing the accumulation and discrepancy, it can be noted that they respectively amounted to 1786 and 980 million m³/year. Thus, based on the calculation of experimental data, it is possible to make the necessary choice of strategy in practice. At the same time, setting the conditions for replenishment and knowing all the water consumption in the Tsimlyansk reservoir, as well as solving the water balance equations, it is possible to determine the water supply in this reservoir, how these stocks change between consumers.

References

1. Bugayets, V. V. Justification of the economic efficiency of environmental measures to improve the condition of the Lower Don Basin // Mountain Information and Analytical Bulletin. 2016. N 7. P. 374-383.
2. Bugayets V.V., Savon D. Yu. The role of environmental and economic instruments in the rational use of water resources // Economic and humanitarian studies of regions. 2014. N 5. P. 65-70.
3. Dmitrieva V. A. Extreme water availability as a factor of violation of hydroecological safety in the upper Don basin // Arid ecosystems. 2014. V. 20. N 2 (59). P. 12-18.
4. Kireeva M. B., Frolova N. L. Modern features of the spring flood of the rivers of the Don basin // Water economy of Russia. 2013. N 1. P. 60-76.
5. Kosolapova N. A. Water-resource potential of regional development in the Don and Kuban river basins // Management of economic systems: electronic scientific journal. 2016. N 7 (89). P. 18-31.
6. Kosolapova N. A. Simulation of the water balance of the Don River Basin // Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Economics and Law. 2015. N 07-08. P. 57-64.
7. Assessment of the anthropogenic load on the water protection zone of the Tsimlyansk reservoir / L. A. Bepalova, G. I. Violin, O. V. Ivlieva, D. S. Shvets // News of Universities. North Caucasus region. Natural Sciences. 2018. N 3. P. 69-75.
8. Assessment of the quality of surface waters of the Don River Basin to ensure the sustainable functioning of the water management complex / A. K. Kulik, M. V. Vlasenko, V. V. Borodychev, R. N. Balkushkin // Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex: science and higher professional education. 2019. N 2 (54). P. 126 - 135.
9. Pozdeev A. G., Kuznetsova Yu. A., Rzhepkin A. Yu. Information-technological model of the water balance of the river basin // Fundamental Research. 2014. N 11-6. P. 1253-1256; URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35709> (accessed September 18, 2019).
10. Shavrak E. I., Shavrak D. S., Tatevosova M. R. Probabilistic-determinate forecasting of quantitative characteristics of water resources of the Tsimlyansk reservoir // Global Nuclear Safety. 2012. N 5 (3). P. 12-20.
11. The Numerical Simulation of Shallow Water: Estimation of the Roughness Coefficient on the Flood Stage / S. S. Khrapov, A. V. Pisarev, I. A. Kobelev, A. G. Zhumaliev, E. O. Agafonnikova, A. G. Losev, A. V. Khoperskov // Advances in Mechanical Engineering. Volume 2013, Article ID 787016, 11 pages.
12. Usmanov S., Mitani Y., Kusuda T. An Integrated Hydrological Model for Water Balance Estimation in the Chirchik River Basin, Northern Uzbekistan // Computational Water, Energy, and Environmental Engineering. 2016. № 5. P. 87-97.

Authors Information

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

Vetrenko Ekaterina Aleksandrovna, Associate Professor, "Russian Technological University of MIREA" (Russia, 119454, Central Federal District, Moscow, 78, Vernadsky Prospekt) Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, zkafedra@mail.ru

Kolotukhina Irina Nikolaevna, applicant, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetsky Prospekt, 26), 7ya78@mail.ru

Информация об авторах:

Ахмедов Аскар Джангир оглы, профессор ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор технических наук, профессор, askar-5@mail.ru

Ветренко Екатерина Александровна, доцент ФГБОУ ВО «Российский технологический университет МИРЭА» (РФ, 119454, ЦФО, г. Москва, Проспект Вернадского, д. 78), кандидат технических наук, доцент, zkafedra@mail.ru

Колотухина Ирина Николаевна, соискатель ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), 7ya78@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-37

THE ESTABLISHMENT OF DIGITAL PLATFORMS OF THE MELIORATIVE WATER COMPLEX

I. F. Yurchenko

*All – Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after A. N. Kostyakov, Moscow*

Received 17.12.2019

Submitted 11.03.2020

Summary

The analysis of the use of information technologies in the management of agricultural production processes on reclaimed lands is performed. There is a need to intensify the development of domestic software and technical complexes for regulating the reclamation regime of agroecosystems. Priority directions of strategic development of reclamation activities based on the formation of the digital platform Reclamation water management complex are presented.

Abstract

Introduction. Digital frameworks being digital equivalents are becoming a trend in the "advanced" sectors of the domestic economy. According to the Ministry of agriculture data, the use of the specialized information frameworks in agroindustry increases agricultural production profit by 20% due to both cost optimization and effective distribution of funds resulted in digital framework development activation in this sector. **Purpose of research.** The issue of the research is to create theoretical basis of the conceptual approaches on the development of a digital framework in land reclamation and water management. Novelty of the research consists of the basic theory and practice tendencies' development of the information digital framework development for the land reclamation and water management sector of economy based on the integrated technologies to solve fundamental issues of agricultural production in the reclaimed lands. Practical significance of the research is determined by the systematization of the existing approaches to the "framework" for the reclaimed agroecosystems as well as by proposals' development of the priority tendencies in the further evolution. **Materials and methods.** The following methods were used in the research: information – analytical method, method of comparison, system analysis, statistical and expert assessments. **Results and conclusion.** The analysis of the digital systems' application in the field of the agricultural production in the reclaimed lands carried out has proved the necessity of the information support in the field of land reclamation based on the modern innovative technologies. The features of the proposed digital framework for the land reclamation and water management are characterized with information and technological support in the field of the land reclamation. The expected results and further promotion of the proposed framework in the domestic agricultural sector were estimated.

Keywords: digital frameworks, land reclamation water management, agroecosystems, smart reclamation systems, precision management

Citation. Yurchenko I. F. The establishment of digital platforms of the meliorative water complex. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2020. 1(57). 380-395 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-37.

УДК 631.6.02:626.8

СТАНОВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ МЕЛИОРАТИВНОГО ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

И. Ф. Юрченко, доктор технических наук, главный научный сотрудник

*Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, Москва*

Дата поступления в редакцию 17.12.2019

Дата принятия к печати 11.03.2020

Актуальность. Цифровые платформы приобретают статус трендов новой инфраструктуры «продвинутых» отраслей отечественной экономики, выполняя функции ее цифрового двойника. По оценке Минсельхоза России, использование специализированных информационных платформ АПК повышает рентабельность сельхозпроизводства более чем на 20 % за счет точечной оптимизации затрат и эффективного распределения средств, что актуализирует их становление в сфере мелиоративной деятельности. **Цель исследований** – теоретическое обоснование концептуальных подходов к разработке цифровой платформы мелиоративного водохозяйственного комплекса. Новизна заключается в формировании принципиальных направлений теории и практики создания информационной цифровой платформы мелиоративного водохозяйственного комплекса на основе интегрированных технологий решения основополагающих задач агропроизводства на мелиорируемых землях. Практическая значимость – в систематизации существующих подходов к становлению «платформенной» экономики мелиорируемых агроэкосистем и разработке предложений для обсуждения в части приоритетных направлений ее эволюции. **Материалы и методы.** В процессе исследований применялись методы информационно-аналитического, сравнительного и системного анализа, а также статистических и экспертных оценок. **Результаты и обсуждение.** Выполнен анализ использования систем цифровизации агропроизводства на мелиорируемых землях, выявивший потребность и возможность развития информационного обеспечения сферы мелиорации на базе современных инновационных технологий. Раскрыта специфика предлагаемой к разработке цифровой платформы мелиоративного водохозяйственного комплекса, обеспечивающей информационно-технологическую поддержку развития мелиоративной деятельности. Осуществлена оценка ожидаемых результатов и перспективы дальнейшего развития платформ мелиорации в отечественном АПК.

Ключевые слова: цифровые платформы, мелиоративный водохозяйственный комплекс, агроэкосистемы, умные мелиоративные системы, прецизионное управление.

Цитирование. Юрченко И. Ф. Становление цифровых платформ мелиоративного водохозяйственного комплекса, *Известия НВ АУК*. 2020. 1(57). 380-395. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-01-37.

Введение. Согласно Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации (2010), своевременное снабжение населения качественными продуктами питания является показателем сильной государственности и суверенитета страны, приоритетным фактором демографической политики, безусловным гарантом выполнения цели стратегии национального развития – повышения качества жизни российских граждан путем обеспечения ее высоких стандартов [2]. Решающим условием стабильно высокого производства сельскохозяйственной продукции выступает комплексная мелиорация земель в сочетании с применением наукоемких аграрных технологий [4, 28].

В эпоху цифровой экономики каждой индустрии необходима новая инфраструктура – цифровой двойник отрасли (industry digital platform), в качестве которого находит применение цифровая платформа [19, 22]. По оценке Минсельхоза России, использование цифровых технологий в АПК, базирующихся на специализированных информационных платформах, повышает рентабельность сельхозпроизводства более чем на 20 % за счет точечной оптимизации затрат и эффективного распределения средств [5].

Вместе с тем по данным Росстата финансирование развития информационно – коммуникационных технологий (ИКТ) по разделу «Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство» (0,85 млрд руб., или 0,2 % от объемов финансирования указанного направления) было самым низким в 2017 г. по сравнению с другими разделами экономики. С одной стороны эти цифры свидетельствуют о недостаточном внимании властных структур к цифровизации отечественного сельского хозяйства, с другой, – указывают на большой потенциал для инвестиций в ИКТ агропроизводства. Все это актуализирует необходимость внедрения цифровых решений в технологии сельскохозяйственных мелиораций.

Цель настоящих исследований – теоретическое обоснование концептуальных подходов к разработке цифровой платформы мелиоративного водохозяйственного комплекса, которая реализуется в виде субплатформы в составе платформенных комплексов отечественного АПК, предусмотренных программой Цифровая экономика.

Основные задачи исследований:

- выполнить анализ развития систем цифровизации агропроизводства на мелиорируемых землях;
- раскрыть специфику предлагаемой к разработке – цифровой платформы мелиоративного водохозяйственного комплекса;
- оценить ожидаемые результаты и перспективы дальнейшего развития платформ мелиорации в отечественном АПК.

Новизна работы заключается в формировании принципиальных направлений теории и практики создания информационной цифровой платформы мелиоративного водохозяйственного комплекса на основе интегрированных технологий решения основополагающих задач агропроизводства на мелиорируемых землях. При этом открываются новые возможности применения имеющихся апробированных знаний в процессе услуг, предоставляемых цифровой платформой на базе унифицированных, научно-обоснованных решений наиболее важных проблем прецизионного управления продуктивностью мелиорируемых фитоценозов.

