

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

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

№ 3 (55), 2019

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2019

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

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

№ 3 (55), 2019

Volgograd
Volgograd state agrarian university
2019

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485

Выпуск № 3 (55), 2019
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

Issue № 3 (55), 2019
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

Выпуск № 3 (55), 2019

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, **член-корреспондент РАН**, председатель редакционного совета, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», ректор 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

Issue № 3 (55), 2019

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, **correspondent member of Russian Academy of Agricultural Sciences**, the Chairman of editorial board, the Chairman of regional fund «Agrarian university complex», the Rector 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, **член-корреспондент РАН**, председатель редакционного совета, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», ректор Волгоградского ГАУ
<http://www.volgau.com/университет/ректор>

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, Волгоградский 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://pniiiaz.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.cnshb.ru/AKDiL/akad/base/RK/000534.shtm>

Лихацевич А.П., член-корреспондент Национальной академии Беларуси, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Институт мелиорации (Беларусь)
<http://nasb.gov.by/rus/members/>

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

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

Editor-in-Chief - *Ovchinnikov A.S.*, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, **Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences**, Chairman of the Editorial Board, Chairman of the Board of the Regional Fund «Agrarian University Complex», Rector of 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)

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

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/>

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, директор Поволжского НИИ эколого-мелиоративных технологий – филиала ФНЦ Агроэкологии РАН
<http://www.volsu.ru/persons/id/?id=000000358>

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

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

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

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

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

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

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

Semenenko S.Ya., doctor of agricultural sciences, director of the Povolzhsky Research Institute of Ecological and Meliorative Technologies - branch of the Federal Scientific Center of Agroecology (RAS)

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., член-корреспондент РАН, д.с.-х.н., профессор, председатель редакционного совета, председатель правления регионального фонда «Аграрный университетский комплекс», ректор Волгоградского ГАУ

Ovchinnikov A.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Chairman of the Editorial Board, Chairman of the Board of the Regional Fund «Agrarian University Complex», Rector of 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 RAS, 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 (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, 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, 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 Луговоеводство 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, 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, директор Поволжского НИИ эколого-мелиоративных технологий – филиала ФНЦ Агроэкологии

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, director Povolzhskiy Scientific-research institute of ecological and land-improvement technologies (Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation of RAS)

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 (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

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

Vedeneev S.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, 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, Волгоградский ГАУ

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

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

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

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

06.02.03 Ветеринарная фармакология с токсикологией

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

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

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

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

06.02.04 Ветеринарная хирургия

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

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

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

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

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

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

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

06.02.03 Veterinary pharmacology with toxicology

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

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

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

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

06.02.04 Veterinary surgery

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

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, 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

Племяшников 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

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

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

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

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

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

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

06.02.06 Veterinary obstetrics and animal biotechnology

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

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

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

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

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

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

06.02.07 Breeding, selection and genetics of farm animals

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

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

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

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

06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

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

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

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

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

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

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

06.02.09 Звероводство и охотоведение

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

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

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

06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства

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

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

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

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

06.02.08 Feed production, feeding of farm animals and feed technology

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

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

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

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

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

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

06.02.09 Fur farming and hunting

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

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

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

06.02.10 Private animal husbandry, production technology of livestock products

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

Сложенкина М.И., доктор биологических наук, **профессор 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 (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, **Professor of the Russian Academy of Sciences**, 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 (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

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 3 (55), 2019

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 3 (55), 2019**

Ответственный редактор *Т.В. Черкашина*
Технический редактор *Т.А. Ситникова*
Компьютерная верстка *А.В. Харлашина*
Перевод *Е.А. Сидоровой*

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС9-2014 выдано 06 июня 2007 г.
Нижеволжским управлением Федеральной службы по надзору за соблюдением
законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия.
Издается с 2006 г. Выходит 4 раза в год.

Подписной индекс 31945

Адрес редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26

Электронная почта *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Подписано в печать 27.09.2019. Формат 60x84^{1/8}

Усл. печ. л. 48,6. Тираж 1000 (первый завод 200). Заказ 223.

Издательско-полиграфический комплекс Волгоградский ГАУ «Нива»
400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

* * *

**Proceedings
of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education № 3 (55), 2019**

Executive editor *T.V. Tcherkashina*
Technical editor *T.A. Sitnikova*
Desktop publishing *A.V. Kharlashin*
Translation *E.A. Sidorova*

Sertificate of registration ПИ № ФС9-2014 given out 06 June 2007
By Nizhnevolzhskiy administration of the Russian Federal Surveillance Service for Compliance
with the Law in Mass Communications and Cultural Heritage Protection

Published from 2006. It is published 4 times a year.

Subscription zip-code 31945

The magazine office address: 400002, Volgograd, Universitetskiy Prospect, 26

E-mail: *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Signed in print 27.09.2019. Printing format 60x84^{1/8}

Conventional printed sheets 48,6. Circulation 1000 (initial print run 200). Order 223.

Publishing and printing complex of Volgograd state agrarian university «Niva»
400002, Volgograd, Universitetskiy Prospect, 26.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

УДК 631.671.1:633.51

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-1

РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ ДОЖДЕВАНИИ И КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ IRRIGATION REGIME OF COTTON USING SPRINKLER AND DRIP IRRIGATION IN THE LOWER VOLGA REGION

А.С. Овчинников, член-корреспондент РАН,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.А. Ходяков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С.Г. Милованов, аспирант

К.В. Бондаренко, аспирант

A.S. Ovchinnikov, E.A. Khodyakov, S.G. Milovanov, K.V. Bondarenko

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 19.08.2019

Дата принятия к печати 15.09.2019

Received 19.08.2019

Submitted 15.09.2019

В 2016-2018 гг. в Учебном научно-производственном центре «Горная поляна» Волгоградского государственного аграрного университета были проведены научные исследования, показавшие, что разработанные режимы орошения хлопчатника в сочетании с применяемой агротехникой позволяют получать до 3 т/га хлопка-сырца на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья при капельном поливе и дождевании. Эти исследования позволили разработать и в полевых условиях испытать 6 вариантов режимов орошения при дождевании и 9 вариантов – при капельном поливе хлопчатника с дифференцированной и постоянной предполивной влажностью почвы. По соотношению суммы осадков и суммы температур воздуха 2016 и 2017 гг. были малозасушливыми, 2018 г. – острозасушливым, а 2019 г. – влажным. Несмотря на широкий диапазон изменений погодных условий и многообразие вариантов разработанных режимов орошения, в период вегетации хлопчатника проводили 2...4 полива дождеванием нормами 100...300 м³/га и 2...4 полива при капельном орошении нормами 56...336 м³/га. То есть количество поливов было небольшое, но значение каждого полива было очень велико. Расход оросительной воды за сезон вегетации хлопчатника (300...800 при дождевании и 336...1008 м³/га при капельном поливе) был очень небольшим. Он в несколько раз меньше, чем у любой сельскохозяйственной культуры, выращиваемой при орошении в нашем регионе. Два года из трёх лет исследований урожайность хлопка-сырца была выше при капельном поливе и один – при дождевании, то есть очевидное преимущество одного вида орошения перед другим установить не удалось. В связи с этим на базе результатов исследований 2016-2018 гг., благодаря гранту Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Волгоградской области, начиная с 2019 г. разработан и заложен многолетний полевой опыт с 4 одинаковыми дифференцированными режимами орошения для определения максимальной урожайности выведенного в Волгоградском ГАУ ультраскороспелого сорта ПГССХ-1.

In 2016-2018 the scientific research were conducted at the the Educational Research and Production Center «Gornaya Polyana» of Volgograd State Agrarian University, showed that the developed of cotton irrigation regimes in combination with the applied agricultural technology make it possible to obtain up to 3 t/ha of cotton on the light brown soils of the Lower Volga region using drip irrigation and sprinkling. These studies made it possible to develop and test in the field 6 options for irrigation regimes during sprinkling and 9 options for drip irrigation of cotton with differentiated and constant pre-irrigation soil moisture. By the ratio of precipitation to the sum of air temperatures in 2016 and 2017 were low arid, 2018 - very arid, and 2019 - wet. Despite the wide range of changes in weather conditions and the variety of options for the developed irrigation regimes, during the growing season of cotton, 2...4 irrigation was carried out by sprinkling with norms of 100...300 m³ / ha and 2...4 irrigation by drip irrigation with norms of 56...336 m³ / ha.

That is, the number of irrigations was small, but the importance of each irrigation was very high. The irrigation water consumption during the cotton growing season (300...800 with sprinkling and 336...1008 m³ / ha with drip irrigation) was very small. It is several times smaller than that of any agricultural crop grown by irrigation in our region. Two years out of three years of research, the yield of cotton was higher with drip irrigation and one with sprinkling. That is, it was not possible to establish the obvious advantage of one type of irrigation over another. In this regard, on the basis of the research results of 2016-2018, thanks to a grant from the Russian Fund of Fundamental Research and the Administration of the Volgograd Region, the many years of field experience with 4 identical differentiated irrigation regimes to determine the maximum yield cultivated at the Volgograd State Agrarian University ultra-precocious grade PGSSH-1 were developed and started in 2019.

Ключевые слова: урожайность хлопка, режимы орошения хлопка, капельное орошение хлопка, дождевание хлопка.

Key words: yield and irrigation regimes of cotton, drip irrigation, sprinkling.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 18-416-342006

Цитирование. Овчинников А.С., Ходяков Е.А., Бондаренко К.В., Милованов С.Г. Режим орошения хлопчатника при дождевании и капельном орошении в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 15-24. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-1.

Citation. Ovchinnikov A.S., Khodyakov E.A., Milovanov S.G., Bondarenko K.V. Irrigation regime of cotton using sprinkler and drip irrigation in the Lower Volga region *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 15-24. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-1.

Введение. Выращивание хлопчатника для получения хлопковых тканей производится на всех континентах планеты почти в 90 странах. Посев осуществляется на площадь около 35 млн га с общим сбором 67 млн т хлопка-сырца в год. В настоящее время весь хлопок в Россию мы завозим из Средней Азии: Казахстана, Кыргызстана, Туркменистана и Узбекистана, занимающих 4 место в мире по посевным площадям после Индии, США и Китая [1].

Научные исследования по выращиванию хлопчатника в Узбекистане широко проводятся начиная с 60-х годов прошлого века (Ерёменко В.Е., 1957; Гильдиев С.А., 1962; Хамраев Н.Р., 1980 и др.) и по настоящее время (Эгамбердиева Ш.А., 2018; Хайдаров Б.А., 2019; Джураев М.Я., 2019 и др.).

В различных странах и на континентах научные исследования по выращиванию хлопка выполняются давно. В настоящее время в Австралии исследуют методы обработки почвы и различные севообороты при поливе по бороздам чистой и сточной водой [6]. В Индии переходят на капельное орошение, поэтому проводят исследования по сравнению эффективности выращивания хлопчатника при этом способе полива с традиционным поливом по бороздам [11].

Большие научные исследования выполняют в США. В штате Аризона разрабатывают различные методы прогнозирования с целью снижения расхода оросительной воды при поверхностном поливе хлопчатника [2]. Во Флориде разрабатывают режимы орошения для оптимизации технологий полива и доз азотных удобрений с использованием моделей водного баланса [9]. В штате Техас сравнивают использование воды хлопчатником при капельном подземном орошении и поливе дождевальными машинами кругового действия [14], а также проводят исследования с использованием изотопов для определения закономерностей перемещения воды при выпадении осадков и капельном поливе [10].

Однако самые большие всесторонние исследования по выращиванию хлопчатника делают в Китае, особенно в северо-западном районе. Здесь ученые сравнивают эффективность выращивания хлопчатника с использованием подземных вод для ка-

пельного орошения [4]; изучают влияние густоты посевов на урожайность хлопксырца и качество хлопка при разной технологии полива [13]; дают экономическую оценку влияния капельного орошения хлопчатника на его урожайность по сравнению с традиционным орошением [8]; исследуют влияние различных режимов капельного орошения и высокой густоты на урожайность хлопчатника [5]; определяют водопотребление и коэффициенты водопотребления на полях с капельным орошением хлопчатника [3]; применяют трехмерное моделирование для прогнозирования пространственных и временных вариаций водно-солевого баланса почвы во время и после полива при капельном орошении хлопчатника солоноватой водой [7]; оптимизируют режимы капельного орошения хлопчатника в оазисах пустыни Такламакан [15]; создают программы для моделирования содержания воды в почве, индекса площади листьев, периода вегетации и урожайности хлопчатника при капельном орошении [12].

Для России в XXI веке хлопчатник является сравнительно новой культурой. Технология его выращивания в наших почвенно-климатических условиях изучена очень слабо. В 1999-2001 гг. Нарбекова Г.Р. под руководством члена-корреспондента РАН, профессора Овчинникова А.С. в Волгоградской области исследовала режим орошения и технологию возделывания хлопчатника при поливе сточными водами (Овчинников А.С., Нарбекова Г.Р., 2004) и в 2002-2004 гг. профессор Иванов В.М. и Туз Р.К. в Астраханской области разрабатывали технологию выращивания выведенных в ПНИИАЗ сортов хлопчатника (Иванов В.М. и Туз Р.К., 2015). И больше таких исследований не проводилось.

Несколько лет назад в почвенно-климатических условиях Волгоградской области в селекционном центре Волгоградского ГАУ под руководством известного селекционера из Узбекистана, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Кимсанбаева О.Х. выведен ультраскороспелый сорт ПГССХ-1. И сейчас с привлечением средств по гранту РФФИ и Администрации Волгоградской области появилась возможность продолжить исследования по изучению технологии его выращивания.

Одним из центральных вопросов проводимых полевых опытов является разработка водного режима почвы при современных способах полива хлопчатника, таких как капельное орошение и дождевание, позволяющие значительно экономить водные ресурсы в условиях Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Поисковые исследования по изучению режимов орошения хлопчатника при разных способах полива были выполнены нами в 2016-2018 гг. и с помощью средств по гранту РФФИ и Администрации Волгоградской области продолжены в 2019 г. Опытные участки для проведения исследований находятся в УНПЦ «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ. Здесь ежегодно выделяются участки различной площади с капельным орошением (КО) и поливом дождевальной машиной шланго-барабанного типа фирмы Beinlich.

Почвы участка светло-каштановые, малогумусные, средне- и тяжёлосуглинистые. Применяемые методики – общеизвестные (Доспехов Б.А., 2014; Плешаков В.Н., 1983), повторность опытов – трёхкратная.

Урожайность хлопксырца определяли по трём площадкам площадью по 1 м² на всех повторностях каждого варианта опыта. Влажность почвы устанавливалась штыревым влагомером TR 46908 на глубину активного слоя почвы 0,5 м за день до полива, а также на следующий день после полива и дождя и далее, в зависимости от способа полива, через 1...3 дня. Контроль осуществлялся периодически раз в месяц термостатно-весовым способом.

Поливы назначали по вариантам предполивной влажности почвы и состоянию посевов хлопчатника.

Результаты и обсуждение. Исследования являются поисковыми, поэтому ставилась задача в кратчайшие сроки рассмотреть широкий спектр вариантов водного режима почвы перед закладкой долгосрочных опытов.

В 2016 г. исследовали 3 варианта дифференцированных режимов орошения с предполивной влажностью почвы 80-90-75, 75-85-70 и 70-80-65 % НВ при поливе дождеванием, а также 75-90-85, 70-85-80 и 65-80-75 – при КО. Поливы проводили соответственно в межфазные периоды: «всходы – цветение», «цветение – начало плодообразования» и «плодообразование – созревание». Основные элементы режима орошения хлопчатника при разных способах полива в 2016 г. показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Режим орошения хлопчатника при разных способах полива в 2016 г.

Table 1 – Cotton irrigation mode for different irrigation methods in 2016

Вариант опыта / Option of experiment	Предполивной порог влаж- ности, %НВ / SPIM, % FMC	Межфазные периоды/ Interphase periods			Общее количество поливов, шт. / Total num- ber of water- ing, unit
		Всходы – Цветение / Shoots – flowering	Цветение – начало плодообразования Flowering – egin- ning of fruiting	Плодообразование – созревание / Fruiting – maturation	
		количество поливов, шт / поливная норма, м³/га number of watering, unit / watering norm, m³ / ha			
		Дождевание / Sprinkling			
Д-1	80-90-75	1*200	1*100	-	2
Д-2	75-85-70	1*250	1*150	-	2
Д-3	70-80-65	1*300	1*200	-	2
Капельное орошение / Drip irrigation					
КО-1	75-90-85	1*224	2*56	1*112	4
КО-2	70-85-80	1*280	2*112	1*168	4
КО-3	65-80-75	1*336	2*168	1*224	4

По соотношению количества выпавших осадков и суммы температур воздуха 2016 г. был малозасушливым, поэтому при дождевании было проведено 2 полива нормами от 100 до 300 м³/га, а при КО – 4 нормами от 56 до 336 м³/га. При этом расход оросительной воды за сезон составил всего лишь 300...500 при дождевании и 448...896 м³/га – при капельном поливе.

Несмотря на небольшую подачу оросительной воды, удалось получить урожайность хлопка-сырца в пределах 1,59...3,23 т/га (таблица 2).

Условия, сложившиеся при капельном орошении для хлопчатника в 2016 г., оказались более благоприятными, поэтому урожайность хлопка-сырца на этих вариантах получилась на 0,17...0,44 т/га, или на 9,7...19,0 % больше, чем при дождевании.

Таблица 2 - Сравнение урожайности хлопка-сырца (У) при дождевании и капельном поливе в 2016 г.

Table 2 - Comparison of the raw cotton yield (Y) when sprinkling and drip irrigation in 2016

Варианты опыта/ Options of experiment	Предполивной порог влажности, %НВ/ SPIM, % FMC	Урожайность, т/га/ Yield, t/ha	Δ У при дождевании, т/га/ Δ Y when sprinkling, t/ha
Дождевание / Sprinkling			
Д-1	80-90-75	1,59	-0,17
Д-2	75-85-70	2,84	-0,39
Д-3	70-80-65	1,87	-0,44
Капельное орошение / Drip irrigation			
КО-1	75-90-85	1,76	-
КО-2	70-85-80	3,23	-
КО-3	65-80-75	2,31	-

Оценка продуктивности использования влаги для получения 1 тонны продукции получилась неоднозначной. За счёт более высокой урожайности на вариантах с КО удалось снизить коэффициенты водопотребления, то есть общий расход воды, на

147...324 м³/т, или на 11,0...16,7 %. Однако при дождевании оросительная норма была значительно ниже, поэтому на этих вариантах затраты оросительной воды получились на 65...121 м³/т, или на 25,9...31,1 % меньше, чем при КО.

В 2017 г. были испытаны 3 варианта постоянных режимов орошения с влажностью почвы перед поливом 90-90-90, 85-85-85 и 80-80-80 % НВ, одинаковой при двух способах полива (таблица 3).

По соотношению количества выпавших осадков и суммы температур воздуха 2017 г. тоже был малозасушливым. При дождевании было проведено 4 полива нормами от 100 до 200 м³/га с общим расходом оросительной воды за сезон 400...800 м³/га. При КО выполнен 1 послеваходовый полив одинаковой нормой 224 м³/га для всех вариантов, а также по одному вегетационному поливу нормами от 56 до 168 м³/га в каждый из трёх межфазных периодов.

Таблица 3 – Режим орошения хлопчатника при разных способах полива в 2017 г.

Table 3 – Irrigation regime of cotton using different watering methods in 2017

Table 5 – Irrigation regime of cotton using different watering methods in 2017					
Варианты опыта/ Options of experiment	Предполивной порог влажности, %НВ-SPIM, % FMC	Межфазные периоды/ Interphase periods			Общее количество поливов, шт/ Total number of watering, unit
		Всходы – цветение/ Shoots- flowering	Цветение - начало плодобразования/ Flowering - eginning of fruiting	Плодообразова- ние – созревание/ Fruiting - matura- tion	
		количество поливов, шт / поливная норма, м³/га- number of watering, unit / watering norm, m3 / ha			
Дождевание- Sprinkling					
Д-4	90-90-90	2*100	1*100	1*100	4
Д-5	85-85-85	2*150	1*150	1*150	4
Д-6	80-80-80	2*200	1*200	1*200	4
Капельное орошение- Drip irrigation					
КО-4	90-90-90	1*224+1*56	1*56	1*56	4
КО-5	85-85-85	1*224+1*112	1*112	1*112	4
КО-6	80-80-80	1*224+1*168	1*168	1*168	4

В результате оросительная норма на вариантах с КО при одинаковых предполивных порогах влажности получилась приблизительно такая же, как при дождевании, – 392...728 м³/га.