Практическая значимость – в систематизации существующих подходов к становлению «платформенной» экономики и разработке предложений для обсуждения в части приоритетных направлений ее эволюции.

Материалы и методы. В процессе исследований применялись методы информационно – аналитического, сравнительного и системного анализа, а также статистических и экспертных оценок. В качестве научного материала использовались «Стратегия инновационного развития РФ», проект концепции «Индустрия 4.0», «Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса РФ», данные с российских приоритетных технологических платформ, научные публикации по проблемам инновационного развития АПК и цифровизации экономики [13-15].

Результаты и обсуждение. Ограниченно управляемые и саморегулирующиеся мелиоративные системы сменили регулируемые ручную поливы сравнительно недавно (порядка последних 100 лет) [9, 10, 24]. Следуя уровню развития агропроизводства и необходимости его интенсификации, технологии на мелиорируемых землях эволюционировали от уровня элементарных («туземных») до высокотехнологичных технологий, пройдя через этапы механизации, автоматизации, электронизации, информатизации [7, 10, 27]. Развитие поколений оросительных систем и этапов мелиорации в период с начала 20 до начала 21 века, систематизированные по данным [10], представлены в таблице 1

Внедрение цифровой мелиорации, по аналогии с цифровизацией промышленности и АПК, ассоциируется в научной среде и практике мелиоративной деятельности с достижением большего потенциала и эффекта за счет использования инновационных разработок и принятия оптимальных управленческих решений при модернизации мелиорации в высокотехнологичный сектор экономики [16, 29, 30]. Однако следует помнить, что основу экономики глобального лидерства государства составляют фундаментальная наука и высокотехнологичное интеллектуальное отечественное производство [6-8, 12].

Таблица 1 – Поколения оросительных систем и этапы развития мелиоративных технологий (составлена на основе материалов [8])

Table 1 – Generations of irrigation systems and stages of development of reclamation technologies (compiled on the basis of materials [8])

Поколение оросительных систем (ОС) / Generation of Irrigation Systems	Период внедрения технологии / Technology Implementation Period	Общая характеристика применяемых технологий / General characteristics of applied technologies	Отличительные признаки применяемых технологий / Distinctive features of applied technologies
1	2	3	4
Период «примитивной» мелиорации / The period of «primitive» reclamation			
I	1900-1920 гг.	Самотечная подача воды на орошение. Широкое использование лиманного орошения, поливов затоплением, напуском, промывных. Отсутствие научной базы, проектной и нормативной документации, специализированных строительных организаций. Практическое отсутствие противофильтрационных покрытий водопроводящей гидромелиоративной сети / Gravity water supply for irrigation. Widespread use of estuary irrigation, irrigation by flooding, inlet, flushing. Lack of a scientific base, design and regulatory documentation, specialized construction organizations. The practical absence of antifiltration coatings of the water supply irrigation and drainage network	Не инженерная распределительная сеть ОС из мелких водотоков (арыков), не предусматривающая управление водораспределением / Non-engineering OS distribution network of shallow watercourses (irrigation ditches) that does not provide for water distribution management
Механизация на мелиоративных системах / Mechanization on reclamation systems			
II	1924-1933 гг.	Развитие сети государственных магистральных и межхозяйственных каналов с регулирующими и водомерными сооружениями. Водоподача с постоянным током воды / Development of a network of state trunk and inter-farm canals with regulatory and water metering facilities. Direct current water supply	Наличие проектов на инженерные ОС, элементов методики расчета конструктивных параметров системы, а также первых дождевальных машин / The presence of projects for engineering OS, elements of the methodology for calculating the structural parameters of the system, as well as the first sprinkling machines

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
	1935-1950 гг.	Развитие и уточнение методов централизованного диспетчерского управления водораспределением «по плану» (план водопользования с использованием данных водохозяйственного баланса) / Development and refinement of the methods of centralized dispatch control of water distribution «according to plan»	Учет требований по безопасности, регламентированных в соответствующих СНиП. Проектирование распределительных и внутрихозяйственных каналов инженерного типа с применением противофильтрационных покрытий – бетонных, железобетонных, асфальтобетонных, снижающих потери воды примерно на порядок / Consideration of safety requirements regulated in the relevant SNiP. Design of engineering-type distribution and on-farm canals with anti-filtration coatings - concrete, reinforced concrete, asphalt concrete, which reduce water losses by about an order of magnitude
Автоматизация мелиоративных систем / Automation of land reclamation systems			
III	50-70 гг. 20 века / 50-70 years 20th century	Развитие систем для орошения крупных массивов с автоматизированным регулированием водоподачи и водораспределения / Development of systems for irrigation of large tracts with automated regulation of water supply and water distribution	Применение гидроавтоматики, автоматизации водоучета, эксплуатационной гидрометрии, комплексов гидрометрических работ. Становление систем АСУ, СППР, АСУ ТП / The use of hydroautomatics, automation of water accounting, operational hydrometry, complexes of hydrometric works. Formation of ACS, SPPR, ASU TP systems
Электронизация и информатизация мелиоративной деятельности / Electronization and informatization of land reclamation activities			
IV	70-90 гг. 20 века / 70-90 years 20th century	Системы автоматизированного управления оснащаются средствами телемеханики / Automated control systems are equipped with telemechanics	Внедрение средств оперативного получения, сохранения, обработки и передачи информации. Применение ЭВМ, дальнейшее усовершенствование компьютерных технологий при автоматизации мелиорации / The introduction of means of prompt receipt, storage, processing and transmission of information. The use of computers, the further improvement of computer technology in the automation of land reclamation

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Период цифровой мелиорации / Digital Reclamation Period			
V	конец 20 – начало 21 вв. / end of 20 - beginning of 21 centuries	Применение точного (прецизионного) управления урожайностью орошаемых сельскохозяйственных культур; самоконтроль качества агротехнологических операций при изменяющихся условиях роста и развития растений (погодных, влажности почвы, фаз вегетации); использование высокоскоростного соединения Internet и TCP/IP / The use of precise (precision) yield management of irrigated crops; self-monitoring of the quality of agrotechnological operations under changing conditions of plant growth and development (weather, soil moisture, vegetation phases); Using high-speed Internet and TCP / IP	Практика поливного земледелия оперирует данными спутникового зондирования почв и растительного покрова для управления сетями дождевальных машин. Спутниковые данные применяются для формирования и текущей корректировки процессов орошения, обеспечивающих своевременные и комплексные воздействия на условия произрастания культур. Применение методов автоматизированного управления сложными динамическими системами и процессами (SCADA) / Irrigation practice uses satellite-based sensing of soils and land cover to control sprinkler networks. Satellite data are used for the formation and current adjustment of irrigation processes that provide timely and comprehensive impacts on crop growth conditions. Application of automated control systems for complex dynamic systems and processes (SCADA)

Сегодня Россия импортирует около 90 % аппаратного и 60 % программного обеспечения [11]. В 2015 г. из представленных на внешних рынках технологий только 12 % являлись принципиально новыми и конкурентоспособными, из них в области производственных информационных систем – всего 7,6 %. Для достижения максимального эффекта от цифровой мелиорации: необходимы полная кооперация практического опыта и научного потенциала, накопленных за всю историю развития мелиоративного комплекса; а также максимально возможное использование новейших достижений науки и техники в цифровизации продвинутых секторов экономики страны.

Стратегический план действий по обеспечению инновациями процессов цифровизации отечественной экономики определяется программой «Цифровая экономика Российской Федерации» (2017), устанавливающей цели и базовые подходы к ее развитию. Согласно Программе основная задача цифровой трансформации агропроизводства – интеграция потоков объективных данных сельхозпроизводителей и государственных сведений в платформу цифрового агропромышленного комплекса для гарантированного глобального планирования деятельности в отрасли и предоставления точных рекомендаций участникам рынка, включая использование технологий искусственного интеллекта, IOT – технологий (технологий Интернета вещей) и технологий больших данных (Big Data).

Становление направления «платформенной экономики», использующей для работы организаций внешних площадок (платформ) и связанных с ними экосистем, началось сравнительно недавно. Использование платформ позволяет компаниям сократить ИКТ-издержки и уменьшить временные затраты на выведение новых продуктов на рынок. Платформенная экономика определяется как экономическая деятельность с использованием онлайн-посредника, обеспечивающая площадку для предоставления определенного товара или услуги клиентам непосредственно владельцами. Устанавливается методологическая общность функциональной структуры цифровых платформ, которые связывают работников или продавцов непосредственно с клиентами и позволяют пользователям ненормированную по времени работу, а также обеспечивают через платформу оперативную оплату после выполнения работы или предоставления товара [3, 17-19].

В отечественной научной практике термин «платформенная экономика» только начинает приживаться, теоретические основы функционирования и развития цифровых платформ исследованы фрагментарно. Тезаурус цифровой платформы в настоящее время только формируется и определяет:

- группу технологий, использующихся в качестве базовой основы реализации конкретизированной и специализированной задачи цифрового взаимодействия;
- прорывную инновационную информационную систему многостороннего взаимодействия пользователей по обмену информацией и ценностями, обеспечивающую снижение объединенных транзакционных издержек; рационализацию бизнес-процессов; повышение действенности операций, связующих технологии поставок товаров и предоставляемых услуг;
- объекты инновационной инфраструктуры, позволяющие обеспечить эффективную коммуникацию и создание перспективных коммерческих технологий, высокотехнологичной, инновационной и конкурентоспособной продукции на основе участия всех заинтересованных сторон (бизнеса, науки, государства, общественных организаций)

Учитывая сложность разрабатываемой Программой цифровой экономики Российской Федерации проблемы и сжатые сроки разработки (порядка 6 месяцев), можно понять критику научной общественности и практиков производства в ее адрес и рассмотреть предложения по совершенствованию. Настоящее время, когда планируется трансформации действующей Программы цифровой экономики в Национальный проект, – максимально подходящий период для реализации назревших изменений и дополнений.

Представляется, что для сферы мелиорации актуальным становится формирование в составе платформы АПК, разрабатываемой в рамках Программы цифровой экономики субплатформы «Мелиоративный водохозяйственный комплекс». Цель ее создания – разработка и запуск программного продукта для сельскохозяйственных производителей, который способствует реализации динамического прецизионного управления мелиоративным режимом агроэкосистем в рамках базового элемента ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве – «точного/прецизионного» земледелия.

Задачи создания указанной цифровой субплатформы:

- повышение эффективности сельскохозяйственного производства и потенциала роста оборота отрасли за счет внедрения цифровых решений;
- внедрение высоких технологий в сферу сельского хозяйства для минимизации негативного воздействия мелиоративных вмешательств на окружающую среду, обусловленных экологическими императивами;
- практическое применение принципов «интеллектуального», прецизионного управления водными ресурсами в агроэкосистемах различного уровня территориальной иерархии для устойчивой интенсификации растениеводства;

-экономия водных ресурсов, сохранение плодородия и целостности почвенного покрова, создание благоприятной экологической обстановки в агроландшафте;
-реализация ответственного в экономическом, социальном и экологическом отношении мелиоративного водопользования.