В отличие от 2016 г., в этом году сложились более благоприятные условия по выращиванию хлопчатника (таблица 4).

Таблица 4 - Сравнение урожайности хлопка-сырца (У) при дождевании и капельном поливе в 2017 г.

Table 4 - Comparison of the raw cotton yield (Y) when sprinkling and drip irrigation in 2017

Варианты опыта / Options of experiment	Предполивной порог влажности, %НВ / SPIM, % FMC	Урожайность т/га / Yield, t/ha	ΔУ при дождевании, т/га / Δ Y when sprinkling, t/ha
Дождевание- Sprinkling			
Д-4	90-90-90	3,54	+0,33
Д-5	85-85-85	3,91	+0,17
Д-6	80-80-80	3,27	+0,43
Капельное орошение- Drip irrigation			
КО-4	90-90-90	3,21	-
КО-5	85-85-85	3,74	-
КО-6	80-80-80	2,84	-

Урожайность на вариантах с КО 2,84...3,74 т/га и дождевании 3,27...3,91 т/га была выше, чем в предыдущий год (таблица 2), когда она составила соответственно 1,76...3,23 и 1,59...2,84 т/га.

При этом получилось так, что при одинаковых предполивных порогах влажности на вариантах с поливом дождеванием в 2017 г. сложились более благоприятные условия, способствующие повышению урожайности хлопка-сырца на 0,17...0,43 т/га или на 4,5...15,1 % по сравнению с капельным поливом.

Соответственно, это сказалось на продуктивности использования влаги для получения 1 тонны продукции. Если затраты оросительной воды были практически одинаковыми (расхождение находилось в пределах 3,4...7,4 %), то за счёт повышенной урожайности на вариантах с поливом дождеванием по сравнению с КО удалось снизить общий расход влаги на 42...164 м³ на каждую тонну продукции или на 4,2...12,2 %.

В 2018 г. мы вновь пошли на эксперимент, создавая разные условия увлажнения при двух способах полива (таблица 5).

Повторив варианты по влажности почвы перед поливом при дождевании, мы снизили предполивной порог влажности до 75-75-75, 70-70-70 и 65-65-65 % НВ при КО с целью поиска наиболее благоприятных условий увлажнения для каждого из двух способов полива.

Таблица 5 – Режим орошения хлопчатника при разных способах полива в 2018 г.

Table 5 – Irrigation regime of cotton using different watering methods in 2018

Варианты опыта / Options of experiment	Предполивной порог влажности, %НВ / SPIM, % FMC	Межфазные периоды/ Interphase periods			Общее количество поливов, шт / Total number of watering, unit
		Всходы – цветение / Shoots- flowering	Цветение – начало пло- добразования- Flowering / beginning of fruiting	Плодообразо- вание – созре- вание / Fruiting - matu- ration	
		количество поливов, шт / поливная норма, м ³ /га- number of watering, unit / watering norm, m ³ / ha			
Дождевание- Sprinkling					
Д-4	90-90-90	2*100	1*100	-	3
Д-5	85-85-85	2*150	1*150	-	3
Д-6	80-80-80	2*200	1*200	-	3
Капельное орошение- Drip irrigation					
КО-7	75-75-75	1*224	1*224	1*224	3
КО-8	70-70-70	1*280	1*280	1*280	3
КО-9	65-65-65	1*336	1*336	1*336	3

По соотношению количества выпавших осадков и суммы температур воздуха 2018 г. был острозасушливым. Несмотря на это, в этом году тоже было проведено по 3 полива с оросительной нормой при дождевании 300...600 и 672...1008 м³/га при капельном орошении, то есть с обычным расходом оросительной воды за сезон при поливе дождеванием и на 200 м³/га повышенным расходом воды при КО. Погодные условия внесли значительные коррективы, в связи с чем урожайность хлопка-сырца в 2018 г. 1,75...2,49 т/га при дождевании и 2,52...2,84 т/га при КО была самой низкой за 3 года исследований (таблица 6).

Как и в 2016 г. (таблица 2), в 2018 г. при КО создались более благоприятные условия, способствующие повышению урожайности на 0,35...0,89 т/га, или на 12,3...33,7 %, по сравнению с поливом дождеванием.

Таблица 6 – Сравнение урожайности хлопка-сырца (У) при дождевании и капельном поливе в 2018 г.

Table 6 – Comparison of the raw cotton yield (Y) when sprinkling and drip irrigation in 2018

Варианты опыта / Options of experiment	Предполивной порог влажности, %НВ / SPIM, % FMC	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	ΔУ при дождевании, т/га / Δ Y when sprinkling, t/ha
Дождевание / Sprinkling			
Д-4	90-90-90	1,75	-0,89
Д-5	85-85-85	2,49	-0,35
Д-6	80-80-80	1,94	-0,58
Капельное орошение / Drip irrigation			
КО-7	75-75-75	2,64	-
КО-8	70-70-70	2,84	-
КО-9	65-65-65	2,52	-

И так же, как в 2016 г., в 2018 г. по продуктивности использования влаги для создания единицы продукции сложились противоречивые условия. За счёт более высокой урожайности на вариантах с КО удалось снизить коэффициенты водопотребления, то есть общий расход воды, до 188...404 м³/т, или до 11,2...23,1 %. Однако при дождевании оросительная норма была значительно ниже, поэтому на этих вариантах затраты оросительной воды получились на 91...115 м³/т, или на 29,4...63,5 %, меньше, чем при КО.

Учитывая опыт проведённых исследований, начиная с 2019 г. при поддержке средств от гранта РФФИ и Администрации Волгоградской области на опытных полях заложен трёхлетний полевой опыт с закладкой 4 дифференцированных режимов орошения с одинаковыми предполивными порогами влажности при двух способах полива: 80-80-75, 75-75-70, 70-70-65 и 65-65-60 %НВ (таблица 7).

Для появления дружных всходов на всех вариантах с поливом дождеванием был проведён 1 послевсходовый полив нормой 200 м³/га, а при КО – тоже 1 полив нормой 168 м³/га.

Таблица 7 – Режим орошения хлопчатника при разных способах полива в 2019 г.

Table 7 – Irrigation regime of cotton using different watering methods in 2019

Варианты Опыта / Options of experiment	Предполивной порог влажно- сти, %НВ / SPIM, % FMC	Межфазные периоды/ Interphase periods			Общее количество поливов, шт. / Total num- ber of water- ing, unit
		Всходы – цветение / Shoots- flowering	Цветение – начало Плодообразования / Flowering - beginning of fruiting	Плодообра- зование – созревание / Fruiting - maturation	
		количество поливов, шт / поливная норма, м³/га / number of watering, unit / irrigation norm, m³ / ha			
Дождевание / Sprinkling					
Д-7	80-80-75	1*200+1*200	-	-	2
Д-8	75-75-70	1*200+1*250	-	-	2
Д-9	70-70-65	1*200+1*300	-	-	2
Д-10	65-65-60	1*200+1*350	-	-	2
Капельное орошение / Drip irrigation					
КО-10	80-80-75	1*168+1*168	-	-	2
КО-11	75-75-70	1*168+1*224	-	-	2
КО-12	70-70-65	1*168+1*280	-	-	2
КО-13	65-65-60	1*168+1*336	-	-	2

Далее в межфазный период «всходы – цветение» был выполнен 1 вегетационный полив по вариантам опыта, и далее непрекращающиеся дожди начиная с фазы «цветение» не позволили выполнить заложенную программу исследований.

В результате оросительная норма на вариантах с поливом дождеванием составила 400...550, а на вариантах с КО – 336...504 м³/га.

Заключение. Таким образом, проведённые нами в 2016-2018 гг. в Учебном научно-производственном центре «Горная поляна» Волгоградского ГАУ научные исследования показали, что разработанные режимы орошения хлопчатника в сочетании с применяемой агротехникой позволяют получать до 3 т/га хлопка-сырца на светлокаштановых почвах Нижнего Поволжья при капельном поливе и дождевании.

Эти исследования позволили разработать и в полевых условиях испытать 6 вариантов режимов орошения при дождевании и 9 вариантов – при капельном поливе хлопчатника с дифференцированной и постоянной предполивной влажностью почвы.

По соотношению суммы осадков и суммы температур воздуха 2016 и 2017 гг. были малозасушливыми, 2018 г. – острозасушливым, а 2019 г. – влажным. Несмотря на широкий диапазон изменения погодных условий и многообразие вариантов разработанных режимов орошения, в период вегетации хлопчатника проводили 2...4 полива дождеванием нормами 100...300 м³/га и 2...4 полива при капельном орошении нормами 56...336 м³/га, то есть количество поливов было небольшое, но значение каждого полива была очень велико. Расход оросительной воды за сезон вегетации хлопчатника (300...800 при дождевании и 336...1008 м³/га при капельном поливе) был очень небольшим. Он в несколько раз меньше, чем у любой сельскохозяйственной культуры, выращиваемой при орошении в нашем регионе.

Два года из трёх лет исследований урожайность хлопка-сырца была выше при капельном поливе и один – при дождевании, то есть очевидное преимущество одного вида орошения перед другим установить не удалось. В связи с этим на базе результатов исследований 2016-2018 гг., благодаря гранту Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Волгоградской области, начиная с 2019 г. разработан и заложен многолетний полевой опыт с 4 одинаковыми дифференцированными режимами орошения для определения максимальной урожайности, выведенного в Волгоградском ГАУ ультраскороспелого сорта ПГССХ-1.

Библиографический список

1. Иванов В.М., Туз Р.К. Хлопчатник в Нижнем Поволжье: монография / Волгоградский ГАУ. Волгоград, 2015. 132 с.
2. Comparison of traditional and ET-based irrigation scheduling of surface-irrigated cotton in the arid southwestern USA / D.J. Hunsaker, A.N. French, P.M. Waller, E. Bautista at al. // Agricultural Water Management. 2015. Vol. 159. P. 209-224.
3. Determination of crop water use and coefficient in drip-irrigated cotton fields in arid regions / H. Shumin, Y. Yonghui, L. Huilong, Y. Yanmin at al. // Field Crops Research. 2019. Vol. 236. P. 85-95.
4. Determinants of cotton farmers' irrigation water management in arid Northwestern / Til F. China., Y. K. Ling, M. Yusuyunjiang, H. Nan at al. //Agricultural Water Management. 2017. Vol. 187. P. 1-10.
5. Effects of deficit irrigation and plant density on the growth, yield and fiber quality of irrigated cotton / Z. Dongmei, L. Zhen, L. Suhua, L. Weijiang at al. //Field Crops Research. 2016. Vol. 197. P. 1-9.
6. Irrigation induced surface carbon flow in a Vertisol under furrow irrigated cotton cropping systems / N. Gunasekhar, R.H. Nilantha, D.W. Mark, A.F. Lloyd, McC. Bruce // Soil and Tillage Research. 2018. Vol. 183. P. 8-18.
7. Inter-dripper variation of soil water and salt in a mulched drip irrigated cotton field: Advantages of 3-D modelling / L. Xianwen, J. Menggui, Z. Nianqing, J. Simin, H. Yaxian // Soil and Tillage Research. 2018. Vol. 184. P. 186-194.
8. Ling Y. K., Til F. Economic sustainability of irrigation practices in arid cotton production // Water Resources and Economics. 2017. Vol. 20. P. 40-52.

9. Optimizing cotton irrigation and nitrogen management using a soil water balance model and in-season nitrogen applications / B.A. Zurwellera, D.L. Rowland, M.J. Mulvaney, B.L. Tillman at al. // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 216. P. 306-314.

10. Rainwater use by irrigated cotton measured with stable isotopes of water / T.S. Goebel, R.J. Lascano, P.R. Paxton, J.R. Mahan // *Agricultural Water Management*. 2015. Vol. 158. P. 17-25.

11. Sajjan S. R., Suresh P. S., Panna L. R. Effect of deficit irrigation, phosphorous inoculation and cycocel spray on root growth, seed cotton yield and water productivity of drip irrigated cotton in arid environment // *Agricultural Water Management*. 2016. Vol. 169. P. 14-25.

12. Simulation of cotton growth and soil water content under film-mulched drip irrigation using modified CSM-CROPGRO-cotton model/ L. Meng, D. Yingji, Z. Fucang, B. Yungang at al. // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 218. P. 124-138.

13. The combination of limited irrigation and high plant density optimizes canopy structure and improves the water use efficiency of cotton / Zongkui C.,Yuping N., Ruihai Z. Chunli H. at al. // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 218. P. 139-148.

14. Timothy S.G., Robert J.L. Rainwater use by cotton under subsurface drip and center pivot irrigation // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 215. P. 1-7.

15. Water productivity, growth, and physiological assessment of deficit irrigated cotton on hyperarid desert-oases in northwest China / S. Muhammad, G. Dongwei, Z. Fanjiang, W. Muhammad at al. // *Agricultural Water Management*. 2018. Vol. 206. P. 1-10.

References

1. Ivanov V. M., Tuz R. K. Hlochatnik v Nizhnem Povolzh'e: monografiya / Volgogradskij GAU. Volgograd, 2015. 132 s.

2. Comparison of traditional and ET-based irrigation scheduling of surface-irrigated cotton in the arid southwestern USA /D.J. Hunsaker, A.N. French, P.M. Waller, E. Bautista at al. // *Agricultural Water Management*. 2015. Vol. 159. P. 209-224.

3. Determination of crop water use and coefficient in drip-irrigated cotton fields in arid regions /H. Shumin, Y. Yonghui, L. Huilong, Y. Yanmin at al. // *Field Crops Research*. 2019. Vol. 236. P. 85-95.

4. Determinants of cotton farmers' irrigation water management in arid Northwestern / Til F. China., Y. K. Ling, M. Yusuyunjiang, H. Nan at al. // *Agricultural Water Management*. 2017. Vol. 187. P. 1-10.

5. Effects of deficit irrigation and plant density on the growth, yield and fiber quality of irrigated cotton / Z. Dongmei, L. Zhen, L. Suhua, L. Weijiang at al. // *Field Crops Research*. 2016. Vol. 197. P. 1-9.

6. Irrigation induced surface carbon flow in a Vertisol under furrow irrigated cotton cropping systems / N. Gunasekhar, R.H. Nilantha, D.W. Mark, A.F. Lloyd, McC. Bruce // *Soil and Tillage Research*. 2018. Vol. 183. P. 8-18.

7. Inter-dripper variation of soil water and salt in a mulched drip irrigated cotton field: Advantages of 3-D modelling / L. Xianwen, J. Menggui, Z. Nianqing, J. Simin, H. Yaxian // *Soil and Tillage Research*. 2018. Vol. 184. P. 186-194.

8. Ling Y. K., Til F. Economic sustainability of irrigation practices in arid cotton production // *Water Resources and Economics*. 2017. Vol. 20. P. 40-52.

9. Optimizing cotton irrigation and nitrogen management using a soil water balance model and in-season nitrogen applications / B.A. Zurwellera, D.L. Rowland, M.J. Mulvaney, B.L. Tillman at al. // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 216. P. 306-314.

10. Rainwater use by irrigated cotton measured with stable isotopes of water / T.S. Goebel, R.J. Lascano, P.R. Paxton, J.R. Mahan // *Agricultural Water Management*. 2015. Vol. 158. P. 17-25.

11. Sajjan S. R., Suresh P. S., Panna L. R. Effect of deficit irrigation, phosphorous inoculation and cycocel spray on root growth, seed cotton yield and water productivity of drip irrigated cotton in arid environment // *Agricultural Water Management*. 2016. Vol. 169. P. 14-25.

12. Simulation of cotton growth and soil water content under film-mulched drip irrigation using modified CSM-CROPGRO-cotton model/ L. Meng, D. Yingji, Z. Fucang, B. Yungang at al. // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 218. P. 124-138.

13. The combination of limited irrigation and high plant density optimizes canopy structure and improves the water use efficiency of cotton / Zongkui C., Yuping N., Ruihai Z. Chunli H. at al. // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 218. P. 139-148.

14. Timothy S.G., Robert J.L. Rainwater use by cotton under subsurface drip and center pivot irrigation // *Agricultural Water Management*. 2019. Vol. 215. P. 1-7.

15. Water productivity, growth, and physiological assessment of deficit irrigated cotton on hyperarid desert-oases in northwest China / S. Muhammad, G. Dongwei, Z. Fanjiang, W. Muhammad at al. // *Agricultural Water Management*. 2018. Vol. 206. P. 1-10.

Информация об авторах

Овчинников Алексей Семенович, член-корреспондент РАН, ректор Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7566-108X> E-mail: aleksov50@mail.ru

Ходяков Евгений Алексеевич, профессор кафедры «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-7860> E-mail: E419829@yandex.ru

Милованов Сергей Геннадьевич, лаборант кафедры "Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов" Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-2619> E-mail: redas008@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.6.02

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-2

К ВОПРОСУ О СТОКОРЕГУЛИРУЮЩЕЙ РОЛИ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ И АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

TO THE ISSUE OF THE STOCK-REGULATING ROLE OF FOREST RECLAMATION AND AGROTECHNICAL ANTI-EROSION MEASURES

А.Т. Барабанов¹, доктор сельскохозяйственных наук

С.Д. Фомин², доктор технических наук

А.В. Кулик¹, кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. Выпова³, соискатель

A.T. Barabanov¹, S.D. Fomin², A.V. Kulik¹, A.V. Vypova³

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

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

³Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция - филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Мценск

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

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd

³Novosil zonal agroforestry research station – branch of Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Science», Mcensk

Дата поступления в редакцию 23.07.2019

Дата принятия к печати 04.09.2019

Received 23.07.2019

Submitted 04.09.2019

Формирование поверхностного стока талых вод происходит под воздействием природных и антропогенных факторов. Характер снегоотложения, глубина промерзания и влажность почв, вид пашни определяют степень развития эрозии в каждой природной зоне. Так, средние величины сто-

ка с уплотненной пашни в зональном разрезе снижаются с 30 мм в лесостепи до 15 мм в полупустыне. В результате исследований установлены функциональные зависимости между поверхностным стоком с зяби и уплотненной пашни. Полученное уравнение позволяет на основе знания значения стока по одному виду пашни рассчитать его по-другому. Обоснована противоэрозионная эффективность лесомелиоративных мероприятий. Выявлены основные параметры лесных насаждений, влияющих на характер снегоотложения, снегопереноса, изменения глубины промерзания в поле и самом лесонасаждении. Определены пути управления эрозионно-гидрологическим процессом средствами лесомелиорации. Рассмотрена эффективность воздействия зяблевой вспашки, создания искусственного микрорельефа на зяби, шелевания на природные факторы формирования поверхностного стока талых вод. Установлена их низкая противоэрозионная эффективность. Из имеющихся агротехнических мероприятий для снижения эрозии почв целесообразно использовать плоскорезную обработку. Для зарегулирования стока на водосборе необходимо осуществлять комплекс противоэрозионных мероприятий.

The formation of surface run-off of meltwater occurs under the influence of natural and anthropogenic factors. The nature of snow deposition, the depth of freezing and soil moisture, the type of arable land determine the degree of development of erosion in each natural zone. So, the average run-off from densified arable land in the zonal section is reduced from 30 mm in the forest-steppe to 15 mm in the semi-desert. As a result of the studies, functional dependencies were established between the surface runoff from chaff and compacted arable land. The resulting equation allows, based on knowledge of the runoff value for one type of arable land, to calculate it differently. The anti-erosion effectiveness of forest reclamation measures is substantiated. The main parameters of forest stands that affect the nature of snow accumulation, snow transfer, changes in the depth of freezing in the field and the forest stand itself are identified. The ways of controlling the erosion-hydrological process by means of forest reclamation are determined. The effectiveness of chaffinch plowing, the creation of an artificial microrelief for chaffing, and slitting on natural factors of the formation of surface runoff of melt water is considered. Their low erosion efficiency has been established. Of the available agricultural activities to reduce soil erosion, it is advisable to use flat cutting. To regulate the flow at the catchment, it is necessary to carry out a set of anti-erosion measures.