Наличие в структуре ЦП АПК субплатформы «Мелиоративный водохозяйственный комплекс» потребует, помимо разработки ИТ прецизионного управления мелиоративным режимом агроэкосистем, ускоренного развития информационно-коммуникационного обеспечения процесса регулирования экономически целесообразного и экологически безопасного водопользования, включающего восстановление, модернизацию и развитие мелиоративных систем. Программная оболочка ИТ «Мелиоративный водохозяйственный комплекс» формируется на базе комплекса API (Application Programming Interface – интерфейс прикладных программ), предоставляемого этой субплатформой, решающей также и все другие основные производственные задачи цифровизации в сфере мелиораций (рисунок 1).

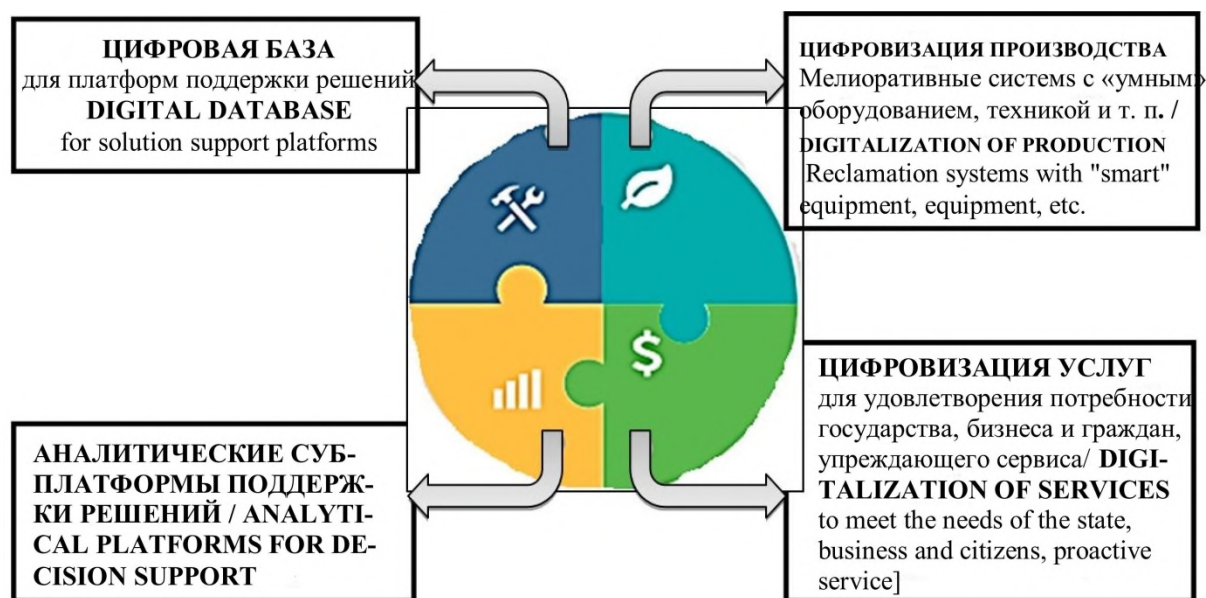


Рисунок 1 – Основные направления цифровизации предприятий мелиоративного водохозяйственного комплекса

Figure 1 – Main directions of digitalization of enterprises of the reclamation water management complex

В основу работы цифровой платформы необходимо заложить сетевой принцип, а также принципы открытости технологий и данных. Задача экосистем – организовать информационные потоки и сделать их безопасными и доступными цифровым платформам и пользователям. Создание цифровых платформ – это двуединая задача разработки новых:

- технологий, обеспечивающих обработку больших объемов данных и поддержку глобальных систем сохранения, распространения и обработки информации;
- моделей деятельности на базе возможностей этих информационных систем.

Благодаря цифровой платформе абсолютно изменяются: непосредственно, сами технологии, организационная структура, компетенции, навыки и умения персонала, взаимосвязи с поставщиками и клиентами, модели деятельности, целевые рынки и все другие области, где бизнес взаимодействует с людьми, обществом и государством.

В настоящее время нет возможности достоверно оценить предлагаемые решения по разработке цифровой платформы сферы мелиораций, так как в практике отечественного АПК отсутствуют платформы «умного» управления водоподачей и водоотведением для «точной» мелиорации сельхозугодий, играющих значимую роль в повышении урожайности и снижении затрат сельхозпроизводства, способствуя при этом экологической устойчивости агроландшафта. Успешным примером разработки и внедрения цифровых платформ для управления водными ресурсами в агропроизводстве в ближнем и дальнем зарубежье могут служить платформы SWAMP (Smart Water Management Platform, США) и «СУВ-инфо» (Узбекистан).

Проект SWAMP реализует интеллектуальную платформу управления водными ресурсами на основе Интернета вещей IoT для точного орошения в сельском хозяйстве с практическим подходом (внедрение пилотных проектов в Бразилии и Европе). Платформа настраивается и используется в зависимости от требований и ограничений различающихся условий ее применения, обусловленных спецификой страны, климата, почв и сельскохозяйственных культур, что требует значительной гибкости для адаптации к диапазону конфигураций развертывания, включающих разнообразное сочетание технологий. Опыт создания и реализации SWAMP показал первоочередные проблемы, препятствующие широкому использованию IoT для точного орошения, к которым относится [25]:

- отсутствие возможности полной автоматизации разработки программного обеспечения по ирригации;
- современных программных платформ для автоматизации процесса и интеграции технологий: IoT; аналитики больших данных, облачных вычислений, обеспечивающих развертывание пилотных приложений для интеллектуального управления водными ресурсами;
- соответствующих стандартов и информационных моделей, требующихся для интеграции разнородных датчиков в систему контроля и управления.

Концептуальная цифровая платформа в сфере устойчивого управления водными ресурсами в сельской местности «СУВ-инфо» (Узбекистан) находится на стадии разработки. Научно-образовательная (консультационная) направленность этого проекта призвана:

- обеспечить дальнейшее содействие водному сектору Республики Узбекистан на всех уровнях реализации (от национального, бассейнового до фермерских хозяйств);
- повышение общественной осведомленности о рациональном использовании водных и других связанных с ними ресурсов в агропроизводстве [3].

В рамках реализации данной Программы создается программный продукт, включающий единую справочную базу данных «СУВ-инфо». Последняя предназначена специалистам в сфере водного хозяйства и водопользования; экспертам в области мелиорации и орошения, ассоциациям водопользователей (АВП) и фермерским хозяйствам для ускорения необходимых гидравлических и прочих расчетов, упрощения процесса поиска и получения информации, а также распространения знаний, связанных со всеми аспектами управления и использования водных ресурсов.

Платформа поможет улучшить знания заинтересованных сторон и организаций о технических аспектах управления водными ресурсами станет полезным инструментом для ученых, молодых специалистов и студентов специализированных учебных заведений. Ожидается, что создание электронной справочной базы данных и мобильного приложения (версии для ОС Android и iOS) будет способствовать укреплению научно-исследовательских программ в водном секторе и модернизации средств для поддержки образовательного процесса колледжей/лицеев и высших образовательных учреждений.

Объем работ над системой включает создание инновационной, современной интерактивной среды, основанной на новейших технологиях, которая будет доступна из любого места через веб-браузер или через наиболее распространенные мобильные устройства. Система будет доступна даже в районах с ограниченной скоростью Интернет-соединения.

В Российской Федерации выделяется шесть основных направлений цифровой трансформации сельского хозяйства и научно-технологического развития в области «умного сельского хозяйства», предполагающих внедрение не менее пяти проектов полного инновационного комплексного научно-технического цикла сквозных цифровых систем классов [5]: «умное сельскохозяйственное предприятие», «умное поле», «умная ферма», «умная теплица», «умный сад», «умное землепользование».

Платформа мелиоративного водохозяйственного комплекса по своей сути и направленности отвечает классу цифровых систем «Умное поле», предусматривающих формирование условий для развития научной и научно-технической деятельности, а также получения результатов, необходимых для создания цифровых технологий мониторинга и управления производственными процессами полевого растениеводства. Последние используют технологии Больших Данных и научную теорию продуктивности агроэкосистем для получения продукции, товаров и оказания услуг, обеспечивающих независимость и конкурентоспособность отечественного агропромышленного комплекса.

В случае практической разработки цифровой платформы мелиоративного водохозяйственного комплекса, цифровой продукт должен пройти значимые этапы своего становления от идеи и накопления знаний о продукте до его использования на практике. Концептуально эти этапы можно выстроить в следующей последовательности:

I – этап изучения и накопления знаний о цифровом продукте;

II – этап формирования алгоритмов практической реализации для модели продукта;

III этап – принятие решения о целесообразности продукта и его практической эффективности;

IV этап – внедрение реализованного продукта в производство с целью верификации;

V этап – использование продукта по результатам подтверждения его практической значимости и эффективности.

Практика использования информационных технологий в мелиорации показывает расширение круга задач, к решению которых применяется компьютерная поддержка, важнейшими из которых остаются задачи формирования гидромелиоративных систем, обеспечивающих эффективность водоподдачи и водоотведения.

В настоящее время технический уровень мелиоративных систем позволяет автоматизировать процесс распределения воды от источника орошения к растениям. Однако не только вода является фактором, ограничивающим рост и развитие растений. Часто это элементы питания, теплового и газового состава почвенного воздуха и приземного слоя атмосферы, загрязнение и деградация почв, водная эрозия и пр. факторы. Этим обусловлена необходимость создания цифровых технологий для комплексного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем, включающего водный, пищевой, тепловой, газовый и пр. режимы почв и грунтов, формирующих оптимальные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур в преобладающих погодных условиях в конкретном году.

Представляется, что исследования в сфере «цифровой мелиорации» должны обеспечить приоритетную разработку инновационных систем управления агропроизводством, контролируемых в режиме «онлайн» мелиоративную ситуацию агроэко-

стем, осуществляющих интеллектуальную обработку информации, подготовку вариантов готовых решений и их реализацию, обращаясь к сельхозтоваропроизводителю лишь в специально оговоренных ситуациях. Изменяющаяся к лучшему ситуация с разработкой, внедрением и использованием инноваций в отечественном АПК, что связано с развитием технологий «точного земледелия» в агропроизводстве, обеспечила актуальность исследований специалистов ФБГНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова». Работа выполнена в составе темы «Обоснование действенности автоматизации управления технологическим процессом формирования мелиоративного состояния агроэкосистем и энергетического потенциала мелиорированных земель» плана фундаментальных исследований института на 2019 г.