Ключевые слова: эрозия почв, уплотненная пашня, рыхлая пашня, глубина промерзания почв, снегоотложение, конструкции лесополос, водопроницаемость почв, зяблевая вспашка, плоскорезная обработка, мульчирование зяби.

Key words: soil erosion, compacted arable land, loose arable land, depth of soil freezing, snow accumulation, forest belt designs, soil water permeability, autumn plowing, plane cutting, mulching mulching.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области, проект «Создание теоретических основ эрозионно-гидрологического процесса, рационального агроприродопользования и адаптивно-ландшафтного обустройства сельскохозяйственных земель для предотвращения эрозии почв, повышения их плодородия и урожая сельскохозяйственных культур» № 18-416-342007

Цитирование. Барабанов А.Т., Фомин С.Д., Кулик А.В., Выпова А.В. К вопросу о stokoreгулирующей роли лесомелиоративных и агротехнических противоэрозионных мероприятий. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 24-35. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-2.

Citation. Varabanov A.T., Fomin S.D., Kulik A.V., Vypova A.V. To the issue of the stock-regulating role of forest reclamation and agrotechnical anti-erosion measures. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 24-35. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-2.

Введение. При разработке системы мероприятий для защиты почв от эрозии важно знать роль каждого приема, входящего в нее. Многолетние исследования во ВНИАЛМИ и его опытной сети, а также анализ других материалов [3-5, 7, 9, 10, 12-14], в том числе современных зарубежных исследований [16-19, 20-25], позволили оценить их влияние на сток и эрозию почв. Почвозащитная организация территории, лесо- и лу-

гомелиоративные, агрономические, гидротехнические мероприятия являются неотъемлемой частью комплекса противоэрозионных мероприятий, играющей важную роль в регулировании поверхностного стока талых вод.

Материалы и методы. Исследования проводились в лесостепной и степной зонах европейской части РФ. Объектами исследований являются процессы формирования поверхностного стока талых вод, природные и антропогенные факторы, влияющие на него. Целью исследования было выявление влияния агролесомелиоративных и агротехнических противоэрозионных мероприятий на природные факторы стока (снегозапасы, глубину промерзания и влажность почвы) с целью разработки мер по управлению эрозионно-гидрологическим процессом. Исследования и анализ полученного материала осуществляли с использованием статистических, генетических методов и системного подхода. Система методов в адаптивно-ландшафтном земледелии заимствована из разных наук (земледелие, почвоведение, агролесомелиорация, гидрология, химия, математика), адаптированных к решению конкретных задач. Исследования базировались на обобщении многолетних материалов ВНИАЛМИ и различных научно-исследовательских учреждений. Анализировались данные, полученные при применении самых совершенных, апробированных многими учеными и получивших широкое распространение воднобалансовых методов: стоковых площадок (полевых, лесных, комбинированных) и репрезентативных водосборов. Они используются на стоковых станциях гидрометеослужбы (Валдай, Нижнедевицк, гидропосты гидрометеостанции «Каменная Степь» и др.), на опытных полигонах Государственного гидрологического института и Института географии РАН, на опытных объектах ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ РАН, ФНЦ агроэкологии РАН.

Результаты и обсуждение. Показатели, характеризующие сток разной обеспеченности с плотной (многолетние травы, озимые) и рыхлой пашни (отвальная зябь) по природным зонам, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели весеннего стока с плотной и рыхлой пашни в разные по водности годы, мм

Table 1 – Indicators of spring runoff with dense and loose arable land in different water years, mm

Зона, почва/ Zone, soil	Пашня Arable land	Среднее Average	Вероятность превышения, % Probability of exceeding, %							C _v	C _s
			1	5	10	50	70	80	90		
Лесостепная, юг ЦРНЗ, серая лесная / Forest-steppe, gray forest	1	30	156	101	78	19	5	0	0	1,27	1,68
	2	20	129	81	59	11	0	0	0	1,52	1,96
Степная, ЦЧО, обыкновен- ный чернозем / Steppe zone, Central, ordinary black earth	1	32	157	102	78	19	5	0	0	1,30	0,95
	2	9	88	53	38	3	0	0	0	2,40	2,11
Степная, Среднее Поволжье, обыкновенный чернозем / Steppe zone, Middle Volga region, ordinary chernozem	1	36	124	91	75	30	16	9	0	0,87	0,88
	2	7	54	33	24	3	0	0	0	1,79	2,05
Степная, Нижнее Поволжье, темно-каштановая / Steppe zone, Lower Volga region, dark chestnut	1	17	84	55	42	11	5	2	0	1,24	1,72
	2	5	37	21	15	2	0	0	0	1,80	2,31
Сухостепная, Нижнее По- волжье, светло-каштановая / Dry steppe, Lower Volga re- gion, light chestnut	1	15	75	52	41	12	4	0	0	1,19	1,14
	2	3	38	20	12	0	0	0	0	2,43	3,42

Примечание. Вид пашни: 1 – уплотненная, 2 – рыхлая; C_v – коэффициент вариации, C_s – коэффициент асимметрии / Note. Type of arable land: 1 - compacted, 2 - loose; C_v - coefficient of variation, C_s - coefficient of asymmetry.

Анализ их показал, что величины стока разной вероятности превышения уменьшаются при движении с севера на юг и юго-восток, а разница в стоке на рыхлой и уплотненной пашне увеличивается. Такая тенденция наблюдается и при анализе величин стока по годам. Однако в отдельные годы наблюдается инверсия стока, когда в лесостепной зоне он не формируется или бывает меньше, чем в степной и сухостепной, где он значительный. Это указывает на то, что на формирование стока мощное воздействие оказывают климатические факторы, особенно глубина промерзания, степень увлажнения почвы и запасы воды в снеге, которые формируются под влиянием различных погодных условий, изменяющихся по годам. Анализ этих данных показал, что средние величины стока с уплотненной пашни при движении от серых лесных почв (лесостепь) к светло-каштановым (сухая степь) снижаются с 30 до 15 мм. На рыхлой пашне темпы снижения значительно ниже.

Анализ характера кривых вероятности превышения стока указывает на закономерное увеличение разности в слое стока (стокорегулирующий эффект) с рыхлой и плотной пашни при уменьшении значений вероятности превышения (таблица 2). При движении от лесостепи к степи и сухой степи эта разница увеличивается, т. е. она в значительной степени изменяется в зависимости от обеспеченности влагой. В маловодные годы она небольшая, а в многоводные резко увеличивается, что связано с изменением водопроницаемости почв, которая в большей степени уменьшается на уплотненной пашне в годы, когда формируется большой сток. На зяби даже в многоводные годы впитывающая способность почвы сохраняется высокой, а на уплотненной пашне она низкая [3]. Таким образом, стокорегулирующий эффект зяби зависит от водности года – увеличивается от маловодных к многоводным веснам.

Таблица 2 – Показатели стокорегулирующей роли зяби в годы разной водности

Table 2 – Indicators of the stock-regulating role of winter chill in years of different water content

Зона, почва/Zone, soil	Вероятность превышения стока, % Probability of excess runoff, %						
	1	5	10	50	70	80	90
Лесостепная, юг ЦРНЗ, серая лесная / Forest-steppe, south CRNZ, gray forest	$\frac{27}{1,21}$	$\frac{20}{1,25}$	$\frac{19}{1,32}$	$\frac{8}{1,73}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
Степная, ЦЧО, обыкновенный чернозем / Steppe zone, central district, ordinary chernozem	$\frac{69}{1,78}$	$\frac{49}{1,92}$	$\frac{40}{2,05}$	$\frac{16}{6,33}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$
Степная, Среднее Поволжье обыкновенный чернозем Steppe zone, Middle Volga ordinary chernozem	$\frac{70}{2,30}$	$\frac{58}{2,76}$	$\frac{51}{3,12}$	$\frac{27}{10}$	$\frac{16}{0}$	$\frac{9}{0}$	$\frac{0}{0}$
Степная, Нижнее Поволжье, каштановая / Steppe zone, Lower Volga, chestnut	$\frac{47}{2,27}$	$\frac{34}{2,62}$	$\frac{27}{2,8}$	$\frac{9}{5,5}$	$\frac{5}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{0}{0}$
Сухостепная, Нижнее Поволжье, светло-каштановая / Dry steppe, Lower Volga, light chestnut	$\frac{37}{1,97}$	$\frac{32}{2,6}$	$\frac{29}{3,42}$	$\frac{12}{0}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{0}{0}$	$\frac{0}{0}$

Числитель – разница в стоке с уплотненной и рыхлой пашни, знаменатель – соотношение стока с уплотненной и рыхлой пашни / The numerator is the difference in runoff from compacted and loose arable land, the denominator is the ratio of runoff from compacted and loose arable land.

Оценивая стокорегулирующий эффект зяби по сравнению с уплотненной пашней по относительным показателям, т. е. по коэффициентам, напрашивается вывод о том, что он увеличивается от многоводных к маловодным вёснам. Поэтому только по

относительным коэффициентам нельзя давать оценку стокорегулирующей роли зяби. Кривые, характеризующие связь стока с уплотненной и рыхлой пашни близки к прямой линии (рисунок 1) и по всем исследуемым пунктам идут примерно параллельно.

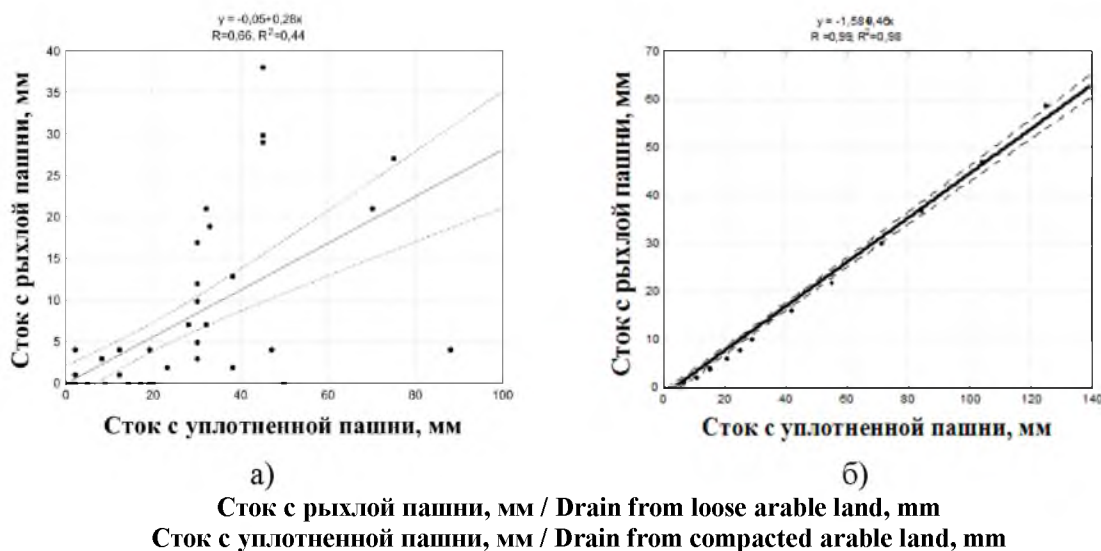


Рисунок 1 – Графики связи стока с рыхлой и плотной пашни, построенные по экспериментальным данным (а) и равнообеспеченным показателям (б)

Figure 1 – Graphs of the relationship of runoff with loose and dense arable land constructed according to experimental data (a) and equitable indicators (b)

Эти кривые аппроксимируются уравнением $y = a + vx$, где x – сток с уплотненной пашни, мм; y – сток с рыхлой пашни, мм. Показатели коэффициента v для всех кривых очень близкие (таблица 3). Это указывает на одинаковый, интразональный характер связи для всех рассматриваемых районов. Отличаются уравнения только величиной свободного члена, который равен максимальной величине стока с уплотненной пашни в год, когда отсутствует сток с рыхлой пашни. Отсюда можно предположить, что допустима экстраполяция этой закономерности за пределы рассматриваемых районов, по крайней мере на ближайшие области. Корреляционный анализ выявил тесную связь между стоком с зяби и уплотненной пашни (коэффициент корреляции близок к 1).

По приведенному выше уравнению можно рассчитывать сток по одному из видов пашни, имея данные по другому, а также определять его величины за любой конкретный год. Показатели коэффициента также мало отличаются по зонам, т. е. они интразональные. Хотя коэффициент корреляции варьирует в значительной степени (0,59-0,93), по этому уравнению можно довольно точно считать величину стока.

Сильное воздействие на природные факторы весеннего стока оказывают лесомелиоративные мероприятия. По своему назначению и мелиоративному воздействию лесные полосы подразделяются на полезащитные, стокорегулирующие, прибалочные и приовражные. Они влияют на засухи и суховеи, эрозию почв и урожай сельхозкультур. Согласно закону лимитирующих факторов поверхностного стока [4], на него влияют только три природных фактора: глубина промерзания, запасы воды в снеге и почве. На эти факторы наиболее сильное влияние оказывают стокорегулирующие лесополосы.

Характер снегоотложения и снеготаяния на склонах разных экспозиций в связи с характером ветрового режима следующий. На снегозаносимых склонах высота снежного покрова возрастает сверху вниз, что приводит к постепенному стаиванию снега. При таком характере снеготаяния почва сначала освобождается от снега в верхней части

склона, а стекающая сверху вода поступает в еще сохранившийся снежный покров, и эрозия протекает менее интенсивно. На снегосдуваемых склонах обнажаются сначала нижние участки, на которых происходит постепенное стаивание снега снизу вверх. При этом поступающая с верхней части склона талая вода вызывает интенсивный смыв почвы на нижерасположенных участках. Поэтому характер снегоотложения необходимо регулировать так, чтобы высота снежного покрова увеличивалась от верхней части склона к нижней. Для этого необходимо использовать следующие способы: создание лесополос, посев кулис из высокостебельных растений и др.

Таблица 3 – Параметры уравнения связи стока с уплотненной и рыхлой пашни, полученные по экспериментальным и равнообеспеченным показателям стока

Table 3 – Parameters of the equation for the relationship of flow with compacted and loose arable land, obtained from experimental and equidistant runoff indicators

Зона, почва/Zone, soil	Экспериментальные / Experimental			Равнообеспеченные / Equitable		
	<i>a</i>	<i>b</i>	коэф. корреляции correlation coefficient	<i>a</i>	<i>b</i>	коэф. корреляции correlation coefficient
Лесостепная, юг ЦРНЗ, серая лесная/Forest-steppe, gray forest	18	1,1	0,93	3	1,2	0,99
Степная, ЦЧО, обыкновенный чернозем / Steppe zone ordinary chernozem	36	0,8	0,63	18	1,5	0,99
Степная, Среднее Поволжье, обыкновенный чернозем/ Steppe zone, Middle Volga region, ordinary chernozem	31	1,8	0,79	24	2,1	0,98
Степная, Нижнее Поволжье, каштановая/ Steppe, Lower Volga, chestnut	17	1,2	0,59	10	1,8	0,98
Сухостепная, Нижнее Поволжье, светло-каштановая/ Dry steppe, Lower Volga, light chestnut	13	1,4	0,72	7	1,8	0,99

Влияние лесополос на отложение снега зависит от многих причин. Оно по зонам и элементам рельефа бывает разным и зависит от конструкции лесополос. В лесных полосах плотной конструкции и в коротких снежных шлейфах накапливается много снега, в ажурных полосах снега собирается меньше, и снежные шлейфы длиннее, а в продуваемых полосах его откладывается мало, он в основном распределяется в межполосном пространстве. Причем в лесных полосах его иногда может быть меньше, чем между ними. С точки зрения влагообеспечения деревьев и влияния их на эрозионно-гидрологический процесс они сильно различаются. Плотные лесополосы могут полностью предотвратить или уменьшить промерзание почвы, что часто обуславливает полное или почти полное водопоглощение на этих участках и обеспечение деревьев влагой. На снегонакопление в поле они мало воздействуют. Требуется решение задачи борьбы с эрозией в межполосном пространстве. Полосы продуваемой конструкции, несмотря на общее увеличение снегозапасов, мало влияют на замерзание почвы, что снижает их стокорегулирующие возможности, а повышенные снегозапасы могут приводить к увеличению и эрозии почв. Ажурная конструкция лесополос занимает промежуточное положение по воздействию на указанные показатели.

Это общая схема влияния лесополос на снегонакопление и снегоотложение. По зонам и в зависимости от рельефа, ветрового режима, конструктивных особенностей лесополос и других факторов она может меняться. В европейской части РФ, где не выражено или слабо выражено господствующее направление метельных ветров, снегоотложение под влиянием лесополос происходит в основном по описанной выше схеме без особой дифференциации по экспозициям склонов.

Таким образом, оценивая в целом снегоотложение на склонах, следует отметить, что на него влияет много факторов. На склонах без лесомелиорации оно зависит от характера ветрового режима и экспозиции склонов. Стокорегулирующие лесополосы перераспределяют снег на водосборе, накапливают его и сохраняют.

Лесные полосы через влияние на снегоотложение воздействуют и на другие факторы: влажность почвы и глубину ее промерзания. С одной стороны, они способствуют повышению влажности почвы весной, а с другой, – из-за использования летом влаги деревьями и сельскохозяйственными растениями к зиме она выравнивается, а в лесополосах даже иногда становится ниже, чем в поле. Поэтому стокорегулирующие лесополосы слабо влияют на влажность почвы в предзимний период как фактор эрозионно-гидрологического процесса.

Глубина промерзания почвы наиболее сильно влияет на формирование поверхностного стока талых вод. Талая или промерзшая до 50 см почва сохраняет высокую впитывающую способность, и сток не формируется независимо от показателей влажности почвы и снегозапасов. При увеличении глубины промерзания свыше 50 см сток формируется, и он зависит только от запасов воды в снеге и почве. Снег обладает хорошими теплоизоляционными свойствами и, выпав на талую или слабопромерзшую почву, способствует предохранению ее от глубокого промерзания. Лесополосы позволяют регулировать характер снегоотложения на водосборе, в значительной степени воздействуя на замерзание почвы. Внутри лесополосы и в зонах верхнего и нижнего шлейфов она бывает талой или промерзает неглубоко, а в полевой части межполосного пространства промерзание значительно глубже, так как здесь уменьшается высота снежного покрова. В лесостепной зоне европейской части России почва в среднем промерзает в лесополосах до 33 см, а в поле до 72 см, в степи (на Нижней Волге) – 26 и 59 см соответственно. Разница в изменении глубины промерзания по природным зонам связана с различным сочетанием периодов наступления морозов и выпадения снега. Лесные полосы способствуют регулированию снегоотложения и замерзания почвы.

Итак, зная механизм влияния лесных полос на природные факторы, можно управлять эрозионно-гидрологическим процессом. В связи с тем, что лесополосы воздействуют на него через снегораспределительные функции, их необходимо регулировать в первую очередь, учитывая закономерности характера снегоотложения.

Лесополосы, мощно влияя на снегоотложение, увлажнение почвы, глубину и характер ее промерзания, в сильной степени воздействуют на водопроницаемость мерзлой почвы и весенний сток. Влияние антропогенных и природных факторов на весенний сток проанализировано в работах [4, 14]. Данные о стокорегулирующей эффективности агротехнических противозрозионных мероприятий были обобщены и глубоко проанализированы, дана характеристика каждого приема [4]. Здесь же мы дадим общую оценку агротехническим противозрозионным мероприятиям с учетом полученных данных за последний 25-летний период. В литературе очень часто ошибочно отводится большая роль в регулировании стока агротехническим мероприятиям [21, 24]. Учитывая обобщение многолетних литературных данных, а также наши исследования, мы пришли к выводу о том, что в среднем их стокорегулирующий эффект низкий. При вспашке поперек склона он составляет всего 2-3 мм.

Стокорегулирующий и противозрозионный эффекты искусственного микрорельефа на зяби также малоэффективны [4]. Только в 39 % случаев из 215 годоопытов стокорегулирующей эффект был положительный, в 31 % – отрицательный и в 30 % нулевой. Причем положительный эффект был небольшой – всего 5 мм в 64 % случаев. Средние же показатели были близки к нулю. Противозрозионная эффективность искусственного микрорельефа также низкая. На серых лесных почвах при обваловании зяби смыв сокращался на 0,7 т/га, а при лунковании он увеличивался на 0,2 т/га.

Причиной низкой эффективности искусственного микрорельефа является то, что при его создании почва уплотняется и впитывающая способность ее резко сокращается, а емкости микрорельефа не компенсируют потери на впитывании. Стокорегулирующий эффект искусственного микрорельефа зависит от снижения впитывающей способности почвы при его создании.

Рассмотрим возможные случаи изменения стокорегулирующего эффекта при изменении водопроницаемости почвы. Если величина водопоглощения на варианте с микрорельефом W_m в сумме с величиной слоя водозадержания V и разницей в снегозапасах на контроле и опытном варианте ΔO будут больше величины водопоглощения на контроле W_k ($W_m + V + \Delta O > W_k$), то стокорегулирующий эффект будет больше нуля, т. е. положительный (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели стокорегулирующего эффекта при разных величинах впитывающей способности почвы на варианте с микрорельефом

Table 4 – Indicators of stock-regulating effect at different values soil absorbency on the option with microrelief

Показатель/ Indicator	$W_m + V + \Delta O > W_k$		$W_m + V + \Delta O = W_k$	$W_m + V + \Delta O < W_k$	
W_m	50	40	30	20	10
V	30	30	30	30	30
ΔO	-10	-10	-10	-10	-10
$W_m + V + \Delta O$	70	60	50	40	30
W_k	50	50	50	50	50
Ξ	+20	+10	0	-10	-20

Если впитывающая способность почвы на варианте с микрорельефом уменьшается до такой величины, что она в сумме с объемом водозадержания и разницей в снегозапасах будет равна водопроницаемости почвы на контроле ($W_m + V + \Delta O = W_k$), то эффект будет равен нулю, т. е. объем емкости микрорельефа компенсирует потери на впитывании. И если инфильтрационная способность почвы в результате устройства микрорельефа уменьшится до такой степени, что в сумме с указанными выше показателями она будет меньше впитывающей способности почвы на контроле ($W_m + V + \Delta O < W_k$), то эффект будет отрицательный, т. е. объем емкостей микрорельефа не компенсирует потери на впитывании. Таким образом, несмотря на то что мы создали емкости определенного объема, желаемого эффекта не достигли, так как в результате их создания уменьшили впитывающую способность почвы.

Проиллюстрируем сказанное примерами. Примем разницу в снегозапасах на контроле и на опытном варианте равную 10 мм, слой водозадержания в емкости микрорельефа 30 мм, а суммарное водопоглощение на контроле 50 мм. Подставив в уравнение (таблица 5) эти величины, получим показатели стокорегулирующего эффекта при разных величинах впитывающей способности на варианте с микрорельефом. При величине водопоглощения на варианте с микрорельефом, равной водопоглощению на кон-

троле или близкой к ней (40-50 мм), стокорегулирующий эффект положительный. Снижение водопоглощения до 30 мм сводит эффект к нулю, а дальнейшее снижение его обуславливает отрицательный эффект.

Итак, если нам удастся добиться устройства микрорельефа без уменьшения впитывающей способности почвы, т. е. $W_m = W_k$, то эффективность микрорельефа будет равна объему водозадержания в емкостях минус снегозадерживающий эффект.

Другие агротехнические приемы (щелевание почвы, плоскорезная обработка, регулирование снеготаяния, мульчирование зяби соломой, углубление пахотного слоя, оструктуривание и обогащение почвы органическим веществом) также малоэффективны в отношении регулирования стока и снижения смыва, так как не обеспечивают эффективного воздействия на впитывающую способность почвы.

Агротехнические приемы в принципе не могут быть высокоэффективными, так как они очень слабо влияют на снегозапасы, влажность и промерзание почвы. Низкая эффективность агротехнических приемов не может быть причиной отказа от них, но объективная оценка их роли позволит предостеречь от заблуждения, что ими можно успешно управлять эрозионно-гидрологическим процессом. Переоценка их роли приводит к принятию ошибочных управленческих решений при разработке системы мероприятий по защите сельскохозяйственных земель от деградации. Агротехнические приемы должны применяться в комплексе с другими противоэрозионными мероприятиями в системе адаптивно-ландшафтного земледелия.

Заключение. Оценка влияния природных и антропогенных факторов и их взаимодействия на формирование поверхностного стока талых вод, элементы водного баланса показали, что наиболее эффективными приемами регулирования эрозионно-гидрологического процесса являются защитные лесные насаждения. Они служат экологическим каркасом при противоэрозионном адаптивно-ландшафтном обустройстве территории. Используя их многофункциональное назначение, долговечность, высокую эффективность и возможность их дальнейшего совершенствования, можно создать высокоэффективную систему управления эрозионно-гидрологическим процессом, способную обеспечить высокий стокорегулирующий эффект, возрождение естественного эрозионно-гидрологического режима в деградированных агроландшафтах.

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. Бураков Д.А., Космакова В.Ф., Гордеев И.Н. О результатах оперативных испытаний методов гидрологических прогнозов на реках Восточной Сибири в период весеннего половодья // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. 2015. № 42. С. 50-59.
4. Гагаринова О.В. Ландшафтно-гидрологические закономерности формирования стока в бассейне озера Байкал // География и природные ресурсы. 2012. №3. С. 55-60.
5. 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.
6. Комиссаров М.А., Габбасова И.М. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в южном Предуралье // Почвоведение. 2014. №6. С. 734-744.

7. Коронкевич Н.И., Георгиади А.Г., Ясинский С.В. О гидрологических изменениях// Вопросы географии. 2018. №145. С. 739-744.
8. Моделирование процессов противоэрозионного земледелия и агролесомелиорации/ А.В. Панфилов, П.Н. Проездов, А.В. Розанов, А.В. Карпушкин // Аграрный научный журнал. 2017. №9. С. 19-23.
9. Мухин В.М. Методы прогнозирования притока воды в водохранилища за период весеннего половодья // Труды Гидрометцентра России. Гидрометеорологические прогнозы. Вып. 351. 2014. С. 108-140.
10. Оценка влияния изменений климата на водный режим и сток рек бассейна Волги / Н.И. Алексеевский, Н.П. Фролова, М.М. Антонова, М.И. Игоница // Вода: химия и экология. 2013. №4. С. 3-12.
11. 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.
12. Сухановский Ю.П. Вероятностный подход к расчету эрозионных потерь почвы// Почвоведение. 2013. № 4. С. 474-481.
13. Урбанова О.Н., Семанов Д.А., Горшкова А.Т. Программное обеспечение информационно-расчетной системы по оценке текущего и перспективного состояния водных ресурсов// Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2016. №12. С. 106-113.
14. Формирование современных ресурсов поверхностных и подземных вод Европейской части России/ Р.Г. Джамалов, Н.Л. Фролова, Г.Н. Кричевец, Т.И. Сафронова, М.Б. Киреева, М.И. Игоница // Водные ресурсы. 2012. Т.39. №6. С. 571-589.
15. Шаббаев А.И. Избранные труды. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие. Саратов: ФГБНУ «НИИСХЮБ», 2017. 648 с.
16. Alfalfa planting significantly improved alpine soil water infiltrability in the qinghai-tibetan plateau / Z. Huang, L. Sun, Y. Liu, Y. Liu, M. López-Vicente, X. Wei, G. Wu // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2019. №285. doi:10.1016/j.agee.2019.106606
17. Catchment soils as a factor of trace metal accumulation in sediments of the reservoir klingenber (eastern ore mountains, germany) / J. Hahn, C. Opp, R. Ganzenmüller, A. Ewert, B. Schneider, N. Zitzer, G. Laufenberg // Journal of Environmental Sciences (China). 2019. №86. 1-14. doi:10.1016/j.jes.2019.05.002
18. 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
19. Direct seeding for rice production increased soil erosion and phosphorus runoff losses in subtropical china / W. Zhou, Z. Guo, J. Chen, J. Jiang, D. Hui, X. Wang, Y. Zhang // Science of the Total Environment. 2019. №695. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.133845
20. Estimation of soil erosion to define the slope length of newly reconstructed gentle-slope lands in hilly mountainous regions / Z. Han, S. Zhong, J. Ni, Z. Shi, C. Wei // Scientific Reports. 2019. №9(1). doi:10.1038/s41598-019-41405-9
21. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics / S.T. Zhang, J.Z. Zhang, Y. Liu, Y.C. Liu // Hydrology research. 2018. Vol. 49. Iss.6. P. 1991-2001.
22. Effects of wheat in regulating runoff and sediment on different slope gradients and under different rainfall intensities / Q. Lin, Q. Xu, F. Wu, T. Li // Catena. 2019. №183. doi: 10.1016/j.catena.2019.104196
23. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production// Agriculture. 2013. №3(3). P. 443-463.
24. Shi P., Schulin R. Effects of soil organic residue amendment on losses of dissolved organic carbon, P, cu and zn via surface runoff from arable soil // Soil and Tillage Research. 2019. №195. doi:10.1016/j.still.2019.104352
25. Tang S., Jia Z., Luo W. Evaluating the effect of wepp predictions of runoff and soil losses in the loess plateau region of china // Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 2019. 56(4). 774-779. doi:10.21162/PAKJAS/19.6665

Reference

1. Barabanov A. T. Nauchnye osnovy upravleniya [rozionno-gidrologicheskimi] processami // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2014. № 1(33). P. 33-38.
2. Barabanov A. T. Jerozionno-gidrologicheskaya ocenka vzaimodeystviya prirodnih i antropogennykh faktorov formirovaniya poverhnostnogo stoka talykh vod i adaptivno-landshaftnoe zemledelie. Volgograd: FNC agroekologii RAN, 2017. 188 p.
3. Burakov D. A., Kosmakova V. F., Gordeev I. N. O rezul'tatakh operativnykh ispytaniy metodov gidrologicheskikh prognozov na rekah Vostochnoy Sibiri v period vesennego polovoda // Rezul'taty ispytaniya novykh i usovershenstvovannykh tekhnologiy, modeley i metodov gidrometeorologicheskikh prognozov. 2015. № 42. P. 50-59.
4. Gagarinova O. V. Landshaftno-gidrologicheskie zakonomernosti formirovaniya stoka v bassejne ozera Bajkal // Geografiya i prirodnye resursy. 2012. №3. P. 55-60.
5. Dolgov S. V., Koronkevich N. I., Barabanova E. A. Sovremennye izmeneniya poverhnostnogo stoka i infil'tracii talykh vod na sel'skohozyajstvennykh ugod'yah v lesostepnoj i stepnoj zonah Russkoj ravniny i ih posledstviya // Vodnoe hozyajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie. 2018. №4. P. 78-91.
6. Komissarov M. A., Gabbasova I. M. Jeroziya pochv pri snegotayanii na pologih sklonah v yuzhnom Predural'e // Pochvovedenie. 2014. №6. P. 734-744.
7. Koronkevich N. I., Georgiadi A. G., Yasinskij S. V. O gidrologicheskikh izmeneniyah // Voprosy geografii. 2018. №145. P. 739-744.
8. Modelirovanie processov protivoroziionnogo zemledeliya i agrolesomelioracii / A. V. Panfilov, P. N. Proezdov, A. V. Rozanov, A. V. Karpushkin // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2017. №9. S. 19-23.
9. Muhin V. M. Metody prognozirovaniya pritoka vody v vodohranilishcha za period vesennego polovoda // Trudy Gidrometcentra Rossii. Gidrometeorologicheskie prognozy. Vol. 351. 2014. P. 108-140.
10. Ocenka vliyaniya izmenenij klimata na vodnyj rezhim i stok rek bassejna Volgi / N. I. Alekseevskij, N. P. Frolova, M. M. Antonova, M. I. Igonina // Voda: himiya i Jekologiya. 2013. №4. S. 3-12.
11. Poverhnostnyj stok i infil'traciya v pochvu talykh 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.
12. Suhanovskij Yu. P. Veroyatnostnyj podhod k raschetu [roziionnykh] poter' pochvy // Pochvovedenie. 2013. № 4. S. 474-481.
13. Urbanova O. N., Semanov D. A., Gorshkova A. T. Programmnoe obespechenie informacionno-raschetnoj sistemy po ocenke tekushego i perspektivnogo sostoyaniya vodnykh resursov // Trudy Karel'skogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2016. №12. P. 106-113.
14. Formirovanie sovremennykh resursov poverhnostnykh i podzemnykh vod Evropejskoj chasti Rossii / R. G. Dzhamalov, N. L. Frolova, G. N. Krichevec, T. I. Safronova, M. B. Kireeva, M. I. Igonina // Vodnye resursy. 2012. T.39. №6. P. 571-589.
15. Shabaev A. I. Izbrannye trudy. Jeroziya pochv i adaptivno-landshaftnoe zemledelie. Saratov: FGBNU "NIISXYuV", 2017. 648 p.
16. Alfalfa planting significantly improved alpine soil water infiltrability in the qinghai-tibetan plateau / Z. Huang, L. Sun, Y. Liu, Y. Liu, M. López-Vicente, X. Wei, G. Wu // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2019. №285. doi:10.1016/j.agee.2019.106606
17. Catchment soils as a factor of trace metal accumulation in sediments of the reservoir klingenber (eastern ore mountains, germany) / J. Hahn, C. Opp, R. Ganzenmüller, A. Ewert, B. Schneider, N. Zitzer, G. Laufenberg // Journal of Environmental Sciences (China). 2019. №86. 1-14. doi:10.1016/j.jes.2019.05.002
18. 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

19. Direct seeding for rice production increased soil erosion and phosphorus runoff losses in subtropical china / W. Zhou, Z. Guo, J. Chen, J. Jiang, D. Hui, X. Wang, Y. Zhang // Science of the Total Environment. 2019. №695. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.133845

20. Estimation of soil erosion to define the slope length of newly reconstructed gentle-slope lands in hilly mountainous regions / Z. Han, S. Zhong, J. Ni, Z. Shi, C. Wei // Scientific Reports. 2019. №9(1). doi:10.1038/s41598-019-41405-9

21. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics / S.T. Zhang, J.Z. Zhang, Y. Liu, Y.C. Liu // Hydrology research. 2018. Vol. 49. Iss.6. P. 1991-2001.

22. Effects of wheat in regulating runoff and sediment on different slope gradients and under different rainfall intensities / Q. Lin, Q. Xu, F. Wu, T. Li // Catena. 2019. №183. doi: 10.1016/j.catena.2019.104196

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

24. Shi P., Schulin R. Effects of soil organic residue amendment on losses of dissolved organic carbon, P, Cu and Zn via surface runoff from arable soil // Soil and Tillage Research. 2019. №195. doi:10.1016/j.still.2019.104352

25. Tang S., Jia Z., Luo W. Evaluating the effect of wepp predictions of runoff and soil losses in the loess plateau region of china // Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 2019. 56(4). 774-779. doi:10.21162/PAKJAS/19.6665

Информация об авторах

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

Фомин Сергей Денисович, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> fsd_58@mail.ru

Кулик Анастасия Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8736-5464> kulik-a@vfa.nc.ru

Выпова Анастасия Витальевна, директор Новосильской ЗАГЛОС-филиала ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 303035, Орловская область, г. Мценск, ул. Семашко, 2а), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1910-9597> zaglos@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.445.5:581.5

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-3

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ В ЗОНАХ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ЮГА РОССИИ

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE IN AGROLANDSCAPES IN ZONES OF INSUFFICIENT MOISTURING OF THE SOUTHERN RUSSIA

А.М. Беляков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М.В. Назарова

A.M. Belyakov, M.V. Nazarova

*Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного
лесоразведения РАН, г. Волгоград, Россия*

*Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian
Academy of Science, Volgograd, Russia*

Дата поступления в редакцию 15.03.2019

Дата принятия к печати 28.08.2019

Received 15.03.2019

Submitted 28.08.2019

Обосновывается важность проведения комплексных исследований крупных территориальных единиц, таких как ландшафт и агроландшафт, которые под влиянием хозяйственной деятельности человека в настоящее время претерпевают существенные изменения в сторону деградации.

На примере трех объектов наблюдений в форме стационарных площадок различных землепользователей в условиях недостаточного увлажнения по системе специфических критериев дается оценка и сравнение влияния различных агротехнологий на формирование экологической среды, результатов вложенного труда и эффективности использования природных ресурсов. Апробируются методики оценки состояния агроландшафтов и построения модели сбалансированного ведения агропроизводства в условиях сухостепной зоны темно-каштановых почв. При оценке экологического состояния исследуемых агролесоландшафтов учитывался ряд показателей, таких как площадь землепользования, посева и доля чистого пара, урожайность зерновых и масличных культур, расчлененность рельефа, проявления водной эрозии и дефляции почвы, наличие в пашне легких почв и солонцов, коэффициент выпашанности, общая лесистость территории, возраст, рядность, состояние лесных полос, уровень весенних влагозапасов в метровом слое почвы и к уборке, число химических обработок, вынос элементов питания и уровень применения удобрений, тип основной обработки почвы, севооборота, плотность сложения почвы к уборке, соотношение интерзональных почв и зональных, что в конечном итоге позволяет установить общую сбалансированность агролесоландшафта. В итоге комплексная оценка показывает, что на сбалансированность агроландшафта существенное влияние оказывают агротехнологии как основной инструмент хозяйственной деятельности человека. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур способны снижать воздействие на посевы засух, суховеев, дефляции и эрозии почв, обеспечивать создание благоприятных условий продукционного процесса агрофитоценозов с учетом зонального аспекта и, таким образом, формировать агроландшафт и способ использования земельных ресурсов.

The article substantiates the importance of conducting comprehensive studies of large territorial units, such as the landscape and agrolandscape, which, under the influence of human activities, are currently undergoing significant changes in the direction of their degradation. Using the example of three objects of observation in the form of stationary sites of various land users in conditions of insufficient moisture, the system of specific criteria provides an assessment and comparison of the effect of various agricultural technologies on the formation of the ecological environment, the results of embedded labor and the efficiency of using natural resources. Methods for assessing the state of agricultural landscapes and building a model of a balanced agricultural production in the conditions of the dry steppe zone of dark chestnut soils are being tested. In assessing the ecological status of the study agroforestlandscapes, a number of indicators were taken into account, such as land use area, sowing and the proportion of clean steam, the yield of grains and oilseeds, dismemberment of the relief, the manifestation of water erosion and soil deflation, the presence of light soils and solonetz in arable land, the plowing ratio, total woodedness territories, age, number of rows, condition of forest belts, the level of spring moisture reserves in the meter-high soil layer, the number of chemical treatments, removal of plant nutrients and the level of fertilizer use, type of primary tillage, crop rotation, soil density, the ratio of interzonal soils to zonal what finally allows to establish the general balance of agroforestlandscapes. As a result, a comprehensive assessment shows that agrotechnologies, as the main tool of human activity, have a significant impact on the balance of the agricultural landscape. Cultivation technologies of crops can reduce the impact on crops of droughts, dry winds, deflation and soil erosion, create favorable conditions for the production process of agrophytocenoses taking into account the zonal aspect and thus form an agrolandscape and method of land use.

Ключевые слова: агроландшафты, агротехнологии.

Key words: agrolandscapes, agricultural technologies.

Цитирование. Беляков А.М., Назарова М.В. Оценка экологического состояния агроландшафтов в зонах недостаточного увлажнения юга России // *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 35-42. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-3.

Citation. Belyakov A.M., Nazarova M.V. Assessment of the ecological state in agrolandscapes in zones of insufficient moisturing of the southern Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 35-42. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-3.