По результатам этих работ успешное решение обозначенных проблем цифровизации мелиоративного водохозяйственного комплекса предлагается начинать с создания коммерческих вариантов АСУ мелиоративным режимом (АСУ ТП_{мр}) агроэкосистем. Функциональная структура указанных АСУ рассчитана на максимально возможную автоматизацию процедур работы с данными, характеризующими процессы почвообразования, приземный слой атмосферы и управление техническим оборудованием, формирующими мелиоративный режим агроэкосистем по результатам моделирования агропроизводственных технологий на уровне поля в режиме реального времени (рисунок 2).

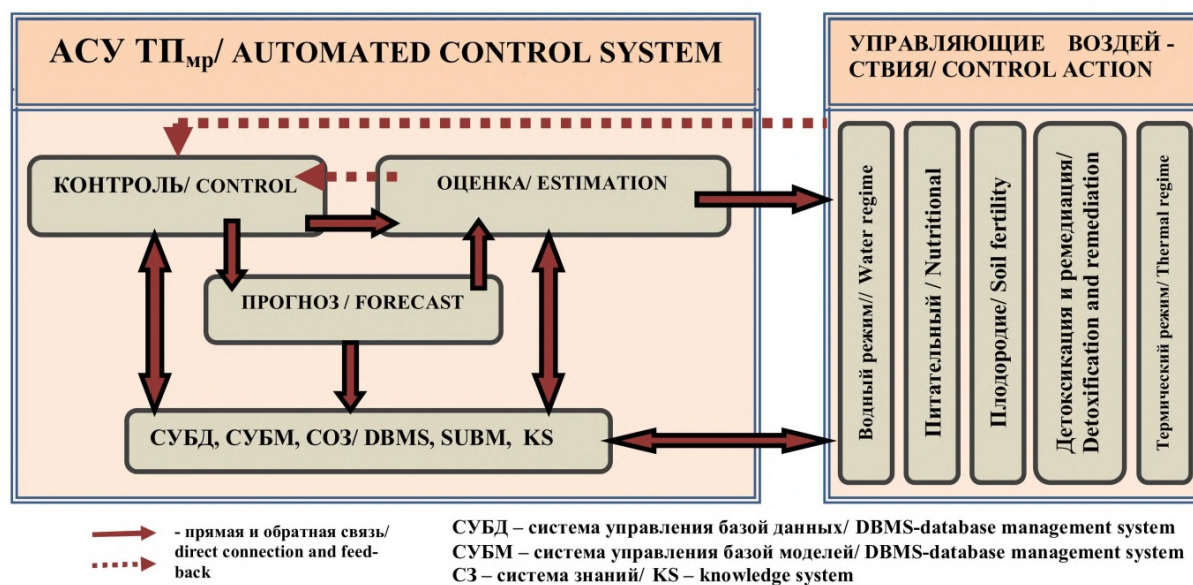


Рисунок 2 – Структурно-функциональная схема АСУ_{мр} мелиоративным режимом и плодородием агроэкосистемы

Figure 2 – Structural and functional scheme of the automated control system with reclamation regime and agroecosystem fertility

Практическая реализация решения задачи автоматизации прецизионного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем и плодородия мелиорируемых земель может рассматриваться как приложение для соответствующей цифровой платформы, интегрированной в виде субплатформы в состав платформы мелиоративного водохозяйственного комплекса. Последняя сможет предоставлять услуги по решению основных производственных задач в сфере сельскохозяйственных мелиораций на основе приложений «цифровое поле» государственной-частной платформы «цифровое сельское хозяйство».

Предлагаемая к разработке АСУ прецизионного регулирования мелиоративного режима агроэкосистем по своей сути является структурной единицей комплексной «Цифровой платформы АПК», в связи с чем она помимо интегрирования в общую структуру, должна соотноситься в практическом плане с другими субплатформами Цифровой платформы АПК, составные части которой следует формировать программно совместимыми. Поскольку в процессе разработки подходов к продукту цифровизации управления мелиорируемыми агроэкосистемами использовалась логика мелиоративного комплекса на уровне поля, перспективным направлением модернизации платформы станет ее укрупнение до более высокого иерархического уровня организации (участка, хозяйства и т. д и т. п.). Практическое внедрение и сопровождение множества требующихся точных взвешенных цифровых решений в агропроизводство на мелиорированных землях будет способствовать не только повышению его продуктивности, но и реализации экологической составляющей высокоинтенсивных точных технологий, являющейся основой устойчивого развития общества [2].

Основной ожидаемый результат от внедрения цифровой платформы мелиоративного водохозяйственного комплекса – повышение продуктивности полевого растениеводства на 20 % за счет снижения влияния лимитирующих факторов продуктивности растений, в частности из-за применения мелиоративных мероприятий в конкретных условиях с высокой точностью и научной обоснованностью [20, 21, 23, 26].

Выводы. Специализированная цифровая платформа «Мелиоративный водохозяйственный комплекс» позволит получить качественно новые инструменты управления за счет:

- повторного использования информации при производстве и предоставлении услуг;
- ограничения экономической активности только размерами Интернета;
- обеспечения конкурентоспособности компании, не зависящую от ее размера.

Для выхода агропроизводства на мелиорируемых землях на новый уровень развития с использованием достижений цифровизации требуется одновременное совпадение, как минимум, следующих условий:

- мотивированность государства в развитии цифровизации сферы производственных технологий сельского хозяйства;
- наличие инновационных цифровых оболочек для интеграции создаваемого в должном объеме и с требуемым качеством технологического оборудования в сквозные автоматизированные технологии управления;
- подготовка в достаточном количестве кадровых специалистов с необходимым уровнем профессионализма.

Библиографический список

1. Анализ существующих автоматизированных систем управления технологическим процессом / Минин П. Е., Конев В. Н., Сычев Н. В., Крымов А. С., Савчук А. В., Андряков Д. А. // Спецтехника и связь. 2014. № 1. С. 29-37. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya-tehnologicheskim-protsessom>.
2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации «Росинформагротех», 2018. 108 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/6752/>.
3. Запрос на подачу предложения: разработка программного продукта базы данных “Suv-info” с мобильным приложением. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=176768.

4. Итоги реализации (2014-2017 годы) федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы»: информ. издание. М.: ФГБНУ: <https://rosinformagrotech.ru/data/send/66-normativnye-dokumenty-spravochniki-katalogi/1301-itogi-realizatsii-2014-2017-gody-federalnoj-tselevoj-programmy-razvitie-melioratsii-zemel-selskokhozyajstvennogo-naznacheniya-rossii-na-2014-2020-gody-2018>.
5. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mcxas.ru/upload/iblock/97d/97d2448548e047b0952c3b9a1b10edde.pdf/>.
6. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России / под ред. Л. В. Кирейчевой. М.: «ФГБНУ ВНИИ агрохимии», 2017. 296 с.
7. Новые технологии проектирования, обоснования строительства, эксплуатации и управления мелиоративными системами / под ред. Л. В. Кирейчевой. М.: ВНИИА, 2010. 240 с.
8. Об общих научных подходах к созданию унифицированных прецизионных энергосберегающих АСУ ТП / Г. И. Канюк [и др.] // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2016. № 2 (145). С. 20-32. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-obschih-nauchnyh-podhodah-k-sozdaniyu-unifitsirovannyh-pretsizionnyh-energoberegayuschih-asu-tp>.
9. Огневцев С. Б. Концепция цифровой платформы агропромышленного комплекса // Международный сельскохозяйственный журнал. 2018. №2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-tsifrovoy-platformy-agropromyshlennogo-kompleksa>.
10. Оросительные системы России: от поколения к поколению: монография / В. Н. Щедрин, А. В. Колганов, С. М. Васильев, А. А. Чураев. В 2 ч. Ч. 1. Новочеркасск: Геликон, 2013. 283с.
11. Савина Т. Н. Цифровая экономика как новая парадигма развития: вызовы, возможности и перспективы // Финансы и кредит. 2018. №3 (771). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-ekonomika-kak-novaya-paradigma-razvitiya-vyzovy-vozmozhnosti-i-perspektivy>.
12. Эколого-экономическая эффективность комплексных мелиораций Барабинской низменности / под ред. Л. В. Кирейчевой. М.: ВНИИА, 2009. 312 с.
13. Юрченко И. Ф., Трунин В. В. Система поддержки принятия решений по водораспределению на базе Веб технологий // Научный журнал Российского НИИ Проблем мелиорации. 2014. №2(14). С.87-97.
14. Юрченко И. Ф., Трунин В. В. Совершенствование оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. ФГБНУ «РосНИИПМ». Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. Вып. 53. С. 166-170.
15. Bandurin M. A., Volosukhin V. A., Yurchenko I. F. The efficiency of impervious protection of hydraulic structures of irrigation systems // Advances in Engineering Research. 2018. P. 56-61.
16. Bandurin M. A., Yurchenko I. F., Volosukhin V. A. Remote Monitoring of Reliability for Water Conveyance Hydraulic Structures // Materials Science Forum. 2018. Vol. 931, P. 209-213.
17. Yang S. H. Internet-based Control Systems: Design and Applications // Springer, 2011. 224 p.
18. Chakravorti B., Chaturvedi R. Sh. Digital Planet 2017: How Competitiveness and Trust in Digital Economies Vary Across the World. Medford: The Fletcher school Tufts university, 2017. 70 p. [Электронный ресурс]. URL: https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2017/05/Digital_Planet_2017_FINAL.pdf (Дата обращения: 20.03.2018.).
19. CropX. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cropx.com>
20. Gray J., Rumpe B. Models for digitalization // Soft & Systems Modeling. 2015. Vol. 14. Issue 4. P. 1319-1320.
21. Heather Clancy Why smart irrigation startups are bubbling up. - [Electronic resource]. Access mode: <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling>.

21. John Deere Field Connect. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-anagement>.
22. Lehmann R. J., Reiche R. and Schiefer G. Future internet and the agri-food sector: State-of-the-art in literature and research // Comput. Electron. Agric. 2012. № 89. P.158-174.
23. Lindsay Corporation. Plug & Play Add-Ons. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.growsmart.com>.
24. Mobile Drip Irrigation. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=3yT9yijB-4>.
25. SWAMP: An IoT-based Smart Water Management Platform for Precision Irrigation in Agriculture / Kamienski C., Soininen J. P., Taumberger M., Fernandes S., Toscano A., Salmon T., Filev, R., Torre A. // Proceedings of the IEEE Global IoT Summit. 2018. (GloTS'18), Bilbao, Spain, 4-7 June 2018. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30641960>.
26. Tevatronic. Autonomous Irrigation. [Electronic resource]. Access mode: <http://tevatronic.net>.
27. Variable Rate Irrigation (VRI) Animation. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=tIDfSqAz1Is>.
28. Yang S.H. Internet-based Control Systems: Design and Applications. Springer, 2011. 224 p.
29. Yurchenko I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2018. No. 96(5). P. 1253-1265.
30. Yurchenko I. F. Information support for decision making on dispatching control of water distribution in irrigation // Journal of Physics: Conference Series. 2018. V. 1015. P. 042063.

Conclusion. Specialized digital platform Meliorative water management complex will allow to obtain qualitatively new management tools due to:

- reuse of information in the production and provision of services;
- restrictions on economic activity only by the size of the Internet;
- ensuring the competitiveness of the company, regardless of its size.

For agricultural production on reclaimed lands to a new level of development using the achievements of digitalization, simultaneous matching of at least the following conditions is required:

- State motivation in the development of digitalization in the sphere of agricultural production technologies;
- the availability of innovative digital shells for the integration of technological equipment created in the proper volume and with the required quality into end-to-end automated control technologies;
- training in a sufficient number of personnel specialists with the necessary level of professionalism.

References

1. Analiz suschestvuyuschih avtomatizirovannyh sistem upravleniya tehnologicheskimi processami / Minin P. E., Konev V. N., Sychev N. V., Krymov A. S., Savchuk A. V., Andryakov D. A. // Spectehnika i svyaz'. 2014. № 1. P. 29-37. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya-tehnologicheskimi-protssom>.
2. Doktrina prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii "Rosinformagroteh", 2018. 108 s. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://kremlin.ru/events/president/news/6752/>.
3. Zпрос na podachu predlozheniya: razrabotka programmnogo produkta bazy dannyh "Suv-info" s mobil'nym prilozheniem. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=176768.

4. Itogi realizatsii (2014-2017 gody) federal'noj celevoj programmy "Razvitie melioratsii zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya Rossii na 2014-2020 gody": inform. izdanie. M.: FGBNU: <https://rosinformagrotech.ru/data/send/66-normativnye-dokumenty-spravochniki-katalogi/1301-itogi-realizatsii-2014-2017-gody-federalnoj-tselevoj-programmy-razvitie-melioratsii-zemel-selskokhozyajstvennogo-naznacheniya-rossii-na-2014-2020-gody-2018>.

5. Konceptiya "Nauchno-tehnologicheskogo razvitiya cifrovogo sel'skogo hozyajstva" [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://mcx.ac.ru/upload/iblock/97d/97d2448548e047b0952c3b9a1b10edde.pdf>.

6. Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii / pod red. L. V. Kirejchevoj. M.: "FGBNU VNII agrohimii", 2017. 296 p.

7. Novye tehnologii proektirovaniya, obosnovaniya stroitel'stva, jekspluatscii i upravleniya meliorativnymi sistemami / pod red. L. V. Kirejchevoj. M.: VNIIA, 2010. 240 p.

8. Ob obschih nauchnyh podhodah k sozdaniyu unificirovannyh precizionnyh jnergosberegayuschih ASU TP / G. I. Kanyuk [i dr.] // Jenergoberezhenie. Jenergetika. Jenergoaudit. 2016. № 2 (145). P. 20-32. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-obschih-nauchnyh-podhodah-k-sozdaniyu-unifitsirovannyh-pretsizionnyh-energoberegayuschih-asu-tp>.

9. Ognivcev S. B. Konceptiya cifrovoy platformy agropromyshlennogo kompleksa // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2018. №2. [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptsiya-tsifrovoy-platformy-agropromyshlennogo-kompleksa>.

10. Orositel'nye sistemy Rossii: ot pokoleniya k pokoleniyu: monografiya / V. N. Schedrin, A. V. Kolganov, S. M. Vasil'ev, A. A. Churaev. V 2 ch. Ch. 1. Novocherkassk: Gelikon, 2013. 283s.

11. Savina T. N. Cifrovaya jekonomika kak novaya paradigma razvitiya: vyzovy, vozmozhnosti i perspektivy // Finansy i kredit. 2018. №3 (771). [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-ekonomika-kak-novaya-paradigma-razvitiya-vyzovy-vozmozhnosti-i-perspektivy>.

12. Jekologo-jekonomicheskaya jeffektivnost' kompleksnyh melioracij Barabinskoj nizmennosti / pod red. L. V. Kirejchevoj. M.: VNIIA, 2009. 312 p.

13. Yurchenko I. F., Trunin V. V. Sistema podderzhki prinyatiya reshenij po vodoraspredele-niyu na baze Veb tehnologij // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII Problem melioratsii. 2014. №2(14). P. 87-97.

14. Yurchenko I. F., Trunin V. V. Sovershenstvovanie operativnogo upravleniya vodoraspredeleniem na mezhhozyajstvennyh orositel'nyh sistemah // Puti povysheniya jffektivnosti oroshaemogo zemledeliya: sb. nauch. tr. FGBNU "RosNIIPM". Novocherkassk: RosNIIPM, 2014. Vol. 53. P. 166-170.

15. Bandurin M. A., Volosukhin V. A., Yurchenko I. F. The efficiency of impervious protection of hydraulic structures of irrigation systems // Advances in Engineering Research. 2018. P. 56-61.

16. Bandurin M. A., Yurchenko I. F., Volosukhin V. A. Remote Monitoring of Reliability for Water Conveyance Hydraulic Structures // Materials Science Forum. 2018. Vol. 931. P. 209-213. Yang S. H. Internet-based Control Systems: Design and Applications // Springer, 2011. 224 p.

17. Chakravorti B., Chaturvedi R. Sh. Digital Planet 2017: How Competitiveness and Trust in Digital Economies Vary Across the World. Medford: The Fletcher school Tufts university, 2017. 70 p. [Электронный ресурс]. URL: https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2017/05/Digital_Planet_2017_FINAL.pdf (Дата обращения: 20.03.2018.).

18. CropX. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cropx.com>

19. Gray J., Rumpe B. Models for digitalization // Soft & Systems Modeling. 2015. Vol. 14. Issue 4. P. 1319-1320.

20. Heather Clancy Why smart irrigation startups are bubbling up. - [Electronic resource]. Access mode: <https://www.greenbiz.com/article/why-smart-irrigation-startups-are-bubbling>.

21. John Deere Field Connect. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/field-and-water-anagement>.

22. Lehmann R. J., Reiche R. and Schiefer G. Future internet and the agri-food sector: State-of-the-art in literature and research // Comput. Electron. Agric. 2012. № 89. P.158-174.

23. Lindsay Corporation. Plug & Play Add-Ons. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.growsmart.com>.
24. Mobile Drip Irrigation. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=3yT9yiyjB-4>.
25. SWAMP: An IoT-based Smart Water Management Platform for Precision Irrigation in Agriculture / Kamienski C., Soininen J. P., Taumberger M., Fernandes S., Toscano A., Salmon T., Filev, R., Torre A. // Proceedings of the IEEE Global IoT Summit. 2018. (GloTS'18), Bilbao, Spain, 4-7 June 2018. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30641960>.
26. Tevatronic. Autonomous Irrigation. [Electronic resource]. Access mode: <http://tevatronic.net>.
27. Variable Rate Irrigation (VRI) Animation. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.youtube.com/watch?v=tIDfSqAz11s>.
28. Yang S.H. Internet-based Control Systems: Design and Applications. Springer, 2011. 224 p.
29. Yurchenko I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2018. No. 96(5). P. 1253-1265.
30. Yurchenko I. F. Information support for decision making on dispatching control of water distribution in irrigation // Journal of Physics: Conference Series. 2018. V. 1015. P. 042063.

Authors Information

Yurchenko Irina Fedorovna, chief researcher of the Department of Environmental and information technologies of the all-Russian research Institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A. N. Kostyakov (Russia, 127550 Moscow, Bolshaya Akademicheskaya str., building 2), doctor of technical Sciences, associate Professor, ORCID: 0000-0003-2390-1736. Tel. +7 916 328-85-1, e-mail: Irina.507@mail.ru

Информация об авторе

Юрченко Ирина Федоровна, главный научный сотрудник отдела природоохранных и информационных технологий Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (РФ, 127550 г. Москва, ул. Большая Академическая, дом 44, строение 2), доктор технических наук, доцент, ORCID: 0000-0003-2390-1736. Тел. +7 916 328-85-1, e-mail: Irina.507@mail.ru

ПАТРИАРХИ АГРАРНОЙ НАУКИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Гаель Александр Гаврилович (21.02.1900-26.03.1990)

(к 120-летию со дня рождения)



А.Г. Гаель – крупнейший исследователь песков и песчаных почв, ученый лесовод, агролесомелиоратор, эколог. Работа была его жизнью, а пески – самой большой любовью, которой он преданно служил до последнего дня жизни.

Родился 21 февраля (по старому стилю) 1900 г. в городе Вильно в семье белорусского крестьянина и унаследовал упорство и трудолюбие своих предков. Впоследствии он себя называл «ровесником века». С 1919 г., не закончив прерванного войной и революциями среднего образования, стал работать секретарем волостного ревкома, а затем заведующим отделом народного образования. В 1921 г. Александр Гаврилович поступил в Витебский практический сельскохозяйственный институт, а с 1922 г. он учится в Петроградском лесном институте. Его учителями были профессора В.Н. Сукачев, К.К. Гедройц, М.М. Ткаченко, М.М. Орлов, Л.А. Иванов, Н.В. Третьяков и другие.

По окончании учебы в 1926 г. Управлением лесами Наркомзема РСФСР А.Г. Гаель был зачислен в экспедицию по исследованию песков Дона. Тогда же по рекомендации В.Н. Сукачева он начал заниматься песками, изучению и освоению которых посвятил всю дальнейшую деятельность. Молодой исследователь отличался неутомимостью, жадностью знаний и требовательностью к себе. В 1932 г. отряд экспедиции, возглавляемой А.Г. Гаелем, вошел в состав Всесоюзного института растениеводства (ВИР), руководимого академиком Н.И. Вавиловым, и был реорганизован в «Бюро освоения пустынь».

Руководителем бюро был известный ученый Р.И. Аболин, а в его составе работали, кроме А.Г. Гаеля, видные ученые А.П. Петров, А.М. Алпатьев, С.В. Зонн, Б.Н. Семеновский. До 1941 г. этим бюро были изданы 5 сборников «Проблемы растениеводческого освоения пустынь».

Началась Великая Отечественная война. В августе 1941 г. вместе с другими сотрудниками ВИРа А.Г. Гаель рыл окопы под Ленинградом. Однажды он поднял и прочел сброшенную с самолета немецкую листовку, поразился примитивизму ее содержания и рассказал об этом трем знакомым. Результатом был арест и осуждение на 5 лет. До июня 1942 г. А.Г. Гаель находился в тюрьме г. Мариинска (Кемеровская обл.), затем переведен в лагерь в Томск, где работал на военном заводе по изготовлению мин. Об этом периоде жизни Александр Гаврилович вспоминал, что выжить ему помогли только железная воля, самоограничение, позволявшие растягивать на целый день тюремную пайку хлеба и талант художника, позволивший ему рисовать портреты заключенных (А.М. Якшина, Л.П. Брысова, 1991).