Введение. Ландшафт как территориальная единица целого района или региона представляет основные элементы окружающей среды, является объектом воздействия глобальных изменений климата, а с развитием цивилизации хозяйственной деятельно-

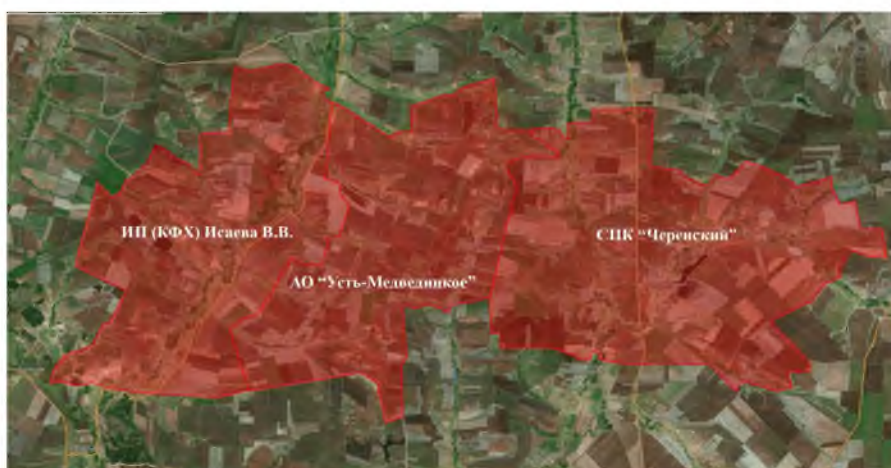
сти человека и во времени претерпевает существенные изменения. Эти изменения отражаются на рельефе, почве, флоре и фауне и создают предпосылки развития или деградации ландшафта, и следовательно, экологической среды.

В современных условиях все более возрастающего антропогенного воздействия на геосистему очень остро стоит проблема экологизации хозяйственной деятельности человека и формирования экологически сбалансированных агроландшафтов и адаптивных систем земледелия [3, 6, 9-11].

В этой связи системный подход в исследованиях и оценка состояния современных агроландшафтов, как в целом по стране, так и в особенности в зонах недостаточного увлажнения юга России, представляется актуальным как во времени, так и по содержанию [8].

Материалы и методы. Объектом исследований являлись агролесоландшафты сухостепной зоны темно-каштановых почв Волгоградской области. Оценивалось состояние ландшафтных стационаров – землепользований АО «Усть-Медведицкое», КФХ Исаева В.В. Серафимовичского района и СПК «Черенский» Клетского района (рисунок 1).

Методика исследований базировалась на анализе и обобщении научной литературы [4, 10-12], на применении современных методов исследований и опиралась на методики, разработанные ГНУ ВНИИЗиЗПЭ, ФГБНУ «Росинформагротех» [1, 7, 5, 2].



ИП (КФХ) Исаева В.В. – IP (peasant farm) Isaeva V.V., СПК «Черенский» – SPK "Cherensky",
АО «Медведицкое» – JSC "Medveditskoe"

Рисунок 1 – Космосхема исследуемых ландшафтных стационаров

Figure 1 – Space Diagram of the studied landscapes

А.В. Гостевым [7] разработана и предложена критериальная оценка систем земледелия и агроландшафтов, в частности, структура посева, система севооборотов, система обработки почвы, система удобрений и мелиорантов, система защиты растений, система лесомелиорации оценивается по защищенности пашни (80-99 % – соответствует, 50-79 % – частично соответствует и 20-49 % – не соответствует сбалансированности агролесоландшафтов), система с.-х. техники оценивается по обеспеченности (при дефиците от потребности 10 % – соответствует, 10-20 % – частично соответствует и более 20 % – не соответствует).

Соответствие сбалансированным агролесоландшафтам определяется по шкале «соответствуют», «частично соответствуют» и «не соответствуют» на основе суммы критериев. К шкале «соответствуют» относят, когда критерии «соответствия» составляют более 50 % и отсутствуют критерии «несоответствия». К шкале «не соответствует» относят, когда их количество достигает более 50 % от общего количества оценок.

Результаты и обсуждение. На основе проведенных исследований, обработанной и сгруппированной базы данных получены следующие материалы.

В СПК «Черенский» площадь пашни составляет 15600 га. Основное место (5000-7013 га) отводится озимой пшенице. Здесь сложился 3-х польный севооборот: пар чистый – озимая пшеница – яровые сборные. В хозяйстве используется классическая система возделывания с.-х. культур.

В КФХ Исаева В.В. площадь обрабатываемой пашни составляет 13 500 га. В структуре посева преобладают озимая пшеница (до 30 %), подсолнечник (25 %) и яровые (16 %) – кукуруза, ячмень, овес, сафлор. Паровое поле занимает 29 % пашни. В хозяйстве применяется смешанный тип агротехнологий. Треть пашни возделывается по технологии прямого посева. Севооборот 3-х польный: пар чистый – озимая пшеница – яровые.

АО «Усть-Медведицкое» граничит с хозяйствами КФХ Исаева В.В. и СПК «Черенский». Площадь пашни составляет 10 137 га. В данном хозяйстве возделывают весь спектр культур, которые и упомянуты выше, но применяют технологию прямого посева. С переходом на эту технологию из структуры посева вывели подсолнечник и сократили площадь под озимой пшеницей. Основные площади отведены под нут (до 40 %) и лен масличный (около 20 %). До определенного момента большие площади занимал сафлор (40 %), но затем его посевы были сокращены до 23 % и в структуру посева были введены яровая твердая пшеница и кориандр.

Все хозяйства расположены в зоне темно-каштановых почв с сильно расчлененным рельефом местности. Преобладают почвы среднемощные, глинистого и тяжелосуглинистого состава, карбонатные, среднесмытые. Климат территории, на которой располагаются объекты наблюдений, континентальный, характеризуется малоснежной зимой и продолжительным жарким летом.

При оценке экологического состояния исследуемых агролесоландшафтов нами учитывался ряд показателей, таких как площадь землепользования, площадь посева, площадь чистого пара, урожайность зерновых и масличных культур, расчлененность рельефа, проявления водной эрозии и дефляции почвы, наличие песков и солонцов, коэффициент выпашанности, общая лесистость территории (в том числе доля защитных лесных полос (ЗЛП), овражно-балочные леса, лесные массивы), возраст, рядность, состояние полей защитных лесных насаждений, уровень весенних и на момент уборки влагозапасов в метровом слое почвы, число химических обработок, уровень применения удобрений, тип основной обработки почвы, тип севооборота, плотность сложения почвы к уборке, соотношение интерзональных почв к зональным, общая сбалансированность агролесоландшафта (таблица 1).

В результате проведенных исследований получены базовая информация, оценочные критерии, комплекс показателей оценки состояния агроландшафтов в зависимости от воздействия различных агротехнологий.

Наши исследования свидетельствуют о том, что применение различных технологий возделывания с.-х. культур отражаются на их продуктивности, плодородии почв, экологических критериях и в целом на агролесоландшафтах.

В целом по системе показателей установлено влияние агротехнологий на агролесоландшафт, в частности структуры посева, севооборотов, приемов основной обработки почвы, оборота элементов питания, проявления водной и ветровой эрозии, которые в конечном итоге могут приводить объект исследований к высокой степени экологической сбалансированности или, наоборот, к деградации.

По системе обозначенных критериев можно сделать вывод, что агроландшафт, сформированный под влиянием технологии прямого посева по ряду экологических показателей (возврату элементов питания, сохранению водно-физических свойств почвы,

накоплению органики, противодействия проявлению водной и ветровой эрозии), имеет существенные преимущества, но уступает другим технологиям по воспроизводству продукции с единицы площади. Классическая технология (с применением отвальной обработки почвы и высокой долей чистого пара) обеспечивает стабильное производство сельскохозяйственной продукции, но уступает технологии прямого посева и комбинированному варианту по ряду экологических требований и влиянию на почвенное плодородие.

Таблица 1 – Результаты влияния различных агротехнологий на сбалансированность агролесоландшафтов сухостепной зоны Волгоградской области

Table 1 – The results of the influence of various agricultural technologies on the balance of agroforestry landscapes of the dry steppe zone of the Volgograd region

Показатели/Indicators	Тип агротехнологий/ Type of agricultural technology		
	Классическая classic	комбини- рованная combination	технология прямого посева technology direct sowing
1	2	3	4
Площадь землепользования, га Land use area, ha	21972	20150	15360
Площадь посева, га Sowing area, ha	10176	9890	10137
Площадь чистого пара, га Area of pure steam, ha	5424	3610	-
Урожайность озимой пшеницы, т/га Productivity of winter wheat, t / ha	3,41	4,60	1,97
Урожайность масличных культур (под- солнечник, сафлор, лен) Oilseeds (under-sunflower, safflower, flax) , t / ha	1,40	1,64	0,98
Расчлененность рельефа, % The ruggedness of the relief,%	25,9	29,7	30,6
Перепад высот, м Elevation, m	0-102	0-126	0-118
Проявления водной эрозии почвы/ дефля- ции в 2015 г., % Manifestations of water soil erosion / defla- tion in 2015,%	16,8/24,6	10,2/10,2	3,1/0,08
Наличие интерзональных почв (пески, солонцы), % The presence of interzonal soils (sands, salt marshes),%	18,0	28,0	22,0
Коэффициент выпашанности, ед. Coefficient of plowing, units	0,71	0,67	0,66
Общая лесистость территории, % в т.ч. доля ЗЛП/ The total forest cover of the territory,% including share of ZLP овражно-балочные леса/ gully-ravine for- ests отдельные лесные массивы/ separate forests	4,21	4,18	3,47
	2,70	2,80	2,20
	1,30	1,10	1,05
	0,21	0,28	0,22

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Характеристика ПЗЛН (возраст, рядность, состояние), ЛМО/ PZLN characteristic (age, row, condition), LMO	40 лет/ years, 4 p. – 3a	40 лет/ years 4-5 p. – 3a	40 лет/ years, 4 p. – 3a
Средний уровень весенних влагозапасов в 1-м слое почвы, мм/The average level of spring moisture reserves in the 1st soil layer, mm	132	138	126
Уровень влагозапасов в 1-м слое почвы к уборке, мм/ The level of moisture reserves in the 1st soil layer for harvesting, mm	18	28	42
Число химических обработок, шт./ The number of chemical treatments, pcs	3	4	6
Тип основной обработки почвы/Type of primary tillage	отвал с плугом plow blade	Комбинации combinations	без обработки without tillage
Уровень применения удобрений, кг д.в./га The level of fertilizer use, kg a.v. / ha	26	47	84
Тип севооборота, число полей, шт Type of crop rotation, number of fields, pcs	ЗПП/3 ^х п	ЗПП/3 ^х п	ЗМ/4 ^х п
Плотность сложения почвы к уборке в слое 0,0-0,6 м, г/см ³ The density of the soil to be harvested in the layer is 0.0-0.6 m, g / cm ³	2,4	2,4	2,6
Соотношение интерзональных почв к зональным, ед./ The ratio of interzonal to zonal soils, units	0,18	0,28	0,22
Общая сбалансированность агролесоландшафта, шкала/ General balance of agroforestry, scale	3 неустойчивая 3 unstable	4 средняя 4 medium	5 высокая 5 high

Примечание: ЗПП – зерно-паропропашной севооборот; ЗМ – зерно-масличный севооборот; ЛМО – лесомелиоративная оценка [4]/ Note: ZPP - grain-crop rotation; ZM - oilseed crop rotation; LMO - forest reclamation assessment [4].

По сбалансированности первой и второй группы показателей лучшим вариантом формирования экологически сбалансированных агроландшафтов в условиях сухостепной зоны темно-каштановых почв является комбинированная технология.

Заключение. Комплексная оценка показывает, что на сбалансированность агроландшафта очень большое влияние оказывают агротехнологии как основной инструмент хозяйственной деятельности человека. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур способны снижать воздействие на посевы засух, суховеев, дефляции и эрозии почв, обеспечивают создание благоприятных условий продукционного процесса агрофитоценозов с учетом зонального аспекта и таким образом формируют агроландшафт и систему использования земельных ресурсов.

Для оценки экологического состояния агролесоландшафтов следует применять комплексную систему критериев по определению соответствия требованиям и понятиям экологически сбалансированные агролесоландшафты.

Сбалансированными агролесоландшафты можно считать, когда по сумме критериев с показаниями «соответствия» преобладают над «частично соответствуют» и нет ни одного значения «несоответствия». В случае когда более 70 % получают оценку «не соответствует» требованиям, то агролесоландшафт относится к несбалансированным. Если более 50 % оценок не будут относиться к критерию «не соответствует», то агролесоландшафт относится к среднесбалансированным, что согласуется с данными других авторов [7].

Библиографический список

1. Беляков А.М. Методы исследования и оценка состояния агроландшафтов сухостепной зоны Волгоградской области // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология». 2018. Т. 4(70). № 3. С. 102-108.
2. К разработке алгоритма формирования экологически сбалансированных агроландшафтов в ЦЧЗ / Н.П. Масютенко, Г.М. Брескина, М.Н. Масютенко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 12. С. 65-70.
3. Кирюшин В.И. Развитие представлений о функциях ландшафтов в связи с задачами оптимизации природопользования // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. 2015. № 80. С. 16-25.
4. Кулик К.Н., Кошелев А.В. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7. № 3 (27). С. 104-114.
5. Методологические аспекты формирования экологически сбалансированных агроландшафтов / Н.П. Масютенко, А.В. Кузнецов, М.Н. Масютенко и др. // Земледелие. 2016. № 7. С. 6-9.
6. Проблемы земледелия и управления агроландшафтами/ И.А. Трофимов, В.М. Косолапов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Земледелие. 2014. № 7. С. 3-5.
7. Система оценки экологической сбалансированности агроландшафта и степени соответствия используемой в нем системы земледелия/ А.В. Гостев, И.Г. Пыхтин, Л.Б. Плотников, А.И. Пыхтин // Земледелие. 2017. № 8. С. 3-6.
8. Сухой П.А., Морозов А.В., Атаманюк М.Н. Экологическая оценка агроландшафтных систем на региональном уровне // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2015. Том 1. № 3 (3). С. 6-16.
9. Трофимов И.А., Трофимова Л.С., Яковлева Е.П. Сохранение и оптимизация агроландшафтов Центрального Черноземья// Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. № 1. С. 103-109.
10. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge / T. Dore, E. Makowski, Munier-Jolain, M. Tchamitchian, P. Titttonell // Eur J. Agron. doi: 10.1016/j.eja. 2011. 02.006.
11. Malezieux E. Designing cropping systems from nature //Agronomy for Sustainable Development. 2012. №32. P. 15-29.
12. Towards sustainable food systems: the concept of agroecology and how it questions current research practices/ S. Hatt, S. Artu, D. Brédart, L. Lassois, F. Francis, E. Haubruge, S. Garré, P.M. Stassart, M. Dufrêne, A. Monty, F. Boeraeve // AgricultureLife – Towards innovation in agricultural sciences. 2016. Vol 20. No 1. P. 215-224.

Reference

1. Belyakov A. M. Metody issledovaniya i ocenka sostoyaniya agrolandshaftov suhostepnoj zony Volgogradskoj oblasti // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernad'skogo. Geografiya. Geologiya". 2018. T. 4(70). № 3. P. 102-108.
2. K razrabotke algoritma formirovaniya jekologicheskij sbalansirovannyh agrolandshaftov v CChZ / N. P. Masyutenko, G. M. Breskina, M. N. Masyutenko i dr. // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2018. T. 32. № 12. P. 65-70.
3. Kiryushin V. I. Razvitie predstavlenij o funkciyah landshaftov v svyazi s zadachami optimizacii prirodopol'zovaniya // Byulleten' pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva. 2015. № 80. P. 16-25.
4. Kulik K. N., Koshelev A. V. Metodicheskaya osnova agrolesomeliorativnoj ocenki zaschitnyh lesnyh nasazhdenij po dannym distancionnogo monitoringa // Lesotekhnicheskij zhurnal. 2017. T. 7. № 3 (27). P. 104-114.
5. Metodologicheskie aspekty formirovaniya jekologicheskij sbalansirovannyh agro-landshaftov / N. P. Masyutenko, A. V. Kuznecov, M. N. Masyutenko i dr. // Zemledelie. 2016. № 7. P. 6-9.
6. Problemy zemledeliya i upravleniya agrolandshaftami/ I. A. Trofimov, V. M. Kosolapov, L. S. Trofimova, E. P. Yakovleva // Zemledelie. 2014. № 7. P. 3-5.
7. Sistema ocenki jekologicheskij sbalansirovannosti agrolandshafta i stepeni sootvetstviya ispol'zuemoj v nem sistemy zemledeliya/ A. V. Gostev, I. G. Pyhtin, L. B. Plotnikov, A. I. Pyhtin // Zemledelie. 2017. № 8. P. 3-6.

8. Suhoj P. A., Morozov A. V., Atamanyuk M. N. Jekologicheskaya ocenka a]rolandshaftnyh sistem na regional'nom urovne // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Jekologiya i prirodopol'zovanie. 2015. Vol. 1. № 3 (3). P. 6-16.

9. Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. Sohranenie i optimizaciya agro-landshaftov Central'nogo Chernozem'ya// Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2017. № 1. P. 103-109.

10. Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge / T. Dore, E. Makowski, Munier-Jolain, M. Tchamitchian, P. Tittone // Eur J. Agron. doi: 10.1016/j.eja. 2011. 02.006.

11. Malezieux E. Designing cropping systems from nature //Agronomy for Sustainable Development. 2012. №32. P. 15-29.

12. Towards sustainable food systems: the concept of agroecology and how it questions current research practices/ S. Hatt, S. Artu, D. Brédart, L. Lassois, F. Francis, E. Haubruge, S. Garré, P.M. Stassart, M. Dufrêne, A. Monty, F. Boeraeve // AgricultureLife – Towards innovation in agricultural sciences. 2016. Vol 20. No 1. P. 215-224.

Информация об авторах

Беляков Александр Михайлович, главный научный сотрудник лаборатории исследования агролесоландшафтов и адаптивных систем земледелия ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9541-8383> dokbam49@mail.ru

Назарова Марина Владимировна, младший научный сотрудник лаборатории исследования агролесоландшафтов и адаптивных систем земледелия ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7933-3152> mn1967@list.ru

УДК 633.63:631.53.02:631.674.6

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-4

ПОЛУЧЕНИЕ СЕМЯН САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ИЗ ШТЕКЛИНГОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В КРЫМУ GETTING THE SEEDS OF SUGAR BEETS FROM SHTECKLINGS USING PURIFIED WASTE WATER IN THE CRIMEA

Е.П. Боровой¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.А. Ходяков¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В.И. Кременской², научный сотрудник

А.М. Джапарова², специалист

Е.Р. Borovoy¹, Е.А. Khodyakov¹, V.I. Kremensky², A.M. Dzhaparova²

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет

²ФГБУН Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма,
г. Симферополь

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

²Federal State Budgetary Institution of Science Scientific
Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol

Дата поступления в редакцию 15.07.2019
Received 15.07.2019

Дата принятия к печати 12.09.2019
Submitted 12.09.2019

Крымский полуостров по своим природным условиям, главным образом по мягкости зимы, вполне пригоден для выращивания семян свеклы. Наибольшая продуктивность семенников сахарной свеклы достигается только в условиях благоприятного водного режима. Нами проведены опыты по выращиванию семян сахарной свеклы разной поливной водой при капельном орошении: чистой водой из шахтного колодца, очищенной сточной водой и полив смешанной водой. Исследования проводились в с. Укромное Симферопольского района на черноземах обыкновенных мицел-

лярно-карбонатных, предгорных. Полевые опыты проводили на сахарной свекле гибрид РМС–120. Посадка растений проходила штеклингами. Влажность почвы поддерживалась на уровне не ниже 80 % НВ с помощью тензиометров. За вегетационный период проведено 12 поливов, оросительная норма составила 2040 м³/га, а водопотребление – 3103 м³/га. Самые лучшие показатели по продуктивности были получены при поливе смешанной водой: урожайность – 2,35 т/га, коэффициент водопотребления – 1320,4 м³/т и расход воды на 1 т урожая – 868,1 м³. Фракция семян 3,5-5,5 мм является наиболее предпочтительной, и в третьем варианте (полив смешанной водой) она составила 75,5 %. По основным показателям оценки качества сырья, полученного при выращивании сахарной свеклы на семена, показатели по всем вариантам в пределах нормы. Установлено, что использование очищенных сточных вод канализационно-очистных сооружений (КОС) г. Симферополя не оказало негативного влияния на развитие и урожайность семенных растений сахарной свеклы.