После освобождения из заключения, в 1946-1950 гг. А.Г. Гаель жил и работал в Казахстане на Приаральской опытной станции ВИРа, где продолжал изучение природы и хозяйственного освоения песков «Больших и Малых Барсуков», «Приаральских Каракумов».

В 1951-1955 гг. по приглашению академика В.Н. Сукачева А.Г. Гаель возглавил один из отрядов Комплексной экспедиции по полевому лесоразведению Института леса АН СССР (Москва), созданной правительством СССР под реализацию «Сталинского плана преобразования природы». Объектами его изучения стали пески Прикаспия – Урдинские, Терско-Кумские, Кумско-Волжские, а также Прииртышские и Донские. По материалам исследований Волго-Уральских и Терско-Кумских песков им в 1952 г. была защищена докторская диссертация на тему «Облесение бугристых песков засушливых областей». С этого времени и до конца своей жизни А.Г. Гаель тесно сотрудничает с учеными Всесоюзного НИИ агролесомелиорации (ВНИАЛМИ, ныне Федеральный научный центр Агроэкологии РАН) по вопросам защитного лесоразведения и комплексного освоения песков, многие из них стали его учениками и последователями.

В 1955 г. он был приглашен профессором Н.А. Качинским на кафедру физики и мелиорации почв биолого-почвенного факультета МГУ, где была организована лаборатория песковедения, затем переименованная в лабораторию мелиорации почв и песков, которую он возглавлял 35 лет и подготовил многих учеников и последователей. Занятый всегда энергичной работой, Александр Гаврилович заражал сотрудников своей любовью к природе, увлеченностью своим делом, страстной заинтересованностью и точностью в сборе материалов.

Кампания по освоению целинных земель в 50-е годы, зачастую сопровождалась бездумной распашкой легких песчаных почв. Он не мог равнодушно смотреть, как гибли под плугом песчаные пастбища, превращаясь в голые пески и дающие пищу пыльным бурям. Протестовал против подобных непродуманных действий, неоднократно обращался в органы власти, доказывая и убеждая в необходимости бережного обращения с легко ранимой природой песков. Для всех работавших с ним это был яркий пример ответственной гражданской позиции, требовавшей в то время немалого мужества.

На территории бывшего СССР нет песчаных массивов, на которых не проводил бы свои исследования А.Г. Гаель. Круг его научных интересов всегда был необычайно широк и постоянно увеличивался. Это минералогический состав, рельеф и растительность песков, стационарные наблюдения за сезонной динамикой влажности почв и уровнем грунтовых вод, особенности роста и строения корневых систем различных древесных пород на песках, развитие почвообразовательных процессов и формированием песчаных почв и др.

Им впервые проводились исследования песков комплексным методом с составлением почвенно-геоморфологических, а по сути – ландшафтно-экологических инструментальных профилей, с бурением скважин, нанесением на карту рельефа, стратиграфии пород, горизонта и минерализации грунтовых вод, почвенного и растительного покрова. Одновременно проводилось и картографирование песков по их типам, на основе выявленных закономерностей сочетания их в экологических рядах и использованием аэрофотоснимков. Этот метод в настоящее время стал главным методом полевых исследований ландшафтов разной степени нарушенности.

Изучение дефляции песчаных почв в результате хозяйственной деятельности человека позволило Александру Гавриловичу, используя археологические, радиоуглеродные, палинологические и другие современные методы исследования, воссоздать историю развития песчаных степей от далеких времен неолита до наших дней, понять роль кочевых племен в изменении ландшафтов. Эти исследования послужили основой для создания Л.Н. Гумилевым теории этногенеза (Гаель А.Г., Гумилев Л.Н., 1966).

А.Г. Гаель был не только ученым-теоретиком, его волновали проблемы хозяйственного использования песчаных территорий. Он изучает возможности облесения песков, разрабатывает способ посадки саженцев в буровые скважины, траншейные способы посадок. Им предложены куртинно-колковый метод облесения бугристых песков засушливых областей по котловинам, способ культуры ольхи черной на близководных кварцевых песках, как активного почвообразователя и многое другое.

Вокруг него всегда были преданные ученики и последователи. Среди них профессора Н.А. Воронков, А.В. Хабаров, И.М. Ващенко, Н.Г. Сметана, А.Н. Маланин, Л.Ф. Смирнова, Л.П. Брысова, А.М. Якшина, Е.А. Витте. Ученые ВНИАЛМИ – академики РАН К.Н. Кулик и В.И. Петров, профессор Н.Ф. Кулик, доктора наук А.С. Манаенков, Н.С. Зюзь считают себя его учениками. Нам посчастливилось достаточно тесно работать с Александром Гавриловичем, особенно в последние годы его жизни.

Работоспособность его была невероятна. Им лично и в соавторстве написано более 300 работ, при этом всех, знавших его, поражала его требовательность к слову. Каждую работу он перерабатывал много раз, добиваясь наиболее ясного и яркого изложения, и всегда оставался недоволен написанным. Первой научной работой А.Г. Гаеля в печати была статья «Ведение лесного хозяйства в сосновых насаждениях» (1929). В 1930 г., он разработал и опубликовал «Руководство к исследованию песков» (М.-Л., Сельхозгиз, 1930) во многом не потерявшей своей актуальности и сегодня. Его монографии «Облесение песков в северном Приаралье» (1949); «Облесение бугристых песков

Приаралья» (1951); «Облесение бугристых песков засушливых областей» (1952); «Ленточные боры Прииртышья»; «Проблемы освоения пустынь» (1988) и посмертно изданная в соавторстве с Л.Ф. Смирновой «Пески и песчаные почвы» (М., Географиздат, 1999) и др. и сейчас широко цитируются учеными-лесоведами, агролесомелиораторами, экологами.

Недюжинность его натуры ученого-энциклопедиста сказывалась во всем. Казалось, при такой загруженности работой у обычного человека не хватило бы сил ни на что другое, а он любил и знал поэзию, прекрасно рисовал и фотографировал, находил время на знакомство с памятниками архитектуры, много читал, высоко ценил и чувствовал все прекрасное, отдавая дань восхищения красивому пейзажу, картине, фотографии, женщине, обладал неиссякаемым чувством юмора. У него была прекрасная коллекция цветных слайдов. Всем этим он бескорыстно и с радостью делился с окружающими.

За достижения в научной деятельности, внедрение методов закрепления и облесения песков юго-восточных и восточных областей Европейской части СССР А.Г. Гаель, совместно с группой ученых ВНИАЛМИ и других специалистов, был удостоен в 1986 г. Государственной премии СССР. Его имя и статья о нем включена в Энциклопедию агролесомелиорации (Волгоград, 2004).

В 70-80-е годы он был серьезно обеспокоен бесконтрольной распашкой и нерациональным использованием пастбищных и лесных земель. Особую тревогу вызывали катастрофические процессы опустынивания пастбищ Прикаспия. Во многом благодаря его бескомпромиссной позиции по этой проблеме, была разработана и принята правительством СССР в 1986 году «Генеральная схема борьбы с опустыниванием Черноземельских и Кизлярских пастбищ». В основу борьбы была положена фито- и лесомелиорация, что позволило к 1993 году предотвратить катастрофу целого региона.

В последнее десятилетие своей жизни, несмотря на преклонный возраст, Александр Гаврилович ежегодно выезжал в экспедиции с сотрудниками ВНИАЛМИ на свои любимые пески. Мне посчастливилось участвовать в этих экспедициях, включая и последний его приезд в Волгоградскую область на Голубинский песчаный массив в 1988 году. Обычно месяца за три – четыре до приезда, Александр Гаврилович присылал мне 5-6 почтовых открыток, в которых четко излагал свои планы на экспедицию. Оговаривался маршрут, инвентарь, транспорт, необходимое научное оборудование и пр. Обязательно на маршруте должна быть верховая лошадь. Александр Гаврилович был прекрасным наездником. К тому же это облегчало ему хождение по пескам. У него, в результате тяжелого увечья в молодости, была ампутирована стопа левой ноги. Он пользовался протезом, но это не мешало ему ездить верхом. Да и пешком он ходил по пескам так, что мы молодые парни диву давались энергии этого человека. Работа в поле строилась следующим образом. Александр Гаврилович просыпался рано, поднимал нас и ставил задачу на день в соответствии с планом экспедиции. Плотно завтракали, с учетом того, что обед ограничится перекусом в песках, и выходили на профилирование объекта. Процессия выглядела следующим образом. Александр Гаврилович впереди на «лихом» коне, за ним «гуськом» идем мы, нагруженные необходимым оборудованием километра 2-3 от лагеря. Подойдя к месту исследований, привязываем лошадь в колке, а наш предводитель поднимался на вершину бархана, в этот очень крутой и тяжелый подъем по песку метров 100-150. В особо сложных подъемах мы помогали ему, используя металлическую 20 метровую мерную ленту. Он крепко хватался за конец ленты, а мы подтягивали его на вершину. Здесь Александр Гаврилович «по наполеоновски» приложив ладонь «козырьком» ко лбу и вытянув руку с бадиком, указывал нам точки разбивки профилей. Вид был замечательный. За это мы прозвали его «наш песчаный Наполеон». На фото наша группа стоит на одном из самых высоких барханов Голубинских песков, который сейчас зовется «Бархан Гаеля».

Далее шла обычная работа на профилях и по каждой позиции, и в каждом виде работ Александр Гаврилович принимал участие. Неутомимый исследователь, вникающий во все тонкости происходящих процессов, он был для нас великолепным учителем и наставником. Во многом благодаря общению с ним большинство из нас, кто с ним общался, остались в науке. Вечером у костра за ужином, приготовленном из нехитрых наших запасов, иногда разбавленным голубями или другой живностью, добытой нами, и одобренным «Гаелевкой» - настойкой

из облепихи, приготовленной им лично, мы слушали рассказы о сложной жизни, встречах с выдающимися учеными, об экспедициях и поражались его оптимизму и жизнелюбию настоящего русского ученого и интеллигента с большой буквы.



Голубинские пески. «Бархан Гаеля». Слева направо К.Н. Кулик, А.Г. Гаель, А.Г. Терюков, И.М. Ващенко, В.М. Басов. 1988 г.

Умер Александр Гаврилович 26 марта 1990 года. Он был и остается главным ученым лесоводом-песковедом в России XX столетия, создавшим свою научную школу и оставившим своим преемникам богатое литературное наследство. После смерти А.Г. Гаеля, Лилия Федоровна Смирнова, его коллега, замечательный ученый и человек, неизменный спутник в экспедициях, исполнила последнюю волю Александра Гавриловича: передала ВНИАЛМИ богатейшую картотеку литературы по пескам, а также его библиотеку. Это еще одно свидетельство того, что его идеи, мысли и труды не умирают, а являются источником нового вектора развития науки. Его многочисленные ученики, последователи и все те, кому выпала удача знать Александра Гавриловича, никогда не забудут этого яркого, талантливого и доброго человека.

Литература:

1. Факультет почвоведения МГУ. Александр Гаврилович Гаель (к 90-летию со дня рождения). "Почвоведение", 1990, № 2.
2. Якшина А.М., Брысова Л.П. Гаель Александр Гаврилович (1900-1990). Лесоведение. 1991, №4. – С. 104-105
3. Гаель А. Г., Гумилев Л. Н. Разновозрастные почвы на степных песках Дона и передвижение народов за исторический период // Изв. АН СССР, сер. геогр. – 1966. – № 1. – С. 11-20.
4. Энциклопедия агролесомелиорации. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. – 680 с.

К. Н. Кулик, академик РАН и РЭА, профессор,
доктор сельскохозяйственных наук,
Заслуженный деятель науки РФ и Республики Калмыкии

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY

Ovchinnikov A. S., Vlasov M. V., Kupriyanova S. V. Influence of land reclamation on minimizing weather fluctuations and increasing the economic effect of agricultural production Овчинников А. С., Власов М. В., Куприянова С. В. Влияние мелиорации земель на минимизацию погодных флуктуаций и рост экономического эффекта сельскохозяйственного производства	14
Kulik K. N., Manaenkov A. S., Kuzenko A. N., Salugin A. N. On the issue of the protective afforestation status in Volgograd region Кулик К. Н., Манаенков А. С., Кузенко А. Н., Салугин А. Н. К вопросу о состоянии защитного лесоразведения в Волгоградской области	23
Barabanov A. T. On the issue of methodological and methodological fundamentals of research on the hydrological role of soil protection measures Барабанов А. Т. К вопросу о методологических и методических основах исследований гидрологической роли почвозащитных мероприятий	34
Baibekov R. F., Sukhanberdina L. Kh., Filippova A. V., Denizbayev S. E., Belopukhov S. L. Feed value and technological properties of selection samples of winter triticale Байбеков Р. Ф., Суханбердина Л. Х., Филиппова А. В., Денизбаев С. Е., Белопухов С. Л. Кормовая ценность и технологические свойства селекционных образцов озимого тритикале	43
Balashov V. V., Borodychev V. V., Naboychenko K. V., Agafonov A. K. Variability of productivity of spring wheat varieties depending on hydrothermal conditions on light chestnut soils of the Volgograd region Балашов В. В., Бородычев В. В., Набойченко К. В., Агафонов А. К. Изменчивость продуктивности сортов яровой пшеницы в зависимости от гидротермических условий на светло-каштановых почвах Волгоградской области	57
Zelenev A. V., Igolnikova L. V., Smutnev P. A. Efficiency of application of biological preparations at cultivation of winter wheat in the Lower Volga region Зеленев А. В., Игольникова Л. В., Смутнев П. А. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании озимой пшеницы в Нижнем Поволжье	64
Kuzichenko Yu. A., Stukalov R. S., Gadzhumarov R. G. The formation of the corn root system for grain under various tillage systems in the zone of the Central Ciscaucasia Кузыченко Ю. А., Стукалов Р. С., Гаджиумаров Р. Г. Формирование корневой системы кукурузы на зерно при различных системах обработки почвы в зоне Центрального Предкавказья	74
Moskvichev A. Yu., Korzhenko I. A., Korolev D. L. Features of growing pepper on vegetable plantations in the Volgograd region Москвичев А. Ю., Корженко И. А., Королев Д. Л. Особенности выращивания перца на овощных плантациях Волгоградской области	81
Pleskachev Yu. N., Voronov S. I., Grabov R. S. Improvement of the basic soil treatment system for the cultivation of spring barley Плескачев Ю. Н., Воронов С. И., Грабов Р. С. Совершенствование системы основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя	88
Yuferev V. G., Tkachenko N. A. The efficiency of the forest plantation regulates of the water flow and protects the water of river basins Юфереv В. Г., Ткаченко Н. А. Эффективность стокорегулирующих и водоохранных насаждений речных бассейнов	96

Bulakhtina G. K., Kudryashova N. I., Podoprogorov Yu. N. Influence of bush protective bands using <i>Tamarix ramosissima</i> Led. on semi-empty pasture ecosystem Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подопригоров Ю. Н. Влияние кустарниковых защитных полос с использованием тамарикса многоветвистого (<i>Tamarix ramosissima</i> led.) на полупустынную пастбищную экосистему	105
Zabarna T. A., Pelekh L. V. The formation of symbiotic productivity of soya varieties in the conditions of the right-bank forest-steppe of Ukraine Забарна Т. А., Пелех Л. В. Формирование симбиотической продуктивности сортов сои в условиях правобережной лесостепи Украины	114
Romanov B. V., Pimonov K. I. Hexaploid triticale, created on the basis of turgid and durum wheat Романов Б. В., Пимонов К. И. Гексаплоидное тритикале, созданное на базе тургидной и твёрдой пшеницы	126
Ulanova I. A., Efimova N. B. Assessment of reclamation activities when carrying out environmental rehabilitation of aquatic bioresources Уланова И. А., Ефимова Н. Б. Оценка мелиоративных мероприятий при проведении экологической реабилитации водных биоресурсов	134
Omarov R. S., Shinkarenko S. S., Kosheleva O. Yu. Geomorphological features of the territory of Volgograd as basic characteristics that affect the city's heat island Омаров Р. С., Шинкаренко С. С., Кошелева О. Ю. Геоморфологические особенности территории Волгограда как базовые характеристики, влияющие на городской остров тепла	147
Churzin V. N., Dubrovchenko A. O. Yield of sunflower hybrids depending on the moisture content of crops in the black soil of the Volgograd region. Чурзин В. Н., Дубовченко А. О. Урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от влагообеспеченности посевов на черноземах Волгоградской области	158

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ / AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS

Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Kholodova M. A., Kholodov O. A., Shakhbazova O. P., Slozhenkina A. A., Mosolova D. A. Development of the meat livestock industry in the context of the implementation of the export-oriented strategy of the agro-industrial complex Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Холодова М. А., Холодов О. А., Шахбазова О. П., Сложенкина А. А., Мосолова Д. А. Развитие отрасли мясного животноводства в условиях реализации экспортно-ориентированной стратегии АПК	168
Aboneev V. V., Kolosov Yu. A., Chamurliov N. G., Marchenko V. V., Aboneeva E. V. The histological structure of the skin and the characteristics of the runes of young sheep of various origin Абонеев В. В., Колосов Ю. А., Чамурлиев Н. Г., Марченко В. В., Абонеева Е. В. Гистологическое строение кожи и характеристика рун молодняка овец различного происхождения	180
Chabaev M. G., Nekrasov R. V., Tsis E. Y., Okhanov V. V., Sotnichenko A. I. Efficiency of using a reversed-phase adsorbent on a polysilicate basis in the diets of highly productive cows during the period of inimal milking Чабаев М. Г., Некрасов Р. В., Цис Е. Ю., Оханов В. В., Сотниченко А. И. Эффективность использования обращенно-фазового сорбента на полисиликатной основе в рационах высокопродуктивных коров в период раздоя	191
Chamurliov N. G., Filatov A. S., Mel'nikov A. G., Mel'nikova E. A., Vorontsova E. S. Milk productivity of cows, the quality of milk and its products during normalization of protein nutrition Чамурлиев Н. Г., Филатов А. С., Мельников А. Г., Мельникова Е. А., Воронцова Е. С. Молочная продуктивность коров, качество молока и продуктов его переработки при нормализации протеинового питания	202

Chuchunov V. A., Radzievskiy E. B., Zlepkin V. A., Konobley T. V. Fighting the <i>Varroa-Jacobsoni</i> tick in apiaries in the Volgograd region Чучунов В. А., Радзиевский Е. Б., Злепкин В. А., Коноблей Т. В. Борьба с клещом <i>Varroa-Якобсони</i> на пасеках Волгоградской области	213
Kolesnikov P. V. Clinical and anatomical analysis of the development of cardiac failure in virus etiology myocardites in dogs Колесников П. В. Клинико-анатомический анализ развития сердечной недостаточности при миокардитах вирусной этиологии	220
Martynov A. A., Kochetkova O. V., Shkalenko V. V., Vodyannikov V. I. Development and reorganization of chickpea processing processes to creating food and feed products Мартынов А. А., Кочеткова О. В., Шкаленко В. В., Водяников В. И. Разработка и реорганизация процессов переработки нута для создания пищевых и кормовых продуктов	228
Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Krotova O. E., Komarova Z. B., Chernyak A. A. Food bio conversion and quality of pig meat under the influence of synthetic amino acids Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Кротова О. Е., Комарова З. Б., Черняк А. А. Биоконверсия кормов и качество мяса свиней под воздействием синтетических аминокислот	239

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ/ TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING

Borodychev V. V., Konstantinova T. G., Novikov A. E., Filimonov M. I. Pressing roots and rhizomes of licorice Бородычев В. В., Константинова Т. Г., Новиков А. Е., Филимонов М. И. Прессование корней и корневищ солодки	249
Bocharnikov V. S., Kozinskaya O. V., Denisova M. A., Bocharnikova O. V. The study of loading deposition modes using a hydraulic installation Бочарников В. С., Козинская О. В., Денисова М. А., Бочарникова О. В. Изучение режимов осаждения загрузки с помощью гидравлической установки	260
Byshov N. V., Limarenko N. V., Uspensky I. A., Yukhin I. A., Tsymbal A. A. Methodology for assessing the level of environmental load of pig farms Бышов Н. В., Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Цымбал А. А. Методика оценки уровня экологической нагрузки свиноводческих предприятий	268
Vasilyev S. M., Shkura V. N., Shtanko A. S. Local contours of drip soil moisturing, formed on sloping lands Васильев С. М., Шкура В. Н., Штанько А. С. Локальные контуры капельного увлажнения почв, формирующиеся на склоновых землях	279
Rogachev A. F., Melikhova E. V. Justification of algorithms and tools for neural network forecasting of agricultural productivity using retrospective data Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В. Обоснование алгоритмов и инструментария для нейросетевого прогнозирования урожайности агрокультур с использованием ретроспективных данных	290
Zotov V. M., Khavronina V. N., Shishkina E. V., Bumagin V. V. Efficiency increasing of brake of wheeled vehicle equipped with anti-locking systems Зотов В. М., Хавроница В. Н., Шишкина Е. В., Бумагин В. В. Повышение эффективности торможения колёсного транспортного средства, снабжённого антиблокировочными системами	302
Martynov I. S., Shaprov M. N., Mikhailenok A. A. The results of laboratory researches of the operation of the ploughshare for mid-water seed planting of row crops Мартынов И. С., Шапров М. Н., Михайлёнок А. А. Результаты лабораторных исследований работы сошника для разноглубинной заделки семян пропашных культур	316