The Crimean peninsula, due to its natural conditions, mainly the mildness of winter, is quite suitable for growing beet seeds. The highest productivity of sugar beet testes is achieved only under conditions of favorable water regime. Experiments on the cultivation of sugar beet seeds with different irrigation water using drip irrigation: pure water from a shaft well, purified waste water and irrigation with mixed water were carried out. Studies were conducted in the village Ukromnoye of Simferopol district on ordinary mycelianno-carbonate foothill chernozems. Field experiments were conducted on sugar beet hybrid RMS-120. Stecklings were used for planting. The soil moisture was maintained at a level not lower than 80% of field moisture capacity, using tensiometers. During the growing season 12 irrigations were carried out, the irrigation rate was 2040 m³/ha, and water consumption was 3103 m³/ha. The best indicators of productivity were obtained when watering mixed water: the yield was 2,35 t/ha, the water consumption coefficient - 1320,4 m³/t and the water consumption per 1 ton of yield – 868,1 m³. The fraction of seeds 3,5-5,5 mm is the most preferred and in the third variant it was 75,5%. According to the main indicators for assessing the quality of the raw materials, obtained by growing sugar beet for seeds, there are high indicators for all options. It is established, that the use of treated wastewater of Simferopol Sewage treatment plant (STP), did not have a negative impact on the development and yield of sugar beet seed plants.

Ключевые слова: сахарная свекла, штеклинги, капельный полив свеклы, режим орошения свеклы, урожайность свеклы, сточные воды, фракционный состав семян.

Key words: sugar beet, stecklings, beet drip irrigation, beet irrigation regime, beet yield, wastewater, fractional composition of seeds.

Цитирование. Боровой Е.П., Ходяков Е.А., Кременской В.И., Джапарова А.М. Получение семян сахарной свёклы из штеклингов с использованием очищенных сточных вод в Крыму. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 42-50. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-4.

Citation. Borovoy E.P., Khodyakov E.A., Kremenskoy V.I., Dzhaparova A.M. Getting the seeds of sugar beets from shtecklings using purified waste water in the Crimea. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 42-50. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-4.

Введение. Семеноводство сельскохозяйственных культур, в том числе овощных, занимает значительное место в обеспечении продовольственной безопасности страны. Возрождение семеноводства сахарной свеклы в Крыму является стратегической программой импортозамещения отдельных видов продукции АПК. Для России Крым может быть базовым регионом в семеноводстве, и не только сахарной свеклы. В 2017 году в Красногвардейском и Советском районах было посеяно сахарной свеклы на площади 100 га безвысадочным способом на семена.

Крымский полуостров по своим природным условиям, главным образом по мягкости зимы, вполне пригоден для выращивания семян свеклы. Однако высокая температура, низкая влажность воздуха и недостаток почвенной влаги не позволяют получать высокие урожаи семян без орошения. Наибольшая продуктивность семенников сахарной свеклы достигается только в условиях благоприятного водного режима почвы [1, 7].

Поливы по времени необходимо распределять так, чтобы семенники сахарной свеклы не испытывали недостатка в воде при всех фазах их роста и развития. Особенно нельзя допускать недостатка в воде в период цветения и созревания семенников. При нарушении нормального водного режима в эти периоды резко снижаются урожайность и качество семян [8, 9].

Прекращение поставок днепровской воды негативно отразилось на сельском хозяйстве Крыма. Площади поливаемых земель сократились в 10 раз в сравнении с уровнем 2013 г. Одним из возможных путей увеличения орошаемых земель является использование альтернативных источников воды, наиболее гарантированным из которых являются очищенные городские сточные воды [5, 10]. Их применение для целей орошения сахарной свеклы как подхода улучшения экологической обстановки на водных объектах рассматривалось в работах Захарова Р.Ю., Волковой Н.Е. и других [3, 4].

Исследования показывают, что наиболее рациональным способом использования поливной воды является применение капельного орошения [2, 12]. Его основные преимущества при выращивании семян сахарной свеклы из штеклингов состоят в том, что: 1) вода поступает в корнеобитаемый слой почвы; 2) предотвращается появление на поверхности грунта корки; 3) обеспечивается равномерность полива; 4) снижается расход поливной воды [11].

Проведённые нами в 2017 г. научные исследования показали [7, 3], что при выращивании свеклы в Республике Крым можно успешно использовать очищенные сточные воды с КОС г. Симферополя. При этом необходимо соблюдать СанПиН «Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения» и проводить обязательные мониторинговые наблюдения за качеством воды и мелиоративной обстановкой на поливном участке.

Полученные результаты наших исследований в 2018 г. по сахарной свекле помогут обеспечить семенным материалом хозяйства России, что может в значительной степени способствовать укреплению экономики страны.

Цель работы – разработать водосберегающий режим орошения сахарной свеклы на семена, позволяющий эффективно использовать очищенные и смешанные наполовину с чистой водой сточные воды КОС г. Симферополя без снижения качества полученной продукции.

Материалы и методы. Исследования по выращиванию сахарной свеклы на семена проводились в 2018 г. на опытных участках отдела селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» в с. Укромное Симферопольского района.

В 2018 году температура воздуха за вегетацию (с апреля по июль) показала превышение над среднемноголетними значениями на 1,2–3,6 °С. Относительная влажность воздуха была меньше среднемноголетних значений от 12 % в июне до 29 % в апреле. За вегетационный период (с апреля по июль) на опытном участке выпало 138,9 мм осадков, из них эффективных – 117,3 мм.

Опытный участок расположен в долине реки Салгир. Почвы черноземные, обыкновенные, мицеллярно-карбонатные, предгорные тяжелосуглинистые, типичные для предгорной степи. Мощность гумусового горизонта А и В достигает 0,50...0,60 м.

Варианты опытов и повторности размещены в рендомизированном порядке методом случайных блоков. Схема вегетационных опытов расположена по Доспехову Б.А. (Доспехов Б.А., 2014). Полевые исследования проводились в соответствии с методикой исследований по сахарной свекле и методическими указаниями по определению эффективности приемов выращивания, оценке качества сырья семян сахарной свеклы, разработанными ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. Мазлумова А.Л.» [6].

Полив растений осуществляли чистой водой из шахтного колодца и очищенной сточной водой Симферопольских КОС. Варианты опыта: 1) орошение водой из шахтного колодца (контроль); 2) орошение очищенной сточной водой; 3) орошение очищенной сточной водой и водой из шахтного колодца в соотношении 1 : 1. Площадь опытного участка – 25 м².

Полевые исследования по сахарной свекле проводили с гибридом РМС-120 российской селекции. Посадку растений производили штеклингами (посадочные корнеплоды сахарной свеклы массой от 10 до 150 граммов). Штеклинги были выкопаны и посажены 25 апреля на опытном участке по схеме посадки 0,7х0,33 м.

До посадки была смонтирована система капельного полива с поливными трубопроводами диаметром 17 мм с водовыпусками через 0,33 м под каждое растение.

За весь вегетационный период сахарной свеклы было проведено два опрыскивания от вредителей и болезней.

Результаты и обсуждение. В условиях региона рост и развитие сортов в основном определяются: 1) их биологическими особенностями; 2) климатическими условиями. Динамика температурного и гидрологического режимов в течение вегетации свеклы показана на рисунке 1.

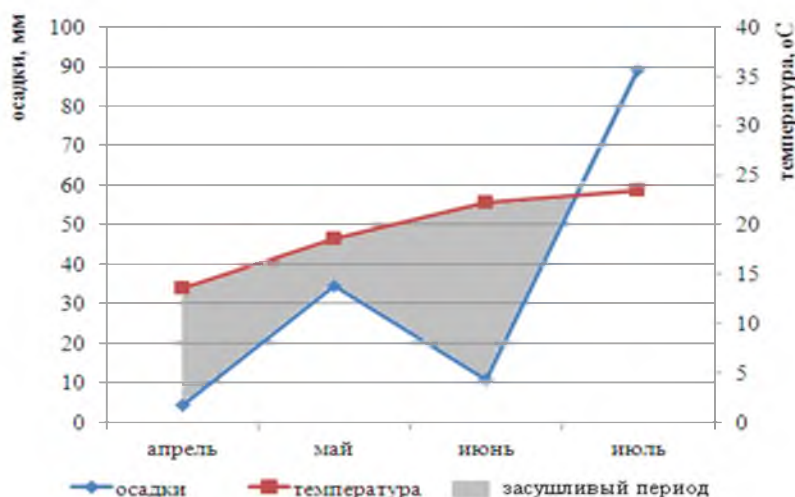


Рисунок 1 – Климатограмма территории вегетационного периода свеклы (с. Укромное Симферопольского района)

Figure 1 – Climatogram of the territory of the vegetative period of beet (village Ukromnoye, Simferopol district)

Как видно из климатограммы, недостаток влаги наблюдался с апреля по июнь, в этот период из-за засушливости и недостатка влаги количество поливов увеличилось.

Предполивная влажность почвы при выращивании свеклы с помощью тензиометров поддерживалась на уровне не ниже 80 % НВ. Режим орошения свеклы на семена из штеклингов представлен на рисунке 2.

В связи с создавшимися погодными условиями в апреле было выполнено 2, а в мае, когда шло активное стеблевание и начало цветения свеклы, 4 полива нормой 110 м³/га на глубину 0,3 м. В июне, в межфазный период «окончание цветения – начало образования семян», из-за полного отсутствия осадков было проведено 4 полива нормой 230 м³/га на глубину 0,6 м.

В июле, в связи с большим количеством осадков (730 м³/га), было проведено два полива нормой 230 м³/га.

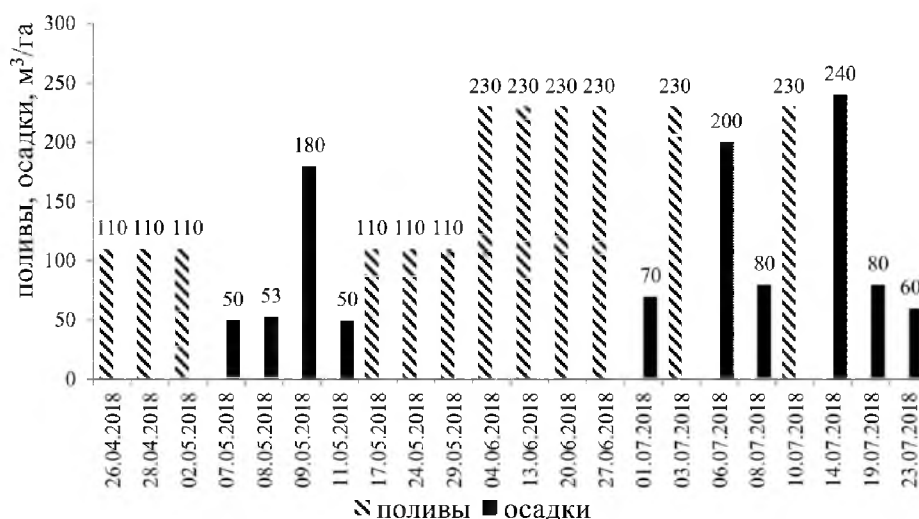


Рисунок 2 – Режим орошения при выращивании свеклы в с. Укромное Симферопольского района в 2018 году

Figure 2 – Irrigation regime when growing beets in village Ukromnoye, Simferopol district in 2018

На рисунке 3 показано водопотребление растений сахарной свеклы. Наибольшее водопотребление отмечено в июне и июле в период цветения и образования плодов. За вегетационный период 2018г. оросительная норма составила 2040 м³/га, а водопотребление 3103 м³/га.

По солевому составу воду, использованную в опытах, можно охарактеризовать как гидрокарбонатную натриево-кальциевую по трем вариантам. Несмотря на более высокое содержание хлоридов в очищенной сточной и смешанной воде, она не оказывала негативного воздействия на мелиоративную обстановку и урожайность свеклы.

С 24 по 26 июля проведены биометрические замеры и уборка урожая. Осуществлена обрезка растений секатором, просушка и проветривание под навесом в течение 5 дней, затем обмолот семян вручную.

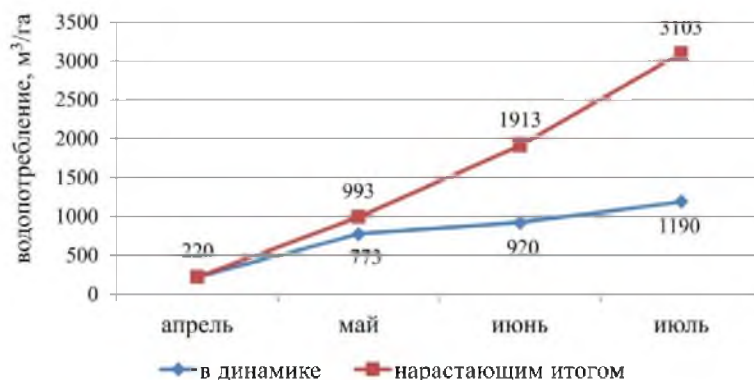


Рисунок 3 – Водопотребление в динамике и нарастающим итогом при капельном орошении штеклингов свеклы на семена в 2018 году

Figure 3 – Water consumption in dynamics and cumulative during drip irrigation of beet plugs for seeds in 2018

Результаты биометрических измерений сахарной свеклы представлены в таблице 1. Исследования показали, что при поливе смешанной водой наблюдался минимальный средний диаметр основного стебля (1,75 см), наибольшая средняя высота растений составила (100,8 см) и средний вес семенников (370,4 г).

Таблица 1 – Результаты биометрических измерений семенников сахарной свеклы на семена по вариантам опыта (средние значения)

Table 1 – The results of biometric measurements of testis of sugar beets on seeds according to the experimental options (average values)

Среднее значение/ Average values	Вариант опыта/ experimental options			НСР ₀₅ NSR ₀₅
	1	2	3	
Диаметр, см / Diameter cm	1,87	1,78	1,75	0,13
Высота, см / Height cm	96,0	95,5	100,8	22
Вес, г / Weight g	381,8	360,6	370,4	39

В таблице 2 представлены урожайность сахарной свеклы на семена с 1 га, коэффициент водопотребления и расход воды на 1 т урожая при схеме посадки 0,7х0,33 м в полевых условиях.

Таблица 2 – Урожайность (в чистом виде), коэффициент водопотребления и расход воды на 1 т урожая по вариантам опыта

Table 2 – Yield, water consumption coefficient and water consumption per 1 ton of crop according to experimental options

Вариант опыта Experimental options	Урожайность, т/га Yield, t/ha	Коэффициент водопотребления, м ³ /т / Water consumption coefficient m ³ /t	Расход оросительной воды, м ³ /т Irrigation water consumption m ³ /t
1	2,23	1391,5	914,8
2	2,12	1463,7	962,3
3	2,35	1320,4	868,1

Результаты исследований показали, что наиболее эффективные показатели были отмечены на вариантах с поливом смешанной водой, где наблюдалась самая высокая в наших опытах урожайность (2,35 т/га) одновременно с получением минимального коэффициента водопотребления (1320,4 м³/т) и расхода оросительной воды на 1 т продукции (868,1 м³/т).

Семеноводство сахарной свеклы направлено на сохранение всех хозяйственно-полезных признаков, заложенных на стадии селекционной работы и являющихся основой получения максимальных показателей продуктивности гибридов, таких как урожайность, сахаристость и сбор сахара. Это предъявляет определенные требования к заготавливаемому сырью семян: всхожесть – не менее 70 %, доброкачественность – не менее 88 %, односемянность – не менее 85 %, общее содержание семян непосевных фракций (< 3,5 мм и > 5,5 мм) – не более 25 %.

На стадии получения семян нами проведен анализ, определяющий качество будущего посевного материала. В таблице 3 представлен фракционный состав полученного сырья.

Фракции семян 3,5-5,5 мм являются наиболее предпочтительными для посадки. В третьем варианте (при поливе смешанной водой) эти фракции были наибольшими и составили 75,5 %, а мелкие и более крупные – 18,5 %.

Таблица 3 – Фракционный состав семян сахарной свеклы по массе

Table 3 – Fractional composition of sugar beet seeds by weight

Вариант опыта / experimental options	Фракционный состав семян сахарной свеклы по массе, % Fractional composition of sugar beet seeds by weight, %				
	> 5,5 мм/mm	4,5-5,5 мм/mm	3,5-4,5 мм/mm	3,0-3,5 мм/mm	Отходы/ waste
1	4,0	24,0	44,5	18,5	9,0
2	8,0	20,5	45,0	19,5	7,0
3	3,5	28,5	47,0	15,0	6,0
Среднее/ On average	5,2	24,3	45,5	17,7	7,3

В таблице 4 представлены посевные качества семян по вариантам опыта по ГОСТ 22617.2–94 и общим техническим условиям, указанным в ГОСТ 32066–2013.

По качествам: «односемянность» и «одноростковость» наибольшие показатели были получены при поливах шахтной и очищенной сточной водой; по выполненности, энергии прорастания и всхожести – при орошении очищенной сточной водой. По качеству доброкачественности по всем вариантам опыта у семян сахарной свеклы наблюдались высокие показатели.

Таким образом, исследования показали, что по основным показателям оценки качества сырья, полученного при выращивании сахарной свеклы на семен, а высокие показатели наблюдались по всем вариантам, однако на варианте орошения смешанной водой они были немного выше.

Таблица 4 – Посевные качества семян сахарной свеклы в 2018 г.

Table 4 – Sowing qualities of sugar beet seeds in 2018

Показатель/ Indicator	Фракция, мм/ Fraction, mm	Вариант опыта/ experimental options		
		1	2	3
Односемянность, % / Single seed, %	4,5–5,5	69,7	80,8	85,2
	3,5–4,5	88,8	94,8	90,8
	3,0–3,5	97,8	100,0	100,0
Выполненность, % / Completion, %	4,5–5,5	73,2	78,8	71,8
	3,5–4,5	72,0	75,2	76,0
	3,0–3,5	68,0	82,8	78,8
Энергия прорастания, % / Germination energy, %	4,5–5,5	70,8	76,2	61,2
	3,5–4,5	65,2	73,2	75,2
	3,0–3,5	62,2	68,8	59,2
Всхожесть, % / Germination, %	4,5–5,5	71,0	77,0	61,2
	3,5–4,5	65,2	74,2	75,2
	3,0–3,5	62,8	70,0	60,0
Одноростковость, % / Single growth, %	4,5–5,5	78,0	88,0	92,0
	3,5–4,5	92,0	97,0	94,0
	3,0–3,5	99,0	100,0	100,0
Доброкачественность, % / High quality, %	4,5–5,5	97,0	98,0	84,0
	3,5–4,5	93,0	99,0	99,0
	3,0–3,5	92,0	85,0	98,0

Заключение. Полевые опыты по сахарной свекле на семена были проведены с гибридом РМС–120. Посадка растений проходила штеклингами. Влажность почвы поддерживалась на уровне не ниже 80 % НВ с помощью тензиометров. За вегетационный период проведено 12 поливов, оросительная норма составила 2040 м³/га, а водопотребление – 3103 м³/га. Лучшие показатели по продуктивности были получены при поливе смешанной водой: урожайность – 2,35 т/га, коэффициент водопотребления – 1320,4 м³/т и расход воды на 1 т урожая – 868,1 м³. Фракция семян 3,5–5,5 мм является наиболее предпочтительной, и в третьем варианте (полив смешанной водой) она составляет 75,5 %. По основным показателям оценки качества сырья, полученного при выращивании сахарной свеклы на семена, показатели по всем вариантам в пределах нормы.

Установлено, что использование очищенных сточных вод канализационно-очистных сооружений г. Симферополя не оказало негативного влияния на развитие и урожайность семенных растений сахарной свеклы.

Библиографический список

1. Влияние режимов капельного орошения на водопотребление и продуктивность семенников сахарной свеклы в Краснодарском крае / А.Г. Шевченко, В.И. Суслов, В.А. Дерюгин, И.Г. Корсун // Земледелие. 2013. №4. С. 46–48.