Shiryaeva E.V., Kochetkova O.V., Matveev A.S., Arkov D.P. Modeling and analysis of the process of tomato production in basic farms of Volgograd state agrarian university Ширяева Е. В., Кочеткова О. В., Матвеев А. С., Арьков Д. П. Моделирование и анализ процесса производства томатов в базовых фермерских хозяйствах Волгоградского государственного аграрного университета	324
Yunin V. A., Zakharov A. M., Kuznetsov N. N., Zykov A. V. The drying process of crushed plant material in a drum dryer Юнин В. А., Захаров А. М., Кузнецов Н. Н., Зыков А. В. Процесс сушки измельченного растительного материала в барабанной сушилке	335
Ryadnov A. I. The method of selecting vehicles when the harvesting of crops. Ряднов А. И. Метод выбора транспортных средств при уборке сельскохозяйственных культур	349
Semenenko S.Ya., Lytov M.N., Gurina I.V., Chushkin A.N., Chushkina E.I. Energy of germination and seed viability of crimean pine during stimulation of electrolyzed water. Семенов С. Я., Лытов М. Н., Гурина И. В., Чушкин А. Н., Чушкина Е. И. Энергия прорастания и всхожесть семян сосны крымской при стимулировании электролизованной водой	356
Akhmedov A. D., Vetrenko E. A., Kolotukhina I. N. Water resources management model of the Tsimlyan reservoir Ахмедов А. Д., Ветренко Е. А., Колотухина И. Н. Модель управления водными ресурсами Цимлянского водохранилища	368
Yurchenko I. F. Digital framework development in land reclamation and water management Юрченко И. Ф. Становление цифровых платформ мелиоративного водохозяйственного комплекса	380
ПАТРИАРХИ АГРАРНОЙ НАУКИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ / AGRARIAN SCIENCE PATRIARCHIES IN NIZHNEJE POVOLZHJE	
Kulik K. N. Gael Alexander Gavrilovich (21.02.1900-26.03.1990): to the 120th anniversary of his birth) Кулик К. Н. Гаель Александр Гаврилович (21.02.1900-26.03.1990): к 120-летию со дня рождения)	396
СОДЕРЖАНИЕ/ABSTRACTS	400

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности, объективности и беспристрастности.

Содержание статьи должно соответствовать одной из следующих отраслей науки и групп специальностей:

Технические науки

- 05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

Сельскохозяйственные науки

- 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 и печатной формах) и передается на проверку оригинальности авторского текста в Центр наукометрического анализа международных систем индексирования (НАМСИ).

2. Проверка **оригинальности** авторского текста, ссылки на использованные источники, степени заимствования осуществляется в трехдневный срок **по всем коллекциям** в системе Antiplagiat.ru. Допустимый объем цитирований (корректного заимствования) – не более 30 % от общего объема статьи (некорректные заимствования не допускаются).

3. Передача на рецензирование осуществляется зам. главного редактора после технического анализа и проверки оригинальности авторского текста, в течение трех дней с момента получения полного пакета документов статьи. Осуществляется рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих тематике издания, с целью их экспертной оценки. Рецензирование статьи производится **независимыми экспертами** журнала в течение 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.

4. В журнале используются следующие модели рецензирования:

- а) одностороннее слепое рецензирование (singl-blind reviewing): рецензент знает имя автора, но автор не знает имени рецензента;
- б) двухстороннее слепое рецензирование (double-blind reviewing): рецензент и автор не знают имён друг друга.

При этом в каждом конкретном случае (с учетом возможности возникновения конфликтных ситуаций) модель рецензирования и количество рецензентов могут варьироваться.

5. Повторное рецензирование осуществляется после предоставления 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.

6. 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 представленных данных и научной значимостью рассматриваемой работы.

7. В случае принятия решения о публикации в течение трех дней рукопись статьи передается профессиональному переводчику для перевода на английский язык, который осуществляется в течение двух дней.

8. Редакция издания направляет авторам предоставленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации при поступлении в редакцию издания соответствующего запроса. Рукописи возврату не подлежат.

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) 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 редакторе Microsoft WORD со следующими установками: поля страницы сверху, снизу – 2,4 см; слева, справа – 2,8 см. Стилль обычный. Шрифт – Times New Roman, размер шрифта 14. Межстрочный интервал для текста – полуторный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Количество строк на одной странице – 29±3, знаков в строке – 65±3. Абзацный отступ должен быть одинаковым по тексту – 1,27 см.

Рисунки, схемы, фотографии представляются в формате PDF, JPEG, TIFF 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 (строго 200-250 слов); ключевые слова.

В статье следует четко выделять следующие составные части:

1. Введение.
2. Материалы и методы.
3. Результаты.
4. Обсуждение.
5. Заключение.
6. Библиографический список.

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, направление исследования, контактные телефоны, почтовый и электронный адреса.

Рекомендованный объем статьи (вместе с переводом аннотации и библиографического списка) **10-12** стр.

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.

Список литературы составляется в алфавитном пронумерованном порядке, он должен быть оформлен согласно ГОСТ 7.1 – 2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Требования и правила», ГОСТ Р 7.0.5. – 2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления» с указанием обязательных сведений библиографического описания.

RULES OF SUBMITTING, REVIEWING AND PUBLICATION OF SCIENTIFIC ARTICLES

The journal editorial board relies on the principles of scientificity, objectivity and impartiality.

The article content should correspond to one of the following branches of science and groups of specialties:

Engineering sciences

- 05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

Agricultural sciences

- 06.01.00 Agronomy
- 06.02.00 Veterinary and Zootechnics

1. The technical analysis of the manuscript is performed by the journal's responsible secretary, according to the requirements for the authors within three days after the submitting of the manuscript (in electronic and printed form) and the text is directed to the Center for Scientific Metric Analysis of International Indexing Systems for authenticity verification.

2. The author's text **authenticity** verification references to the sources used, the degree of borrowing is carried out within three days for all collections in the Antiplagiat.ru system. The allowed volume of citations (correct borrowing) is no more than 30% of the total volume of the article (incorrect borrowing is not allowed).

3. The direction for the review is carried out by the deputy editor-in-chief after the technical analysis and the authenticity verification within three days after the receiving of the article full package of documents. The journal reviews all materials coming to the editorial board that are relevant to its subject matter, with the aim of their expert evaluation. The journal independent experts review the article within no more than 30 days after the manuscript submission. All reviewers are recognized experts in the subject matter of the reviewed materials and have publications on the subject of the article under review during the last 3 years. The reviews are kept in the publishing house and in the journal editorial office during 5 years. If there are substantial comments, the manuscript is returned to the authors with a written list of the remarks that require elimination.

4. The following review methods are used in the journal:

A) One-sided blind reviewing (single-blind reviewing): the reviewer knows the author's name, but the author does not know the name of the reviewer;

B) Double-blind reviewing: the reviewer and the author do not know each other's names.

At the same time, in each case (taking into account conflict situations), the review method and the number of reviewers can vary.

5. Re-review is carried out after the article submission with the comments eliminated, within no more than 30 days. If the manuscript is returned three times with the reviewer comments, the question of its acceptance or rejection is decided at the meeting of the editorial board.

6. The decision to publish is made in accordance with the Charter of the editorial board by the editor-in-chief on the basis of scientific reviews and the editorial board members opinions. When deciding on publication the editor-in-chief is guided by the reliability of the data presentation and the scientific significance of the paper.

7. If a decision to publish is made, within three days the article manuscript is sent to the professional translator for translation into English, which is carried out during two days.

8. The journal editors send to submitted materials copies authors the reviews or a reasoned rejection, and undertake to send copies of the reviews to the Ministry of Education and Science of the Russian Federation upon receipt of the corresponding request to the editorial office. Manuscripts are not returned.

Requirements to the articles layout the article must comply with the Interstate and national standards of the Russian Federation for publishing.

The article is submitted to the editorial and publishing center in printed form (on A4 sheets) in 2 copies with an electronic version (in Word Windows format), completely identical to the paper version. The article should have UDC (it can be defined on the site <http://teacode.com/online/udc/>). The number of authors is not more than four.

The article is typed in the Microsoft WORD editor with the following settings: page margins at the top, at the bottom - 2.4 cm; on the left, on the right – 2.8 cm. The style is normal. Font is Times New Roman, font size - 14. Line spacing for text - 1.5, for tables - single, alignment mode - width, hyphenation - automatic. The number of lines on one page is 29 ± 3 , characters per font is 65 ± 3 . The indentation should be the same in the text - 1.27 cm.

Figures, diagrams, photographs are presented in PDF, JPEG, TIFF format with a resolution of at least 300 dpi (scanning of tables, diagrams, drawings is not allowed).

The article contains UDC, the article title, initials and surname of the author (authors), academic degree, title of author (s), abstract (strictly 200-250 words); 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 **unfair quoting** (unreasonable «winding up» of quotations, as well as self-citation), **incorrect citation** (unjustified content of the cited articles). *Citation should be maximum, but justified. Insufficient or excessive quoting reduces the rating of the journal.*

At the end of the article the date and the author (authors) signature are put; information about the author (authors) is given: place of work, faculty, department, (branch, scientific unit), academic title, research direction, contact phone numbers, postal and email addresses.

The recommended volume of the article (together with the translation of the annotation and the bibliographic list) is **10-12 pp.**

Bibliographic references to the list of literature should be designed in the text in square brackets according to the numerical order. In the case of a reference to an exact quote it is necessary to additionally indicate the numbers of the corresponding pages separated by commas, for example.

The list of literature is compiled in alphabetical order; it must be issued in accordance with All-Union state standard 7.1 – 2003 «Bibliographic Record. Bibliographic Description. Requirements and Rules», All-Union state standard R 7.0.5. - 2008 «Bibliographic reference. General requirements and rules of compilation» with indication of mandatory information of the bibliographic description.

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 1 (57), 2020

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 1 (57), 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 22.05.2020.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 56.

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 № 1 (57), 2020**

Executive editor *T. V. Tcherkashina*

Technical editor *T. A. Sitnikova*

Desktop publishing *A. V. Kharlashin*

Translation *E. A. Sidorova*

Executive editor *T. V. Tcherkashina*

Technical editor *T. A. Sitnikova*

Desktop publishing *A. V. Kharlashin*

Translation *E. A. Sidorova*

Registration certificate: PI series No. FS77-48601 issued on 02.14.2012

Federal Service for Supervision of Communications,
information technology and mass communications

Published since 2006 Published 4 times a year.

Subscription Index 31945

Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26

Email *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Release Date 22.05.2020.

Edition 1000 (first factory 100). Order 56.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University "Niva"
400002, Volgograd, University Avenue, 26

Free price