2. Воеводина, Л.А. Тенденции развития и перспективы применения капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. №3(07). С. 90-102.
3. Выращивание свеклы при поливе очищенной сточной водой / Е.П. Боровой, Е.А. Ходяков, В.И. Кременской, А.М. Джапарова // Известия НВ АУК. 2018. №3(51). С. 145-152. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-03-145-152.
4. Захаров Р.Ю., Волкова Н.Е. Орошение как способ утилизации очищенных сточных вод в Республике Крым // Экономика строительства и природопользования. 2016. №1. С. 54-61.
5. Иванютин Н.М., Подовалова С.В. Оценка минерального состава и токсичности очищенных сточных вод Крыма как альтернативного источника воды для орошения // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 1 (13). С. 53-64.
6. К вопросу о методике производственных испытаний гибридов сахарной свеклы / И.В. Апасов, Л.Н. Путилина, И.И. Бартенев, М.А. Смирнов, О.А. Подвигина // Сахарная свекла. 2017. №10. С. 14-19.
7. О возможности использования очищенной сточной воды при выращивании свеклы / В.И. Кременской, Э.Э. Сейтумеров, А.П. Тищенко, А.М. Джапарова // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2018. № 13 (176). С. 15-25.
8. Сатункин И.В., Гуляев А.И. Влияние элементов питания на плодородие чернозёма южного при орошении сахарной свеклы // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. №1. С. 13-14.
9. Шевченко А.Г., Дерюгин В.А., Корсун И.Г. Система применения удобрений при выращивании семян сахарной свеклы высадочным способом методом штеклингов на орошении // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. №54. С. 357-363.
10. Guardiola-Claramonte M., Sato T., Choukr-Allah R. Wastewater production, treatment and reuse around the Mediterranean region: current status and main drivers // Integrated Water Resources Management in the Mediterranean Region Springer Netherlands. 2012. P. 139-174.
11. Taylor R., Zilberman D. Diffusion of drip irrigation: the case of California // Applied economic perspectives and policy. 2017. Vol. 39, 1. P. 16-40.
12. Yurchenko, I. F. Automatization of water distribution control for irrigation // International Journal of Advanced and Applied Sciences. 2017. Vol. 4(2). С. 72-77.

Reference

1. Vliyanie rezhimov kapel'nogo orosheniya na vodopotreblenie i produktivnost' semennikov saharnoj svekly v Krasnodarskom krae / A. G. Shevchenko, V. I. Suslov, V. A. Deryugin, I. G. Korsun // Zemledelie. 2013. №4. P. 46-48.
2. Voevodina, L. A. Tendencii razvitiya i perspektivy primeneniya kapel'nogo orosheniya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2012. №3(07). P. 90-102.
3. Vyraschivanie svekly pri polive ochischennoj stochnoj vodoj / E. P. Borovoj, E. A. Hodyakov, V. I. Kremenskoj, A. M. Dzhaparova // Izvestiya NV AUK. 2018. №3(51). P. 145-152. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-03-145-152.
4. Zaharov R. Yu., Volkova N. E. Oroshenie kak sposob utilizacii ochischennyh stochnyh vod v Respublike Krym // Jekonomika stroitel'stva i prirodnopol'zovaniya. 2016. №1. P. 54-61.
5. Ivanyutin N. M., Podovalova S. V. Ocenka mineral'nogo sostava i toksichnosti ochischennyh stochnyh vod Kryma kak al'ternativnogo istochnika vody dlya orosheniya // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2018. № 1 (13). P. 53-64.
6. K voprosu o metodike proizvodstvennyh ispytanij gibridov saharnoj svekly / I. V. Apasov, L. N. Putilina, I. I. Bartenev, M. A. Smirnov, O. A. Podvigina // Saharnaya svekla. 2017. №10. P. 14-19.
7. O vozmozhnosti ispol'zovaniya ochischennoj stochnoj vody pri vyraschivanii svekly / V. I. Kremenskoj, Je. Je. Sejtumerov, A. P. Tischenko, A. M. Dzhaparova // Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavridy. 2018. № 13 (176). P. 15-25.
8. Satunkin I. V., Gulyaev A. I. Vliyanie jelementov pitaniya na plodorodie chernozjoma yu-zhnogo pri oroshenii saharnoj // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2013. №1. P. 13-14.
9. Shevchenko A. G., Deryugin V. A., Korsun I. G. Cistema primeneniya udobrenij pri vyraschivanii semyan saharnoj svekly vysadochnym sposobom metodom shteklingov na oroshenii // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. №54. P. 357-363.

10. Guardiola-Claramonte M., Sato T., Choukr-Allah R. Wastewater production, treatment and reuse around the Mediterranean region: current status and main drivers // Integrated Water Resources Management in the Mediterranean Region Springer Netherlands. 2012. P. 139-174.

11. Taylor R., Zilberman D. Diffusion of drip irrigation: the case of California // Applied economic perspectives and policy. 2017. Vol. 39, 1. P. 16-40.

12. Yurchenko, I. F. Automatization of water distribution control for irrigation // International Journal of Advanced and Applied Sciences. 2017. Vol. 4(2). С. 72-77.

Информация об авторах:

Боровой Евгений Павлович, заведующий кафедрой «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: [://orcid.org/0000-0002-0667-5100](https://orcid.org/0000-0002-0667-5100) borovoy.e.p@mail.ru

Ходяков Евгений Алексеевич, профессор кафедры "Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов" Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-2213-7860> E419829@yandex.ru

Владимир Иванович Кременской, научный сотрудник отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма (РФ, 295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150), kvi19497@rambler.ru

Айше Музафаровна Джапарова, специалист отдела цифрового мониторинга и моделирования агроэкосистем Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма (РФ, 295453, г. Симферополь, ул. Киевская, 150), dja-ajj@rambler.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.524.85: 633.282

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-5

ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ МИСКАНТУСА ГИГАНТСКОГО ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

HYDROTHERMAL CONDITIONS OF PLANTING MISCANTHUS GIGANTEUS IN INTRODUCTION IN THE MIDDLE VOLGA REGION

В. А. Гущина, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н.И. Остробородова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А.А. Володькин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

V.A. Gushchina, N.I. Ostroborodova, A.A. Volodkin

Пензенский государственный аграрный университет

Penza State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 23.07.2019

Дата принятия к печати 11.09.2019

Received 23.07.2019

Submitted 11.09.2019

В настоящее время основным источником получения целлюлозы является древесное сырье, но это медленно возобновляемый и сокращаемый ресурс по сравнению с травянистыми растениями. К быстрорастущим травянистым растениям с высоким содержанием целлюлозы относится мискантус гигантский. С целью расширения зоны его возделывания необходимо изучить возможность выращивания интродукта в условиях неустойчивого увлажнения и определить продуктивность в различные годы жизни травостоя. Метеорологические условия в годы проведения исследований были различные, наиболее оптимальные сложились в 2013, 2016 и 2017 гг. Благоприятные условия в год закладки плантации (2013 г.) способствовали интенсивному развитию мискантуса, когда урожайность надземной массы составила 14,0 т/га. После успешной перезимовки урожайность плантации второго года жизни увеличилась в 2,1

раза, третьего – в 2,6 раза по отношению к первому году. Интенсивно протекающие в этом году ростовые процессы позволили сформировать урожайность сырой массы 40 т/га. Несмотря на ночные заморозки в середине мая и позднее весеннее отрастание мискантуса в 2017 году, урожайность надземной массы, была на уровне предыдущего года, а в 2018 году она на 4 т/га уступала урожайности 2015 года при одинаковых гидротермических условиях (ГТК - 0,6). Таким образом, в течение 5 лет (2014-2018 гг.), не считая года закладки плантации (2013 г.), мискантус гигантский ежегодно продуцирует на одном поле по 29 - 41 т/га надземной массы.

Currently, the main source of cellulose production is wood raw material, but it is a slowly renewable and shrinkable resource compared to herbaceous plants. The fast-growing herbaceous plants with a high content of cellulose is miscanthus giant. In order to expand the zone of its cultivation, it is necessary to study the possibility of growing an introduced species in conditions of unstable moistening and to determine the productivity in different years of herbage life. The meteorological conditions in the years of research were different, the most optimal were formed in 2013, 2016 and 2017. Favorable conditions in the year when the plantation was laid (2013) contributed to the intensive development of miscanthus, when the yield of the above-ground mass was 14.0 t / ha. After a successful overwintering, the yield of the plantation of the second year of life increased 2.1 times, the third - 2.6 times compared to the first year. Intensive growth processes this year, allowed to form the yield of wet weight of 40 t / ha. Despite the night frosts in mid-May and the late spring regrowth of miscanthus in 2017, the above-ground crop yields were at the same level as the previous year, and in 2018 it was 4 t / ha inferior to the yields of 2015 with the same hydrothermal conditions (SCC - 0.6). Thus, over the course of 5 years (2014–2018), not counting the year when the plantation was laid (2013), the giant miscanthus produces annually 29–41 t / ha of above-ground mass per field.

Ключевые слова: интродукция растений, мискантус гигантский, условия выращивания мискантуса.

Key words: introduction of plants, giant miscanthus, growing conditions of miscanthus.

Цитирование. Гущина В.А., Остробородова Н.И., Володькин А.А. Гидротермические условия возделывания мискантуса гигантского при интродукции в Среднем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 50-57. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-5.

Citation. Gushchina V.A., Ostroborodova N.I., Volodkin A.A. Hydrothermal conditions of planting miscanthus giganteus in introduction in the Middle Volga. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 50-57. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-5.

Введение. Расширение сырьевой базы многих растений возможно за счет их культивирования, так как в естественных местообитаниях их нет. Процесс окультуривания (доместикации) дикорастущих видов сложный, но в перспективе ему будет принадлежать главная роль вследствие ограниченности запасов природных ресурсов. К таким растениям относится мискантус гигантский (*Miscanthus giganteus*), который рассматривается как перспективный источник сырья для производства целлюлозы. Это многолетнее травянистое растение из семейства мятликовых, содержащее до 50 % целлюлозы, поэтому его выращивание позволит сохранить леса, на восстановление которых требуется более 70 лет [4, 5]. Его внедрение позволяет решить одну из задач, поставленную Президентом РФ в Указе от 07 мая 2018 г. № 204 при разработке национальных целей и стратегических задач развития Российской Федерации на период до 2024 года в сфере экологии и касающуюся сохранения лесов

Мискантус – источник хорошей целлюлозы, которую можно использовать для изготовления картона и изделий, широко используемых в быту: одноразовая бумажная посуда, ручки, писчая бумага, тисью (бумага санитарно-гигиенического назначения). То есть эта целлюлоза способна заменить неэффективно используемую древесную целлюлозу, и перспективы её потребления из мискантуса увеличиваются [10].

В настоящее время в мире производится 75 миллионов тонн пластика, 12 из которых попадают в окружающую среду. Согласно расчетам, к 2050 году в мировом океане пластика будет больше, чем рыб по биомассе. Чтобы этого избежать, такие изделия можно производить из биodeградируемого пластика, разлагающегося в течение полутора месяцев. Сырьем для его изготовления является мискантус, заменяющий лиственные породы [2]. Целлюлоза мискантуса дает короткое волокно, гарантирующее четкий прострел в тренировочных мишенях стрелков и спортсменов, баллистический порошок из нитратов целлюлозы, а главное – биоэтанол и бактериальную наноцеллюлозу [11].

Свойство мискантуса выделять значительное количество энергии позволяет использовать его для изготовления высококачественного энергетического продукта – биопеллеты [1]. Однако основным недостатком биомассы как источника энергии является сосредоточенность по поверхности. Решение этой проблемы заключается в создании энергетических плантаций, в том числе из мискантуса гигантского, отличающегося быстрым ростом и формирующего большой объем биомассы с единицы площади. Это позволит частным энергогенерирующим компаниям, работающим на биотопливе, обеспечить себе сырьевую независимость [7, 8].

Выращивание мискантуса гигантского возможно на маргинальных землях, поскольку он не создает конкуренцию традиционным сельскохозяйственным культурам, что предусмотрено доктриной продовольственной безопасности [9].

В связи с этим для расширения зоны возделывания мискантуса гигантского необходимо в первую очередь изучить возможность выращивания интродукта в условиях неустойчивого увлажнения и определить продуктивность в различные годы жизни травостоя.

Материалы и методы. Плантация культуры мискантуса гигантского заложена в первой декаде мая 2013 г. на светло-серой лесной почве супесчаной по гранулометрическому составу. Пахотный слой почвы характеризовался следующими агротехническими показателями: содержание гумуса – 2,7 % , легкогидролизуемого азота – 102 мг/кг, подвижного фосфора и обменного калия 188 и 110 мг/кг почвы соответственно, pH – 5,7. Предшественником были яровые зерновые культуры. После их уборки провели лущение стерни на 7 – 0,1 м и через неделю вспашку на глубину 0,22 – 0,25 м. Ранней весной проводили боронование зубowymi боронами. Фенологические наблюдения, определение густоты стояния растений и учет биологической урожайности проводились по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Посадку проводили ризомами по схеме 1×0,5 м во влажную почву на глубину 0,08-0,1 м согласно методике Б.А. Доспехова.

Результаты и обсуждение. Не предъявляя высоких требований к почве, мискантус гигантский для нормального роста и развития требует около 700 мм осадков в год. В течение месяца после посадки в 2013 г. выпало только 28 мм осадков, при среднемноголетней норме 43,4 мм. Гидротермический коэффициент по Г.Т. Селянинову в мае составил 0,52 (таблица). Недостаток влаги не отразился на появлении всходов, которые отмечены 27 мая, так как были использованы пластические вещества посадочного материала. Хорошему развитию побегов способствовали осадки второй половины июня, превышавшие норму в 2,9 раза, и к июлю практически из каждой ризомы выросло от 4 до 8 стеблей.

В дальнейшем сложились благоприятные условия для интенсивного роста мискантуса и к концу вегетационного периода растения достигли высоты 1,8-1,9 м, причем на долю листьев приходилось 38 %.

Таблица – Гидротермический коэффициент вегетационного периода
мискантуса гигантского в годы исследований

Table – Hydrothermal coefficient of the vegetative period of giant miscanthus in years of research

Месяц	Год					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Май	0,52	1,08	0,25	1,80	0,64	0,54
Июнь	1,40	0,98	1,14	0,43	1,15	0,39
Июль	0,79	0,60	1,40	1,64	1,41	1,08
Август	1,15	0,51	0,14	0,36	0,19	0,25
Сентябрь	3,20	1,17	0,15	2,10	3,20	0,72
За вегетацию	1,41	0,87	0,62	1,27	1,32	0,60

После первых заморозков в октябре произошло обезвоживание листьев, обозначились полые прямостоячие стебли с толщиной у основания 9-11 мм. Их высота не превышала 0,80-0,88 м. На надземной части стебля образовалось 8-9 междоузлий длиной 0,12-0,14 м, в почве – три укороченных междоузлия. Количество хорошо развитых стеблей у одного растения не превышало 11 шт. с общей массой 335 г. При осеннем анализе стеблестоя их плотность не превышала 46 шт./м². Урожайность надземной массы составила 14,0 т/га (рисунок).

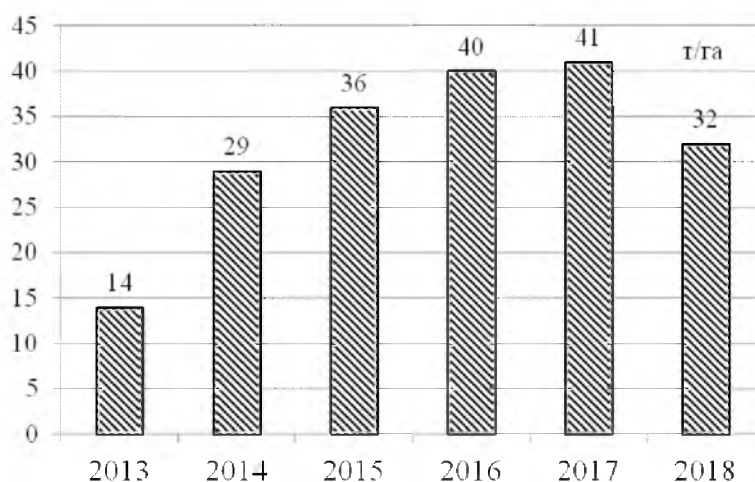


Рисунок – Урожайность мискантуса по годам исследований

Figure – Miscanthus productivity by years of research

Подземными органами у мискантуса являются ризомы или корневища. От их развития зависит урожайность надземной массы. На них образуются почки, которые ежегодно дают молодые подземные побеги и придаточные корни. Новые побеги образуются также после гибели надземной части растения под воздействием неблагоприятных условий. На отмерших старых участках корневища возникают обособленные подземные побеги, что и является признаком вегетативного размножения.

В пахотном горизонте почвы к концу вегетационного периода (начало октября 2013 г.) корневища образовали негустую сеть, на которых заложились почки, вышедшие на поверхность почвы в виде шилец в количестве 7-10 шт. на растение. Подземные побеги развились достаточно хорошо, о чем свидетельствует их масса – 1,07 кг/растение. В среднем у каждого растения образовалось до 57 хорошо сформированных ризом длиной от 0,04 до 0,18 м. Количество мелких почек на них размером от 0,05 до 0,03 м составило 154 штуки.

Таким образом, сложившиеся условия периода вегетации мискантуса первого года жизни характеризуются как избыточно увлажненные, ГТК при этом составил 1,3, сумма активных температур – 2643,5 °С. Растения сформировали достаточно мощную надземную и подземную массу с соотношением близким 1 : 3.

На травостое не были обнаружены вредители и болезни, т.е. теплое влажное лето и холодная осень с избыточным увлажнением не оказали влияния на фитопатологическое состояние мискантуса и перед уходом в зиму растения были хорошо сформированы. Количество осадков, выпавших в течение года (664 мм), соответствовало биологическим требованиям культуры [3].

В первый год зимовки после посадки до 90 % растений мискантуса могут повреждаться заморозками. Этому способствует малый снежный покров или его полное отсутствие, что делает растения не защищенными в сильный мороз [14, 6]. Такого же мнения придерживаются зарубежные ученые [12, 15, 13], которые отмечают, что возделывание мискантуса в умеренно-континентальном климате ограничивает риск плохой перезимовки в первый год закладки плантаций.

Условия перезимовки для растений мискантуса (2013–2014 гг.) были сложными. При среднесуточной температуре минус 3,8 °С в декабре, осадков в виде снега выпало в 1,5 раза меньше нормы. Зимние месяцы 2014 г. отличались резкими колебаниями температур. Среднесуточная температура в первой декаде января не опускалась ниже минус 1,9 °С, количество осадков, выпавших в этот период, не превышало 15 мм. Но уже 11 числа за сутки выпало 9 мм осадков в виде дождя, а температура поднялась до +1,2 °С. Резкое похолодание до минус 25,3 °С при полном отсутствии снежного покрова отмечено 20 января. В третьей декаде среднесуточная температура составила минус 21,3 °С, а количество осадков вдвое превышало норму. В последние дни января установилась самая низкая температура – минус 31,7 °С и держалась в течение трех суток февраля. А уже пятого числа она поднялась до минус 1,9 °С, осадков в первой декаде выпало на 37% больше среднемноголетних. Резкими колебаниями температур и осадков характеризовались следующие две декады февраля. Аналогичные условия сложились в марте, но это не повлияло на зимостойкость мискантуса, а при оттепели в апреле вымокания и выпревания растений не отмечено.

Органами возобновления у мискантуса после перезимовки, т.е. на втором году жизни, являются зимующие почки и корневые отпрыски. Свой онтогенез он продолжает при установлении среднесуточной температуры плюс 10° С. Начало отрастания в 2014 году отмечено в третьей декаде апреля, полное – 5 мая. Майское равновесие по приходу и расходу влаги (ГТК–1,08) позволило мискантусу хорошо развиваться. Через месяц после весеннего отрастания растения достигли высоты 0,011 м, то есть суточный прирост составил 0,036 м.

Повышенными температурами и недостаточным количеством осадков характеризовался вегетационный период 2014 года. Однако хорошо сформированные растения в первый год жизни оказались устойчивыми к засушливым условиям летних месяцев (ГТК – 0,7) следующего года. В конце сентября, к моменту уборки, они достигли высоты 2,2 м. Следует отметить, что образование генеративных органов происходило слабо, но урожайность надземной массы была выше, чем в предыдущем году на 15 т/га, и составила 29 т/га. Корневая система начала колонизировать почвенное пространство в рядах. Хотя зарастания междурядий не наблюдалось, сорные растения не составляли конкуренцию мискантусу. Температура в ноябре на 8,6 °С была ниже нормы, в зимние месяцы она на 1,5–6,6 °С превышала среднемноголетние, осадков выпало в 2,3 раза меньше, но зимой их количество превышало норму на 25 мм. Снежный покров, установившийся на плантации мискантуса за счет оставшихся стеблей, повысил морозоустойчивость корневищ.

Из-за слабой интенсивности схода снега в 2015 г. отрастание растений наступило на 7 суток позже, чем в предыдущем. В этом году вегетационный период для мискантуса был засушливый (ГТК - 0,62), однако для успешного развития он использовал осенне-зимние запасы влаги и осадки двух летних месяцев, что позволило ему к уборке достичь высоты 3,85 м. При густоте травостоя 122 побега/м² мощные стебли с диаметром 0,015 м у основания не полегали. Хорошо развитая корневая система образовала густую сеть, уходящую глубоко в почву, что позволило использовать находящиеся там запасы влаги. Поэтому отсутствие осадков в августе и сентябре (ГТК - 0,14) не снизило урожайность надземной массы, которая составила 36 т/га.

При достаточном увлажнении 2016 года (ГТК – 1,27) у мискантуса отмечен активный рост. Растения достигли высоты 32 м, причем длина стебля без верхушки листьев составила 2,42 м, их количество – 140 шт./м², урожайность надземной массы 40 т/га. На молодых стеблях образовалось по одной-две ризомы длиной более 0,05 м, на стеблях прошлого года, количество которых определили по стерне, образовалось по 2-3 укороченных ризомы.

Пониженные среднесуточные температуры весенних месяцев 2017 года задержали отрастание мискантуса до 15 мая, поэтому ночные заморозки, прошедшие за двое суток до появления растений, не повредили их. Низкие температуры июня (15,9 °С против нормы 18,4 °С) не снизили интенсивность развития растений, так как побеги старовозрастных плантаций мискантуса менее чувствительны к низким температурам, при которых процессы фотосинтеза протекали так же активно, как и при оптимальных. В июле, когда ГТК составил 1,41, растения достигли высоты 2,5 м. Засуха в августе не отразилась на продуктивности мискантуса, которая составила 41 т/га, то есть была на уровне 2016 г. Осадки сентября (126,5 мм против 51 мм) не продлили деятельность нижних листьев, т.к. они затенялись верхними, более развитыми.

На шестой год жизни, т.е. в 2018 году, таяние снега в апреле происходило медленнее, чем в предыдущем году, так как в зимние месяцы осадков выпало на 42 % больше нормы, а среднесуточная температура была ниже на 1,1 °С. В мае она резко поднялась и первые две декады держалась на уровне 17,5 °С, однако почва прогревалась слабо. Поэтому начало отрастания мискантуса гигантского наблюдали только 22 мая. Почти двойная норма осадков в третьей декаде (23,7 мм против 13 мм) и зимние запасы влаги в почве нивелировали их значительный недостаток в июне (29 %), когда высота стеблестоя составила 1,31 м. Осадки первой декады июля (42,3 мм против 22 мм среднемноголетних) и повышенная температура в этот период (22,5 °С против 19,8 °С) усилили ростовые процессы, и мискантус достиг высоты 2,7 м, стеблей сформировалось 132 шт./м². Перед уходом в зиму высота побегов увеличилась только на 0,07-0,1 м, т.к. в августе и сентябре установилась жаркая сухая погода (ГТК-0,17), а по биологическим особенностям основной рост мискантуса происходит в весенне-летние месяцы. В этом году гидротермический коэффициент за вегетацию был практически на уровне 2015 года (0,6). Однако урожайность надземной массы снизилась на 4 т/га и составила 32 т/га. Это связано с тем, что в 2015 году сложились лучшие условия по увлажнению в июне и июле, т.е. на начальных этапах онтогенеза. В сумме за 5 лет продуктивность одного гектара мискантуса не считая первого года жизни составила 178 т, сухой массы соответственно 62,2 т.

Заключение. Для нормального роста и развития мискантуса гигантского в зоне неустойчивого увлажнения в первый год жизни необходимо не менее 170 мм осадков с суммой активных температур 2600 °С. Если не предъявлять высоких требований к плодородию почвы, то его можно выращивать на маргинальных землях, что не делает его

конкурентом для основных продовольственных культур. При этом начиная с третьего года жизни он способен на одном поле ежегодно продуцировать по 29-41 т/га надземной массы. Для снижения рисков интродукции мискантуса гигантского в лесостепи Среднего Поволжья исследования будут продолжаться, поскольку по биологическим особенностям это растение характеризуется большим долголетием (20-25 лет).

Библиографический список

1. Булаткин Г.А., Митенко Г.В., Гурьев И.Д. Альтернативная энергетика: новые ресурсы биотоплива из растительного сырья // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 2. С. 88-92.
2. Гисматулина Ю.А. Сравнительный химический состав пяти урожаев мискантуса сорта Сорановский: растение в целом, лист, стебель // Успехи современного естествознания. 2016. №4. С. 23-26.
3. Гущина В.А., Борисова Е.Н. Рост и развитие мискантуса гигантского первого года жизни в зависимости от гидротермических условий // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. №1(37). С.12-18.
4. Елоева Р.К., Есенов И.Х. Перспективы использования альтернативных источников энергии в сельском хозяйстве // Известия Горского ГАУ. 2014. Т. 51. №3. С. 193-196.
5. Капустянчик С.Ю. Особенности развития и формирования биомассы мискантуса в лесостепи новосибирского Приобья // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 12. С. 28-31.
6. Капустянчик С.Ю., Лихенко И.Е., Данилова А.А. Продуктивность мискантуса сорта Сорановский первого года вегетации и дыхательная активность почвы // Пермский аграрный вестник. 2016. № 4 (16). С. 82-87.
7. Назаренко, Л.В. Биотопливо: история и классификация видов биотоплива// Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2012. №2 (10). С. 16-32.
8. Назаренко Л.В. Биотопливо: новые источники сырья // Вестник МГПУ. Серия «Естественные науки». 2013. №1 (11). С. 19-30.
9. Особенности роста и развития интродукта мискантуса гигантского (*Miscanthus giganteus*) в условиях лесостепи Среднего Поволжья/ В.А. Гущина, А.А. Володькин, Н.И. Остробородова, Н.Д. Агапкин, А.В. Летучий // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 10-13.
10. Особенности целлюлоз из различных морфологических частей мискантуса сорта Сорановский / Ю.А. Гисматулина, В.В. Будаева, С.Г. Вепрев, Г.В. Сакович, В.К. Шумный // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18. №3. С. 553-562.
11. Показатели качества целлюлозы, полученной азотнокислым способом в лабораторных и опытно-промышленных условиях из мискантуса /В.В. Будаева, Ю.А. Гисматулина, В.Н. Золотухин, Г.В. Сакович, С.Г. Вепрев, В.К. Шумный // Ползуновский вестник. 2013. № 3. С. 162-168.
12. Blankenship R.E., Tiede D.M. Comparing photosynthetic and photovoltaic efficiencies and recognizing the potential for improvement // Science. 2011. Vol. 332. P.805-809.
13. Flowering induction in the bioenergy grass *Miscanthus sacchariflorus* is a quantitative short-day response, whilst delayed flowering under long days increases biomass accumulation / Jensen E., Robson P., Norris J., Cookson A., Farrar K., Donnison L., Clifton-Brown J. // Journal of Experimental Botany. 2012. Vol. 64. No 2. P. 541-552.
14. Introduction and adaptation of giant miscanthus to the conditions of the forest-steppe of the middle Volga region / V.A. Gushchina, A.A. Volodkin, N.D. Agapkin, N.I. Ostroborodova // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Т. 9. № 5. С. 2292-2297.
15. *Miscanthus*: a fast-growing crops for biofuels and chemicals production / Brosse N., Dufour A., Meng X., Sun Q., Ragauskas A. // Biofuels, Bioprod., Bioref. 2012. Vol. 6. No. 5. P. 580-598.

Reference

1. Bulatkin G. A., Mitenko G. V., Gur'ev I. D. Al'ternativnaya jenergetika: novye resursy biotopliva iz rastitel'nogo syr'ya // Teoreticheskaya i prikladnaya jekologiya. 2017. № 2. P. 88-92.
2. Gismatulina Yu. A. Sravnitel'nyj himicheskij sostav pyati urozhaev miskantusa sorta Soranovskij: rastenie v celom, list, stebel' // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2016. №4. P. 23-26.

3. Guschina V. A., Borisova E. N. Rost i razvitie miskantusa gigantskogo pervogo goda zhizni v zavisimosti ot gidrotermicheskikh uslovij // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. №1(37). P. 12-18.
4. Eloeva R. K., Esenov I. H. Perspektivy ispol'zovaniya al'ternativnyh istochnikov jenerгии v sel'skom hozyajstve // Izvestiya Gorskogo GAU. 2014. Vol. 51. №3. P. 193-196.
5. Kapustyanchik S. Yu. Osobennosti razvitiya i formirovaniya biomassy miskantusa v lesostepi novosibirskogo Priob'ya // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2017. Vol. 31. № 12. P. 28-31.
6. Kapustyanchik S. Yu., Lihenko I. E., Danilova A. A. Produktivnost' miskantusa sorta Soranovskij pervogo goda vegetacii i dyhatel'naya aktivnost' pochvy // Permskij agrarnyj vestnik. 2016. № 4 (16). P. 82-87.
7. Nazarenko, L. V. Biotoplivo: istoriya i klassifikaciya vidov biotopliva// Vestnik MGPU. Seriya "Estestvennye nauki". 2012. №2 (10). P. 16-32.
8. Nazarenko L. V. Biotoplivo: novye istochniki syr'ya // Vestnik MGPU. Seriya "Estestvennye nauki". 2013. №1 (11). P. 19-30.
9. Osobennosti rosta i razvitiya introducenta miskantusa gigantskogo (*Miscanthus giganteus*) v usloviyah lesostepi Srednego Povolzh'ya/ V. A. Guschina, A. A. Volod'kin, N. I. Ostroborodova, N. D. Agapkin, A. V. Letuchij // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2018. № 1. P. 10-13.
10. Osobennosti cellyuloz iz razlichnyh morfologicheskikh chastej miskantusa sorta Soranovskij / Yu. A. Gismatulina, V. V. Budaeva, S. G. Veprev, G. V. Sakovich, V. K. Shumnyj // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2014. T. 18. №3. P. 553-562.
11. Pokazateli kachestva cellyulozy, poluchennoj azotnokislym sposobom v laboratornyh i opytno-promyshlennyh usloviyah iz miskantusa /V. V. Budaeva, Yu. A. Gismatulina, V. N. Zolotuhin, G. V. Sakovich, S. G. Veprev, V. K. Shumnyj // Polzunovskij vestnik. 2013. № 3. P. 162-168.
12. Blankenship R.E., Tiede D.M. Comparing photosynthetic and photovoltaic efficiencies and recognizing the potential for improvement // Science. 2011. Vol. 332. P. 805-809.
13. Flowering induction in the bioenergy grass *Miscanthus sacchariflorus* is a quantitative short-day response, whilst delayed flowering under long days increases biomass accumulation / Jensen E., Robson P., Norris J., Cookson A., Farrar K., Donnison L., Clifton-Brown J. // Journal of Experimental Botany. 2012. Vol. 64. No 2. P. 541-552.
14. Introduction and adaptation of giant miscanthus to the conditions of the forest-steppe of the middle Volga region / V.A. Gushchina, A.A. Volodkin, N.D. Agapkin, N.I. Ostroborodova // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. T. 9. № 5. P. 2292-2297.
15. *Miscanthus*: a fast-growing crops for biofuels and chemicals production / Brosse N., Dufour A., Meng X., Sun Q., Ragauskas A. // Biofuels, Bioprod., Bioref. 2012. Vol. 6. No. 5. P. 580-598.

Информация об авторах

Гушина Вера Александровна, профессор кафедры «Растениеводство и лесное хозяйство» Пензенского государственного аграрного университета (РФ, 440014, г. Пенза, ул.Ботаническая,30), доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4615-1472> guschina.v.a@pgau.ru

Остроборова Наталья Ивановна, доцент кафедры «Растениеводство и лесное хозяйство» Пензенского государственного аграрного университета (РФ, 440014, г. Пенза, ул.Ботаническая,30), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6950-1063> stroborodova.n.i@pgau.ru

Володькин Алексей Анатольевич, доцент кафедры «Растениеводство и лесное хозяйство» Пензенского государственного аграрного университета (РФ, 440014, г. Пенза, ул.Ботаническая,30), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7450-0492> volodkin.a.a@pgau.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 633.31 / 37:631.67(470.44/.47)

DOI:10.32786/2071-9485-2019-03-6

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЮЦЕРНЫ И КЛЕВЕРА НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

COMPARATIVE EVALUATION OF PRODUCTIVITY OF ALFALFA AND CLOVER ON IRRIGATED LANDS LOWER VOLGA REGION

Т.Н. Дронова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н.И. Бурцева, кандидат сельскохозяйственных наук

О.В. Головатюк

T.N. Dronova, N.I. Burtseva, O.V. Golovatyuk

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

*Federal State Budget Science Center All-Russian Scientific Research Institute
of Irrigated Agriculture, Volgograd*

Дата поступления в редакцию 12.07.2019
Received 12.07.2019

Дата принятия к печати 10.09.2019
Submitted 10.09.2019

В кормопроизводстве направление, связанное с расширением посевов бобовых трав, является приоритетным. Увеличение площадей под многолетними травами и доведение их в структуре посева до 60-75 % позволит обеспечить крупный рогатый скот питательными и сбалансированными по белку кормами. В последнее десятилетие в Нижнем Поволжье, наряду с люцерной и эспарцетом, на орошении стал возделываться клевер луговой. Исследованиями ВНИИОЗ установлено, что по основным показателям, продуктивности и кормовой ценности эта бобовая культура не уступает традиционной для нашего региона люцерне. Установлено, что по полноте всходов и характеру изреживания в год посева сорта клевера близки к люцерне. В течение последующих лет жизни люцерны изреживается на 20-26 % больше, чем клевер. Максимальная масса корней у люцерны формируется после трехлетнего выращивания, у клевера – после четырех лет: 10,4-10,9 и 11,5-13,2 т/га соответственно. С корневыми остатками в почве остается большое количество питательных веществ: 150-320 кг азота, 60-84 – фосфора и 85-180 кг калия. Образование розовых клубеньков зависит от вида бобовой культуры, от укоса и от возраста травостоя. Максимальное количество их отмечено на посевах люцерны во второй год жизни в первом укосе. Оптимизация условий возделывания изучаемых сортов люцерны и клевера способствует формированию по годам жизни от 21,7 до 83,4 и от 26,5 до 84,8 т/га зеленой массы. Доказано, что по урожайности, продуктивному долголетию, кормовой ценности клевер луговой является хорошим дополнением к люцерне и должен занять достойное место на орошаемых землях региона.

In forage production, the direction associated with the expansion of legume grass crops is a priority. Increasing the area under perennial grasses and bringing them to 60-75% in the structure of sowing will provide large cattle with nutritious and protein-balanced feed. In the last decade in the Lower Volga region along with alfalfa and sainfoin on irrigation clover began to be cultivated. Research of All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture found that the main indicators of productivity and feed value, this bean culture is not inferior to the traditional for our region Lucerne. It was found that the completeness of seedlings and the nature of thinning in the year of sowing clover varieties close to alfalfa. During the subsequent years of his life in Lucerne srivatsa to 20-26% more than the clover. The maximum weight of roots in alfalfa is formed after three years of cultivation, in clover – after four years: 10,4-10,9 and 11,5-13,2 t/ha, respectively. With root residues in the soil remains a large amount of nutrients: 150-320 kg of nitrogen, 60-84 - phosphorus and 85-180 kg of potassium. The formation of pink nodules depends on the type of legume, the mowing and the age of the grass. The maximum number of them is noted on crops of alfalfa in the second year of life in the first mowing. Optimization of the conditions of cultivation of the studied varieties of alfalfa and clover contributes to the formation of the years of life from 21.7 to 83.4 and from 26.5 to 84.8 t/ha of green mass. It is proved that the yield, productive longevity, fodder value of clover is a good addition to alfalfa and should take its rightful place in the irrigated lands of the region.

Ключевые слова: люцерна, клевер луговой, продуктивность люцерны, кормовая ценность люцерны.

Key words: alfalfa, clover, productivity of alfalfa, fodder value of alfalfa.

Цитирование. Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Головатюк О.В. Сравнительная оценка продуктивности люцерны и клевера на орошаемых землях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 58-65. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-6.

Citation. Dronova T.N., Burtseva N.I., Golovatyuk O.V. Comparative assessment of alfalfa and clover productivity on irrigated lands of the Lower Volga Region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 58-65. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-6.

Введение. Значительные площади орошаемых земель в Российской Федерации отводятся под посевы люцерны и клевера. Благодаря высокой пластичности и продуктивности, а также благотворному влиянию на физические и химические свойства почвы, эти многолетние культуры относят к самым ценным кормовым травам и включают их в севообороты различных типов: зерновые, кормовые и овощные [1, 5, 7, 10, 11, 12].

В орошаемом земледелии Нижнего Поволжья они являются главным гарантом производства высокобелковых кормов с высокой экономической эффективностью [3, 6, 9].

В полевом кормопроизводстве Российской Федерации приоритетным является направление, связанное с расширением посевов бобовых трав и доведением их в структуре посевов до 60-75 %. При этом площадь клевера лугового должна составлять 7-7,5 млн., люцерны – 5,0-5,5 млн га. Это позволит обеспечить крупный рогатый скот ценными кормами и вовлечь в земледелие около 0,7 млн т симбиотического азота [4, 6, 7, 8].

Благодаря высокому потенциалу продуктивности, долголетию, многоукосности, прекрасным кормовым и агротехническим достоинствам люцерны в Нижнем Поволжье многие годы занимала основные площади посева многолетних трав. В последние годы наряду с люцерной и другими традиционными бобовыми травами на орошаемых землях региона получает распространение клевер луговой, козлятник восточный, люцерна, обладающие высокой потенциальной продуктивностью, хорошим качеством корма, устойчивостью к различным болезням и способностью улучшать плодородие почвы [4, 2, 7].

Успешная работа российских селекционеров, направленная на создание сортов клевера лугового, отвечающих требованиям интенсивного кормопроизводства, позволила привлечь эту ценную культуру в кормопроизводство Нижнего Поволжья [3, 8, 10].

Материалы и методы. Задачей исследований, проводимых во Всероссийском НИИ орошаемого земледелия с 1991 г, является адаптация к местным условиям современных сортов клевера, оценка его продуктивности по сравнению с традиционной культурой люцерны. Нами испытывались сорта клевера лугового селекции Всероссийского НИИ кормов, Пензенского НИИСХ, Ставропольского НИИСХ и других научных учреждений РФ.

Бобовые травы высевали под покров овса. Норма высева люцерны и клевера лугового – 7 млн всхожих семян на гектар, овес сеяли сниженной на 30 % нормой – 3,5 млн шт./га.

Фосфорные и калийные удобрения вносили расчетными дозами в запас на 3 года под основную обработку почвы, азотные – под культивацию в год посева, затем ежегодно с дифференциацией под каждый укос.

В опытах использовали сорта люцерны синегибридной Надежда, пестрогибридной Вега 87 и желтогибридной Краснокутская желтая, клевера лугового – ВИК 7, ВИК 84 и Наследник. Уровень допустимого снижения предполивного порога влажности почвы в активном слое принимали равным 80 % НВ. Во время вегетации поливы нормой 450 м³/га проводили дождевальными машинами Мини Кубань-ЛК. Оросительная норма зависела от метеоусловий года и изменялась от 2,0 до 4,5 тыс. м³/га. Покровную культуру (овес) убирали в период выброса метелки, а бобовые – в фазу бутонизации.

Учеты и наблюдения в опытах проводились в соответствии с общепринятыми методиками.

Результаты и обсуждение. Густота стояния растений, изреживание травостоя, условия произрастания определяют продуктивность посевов бобовых трав. В наших опытах полнота всходов клевера лугового не отличалась от люцерны и составляла 41-43 % (рисунок 1).

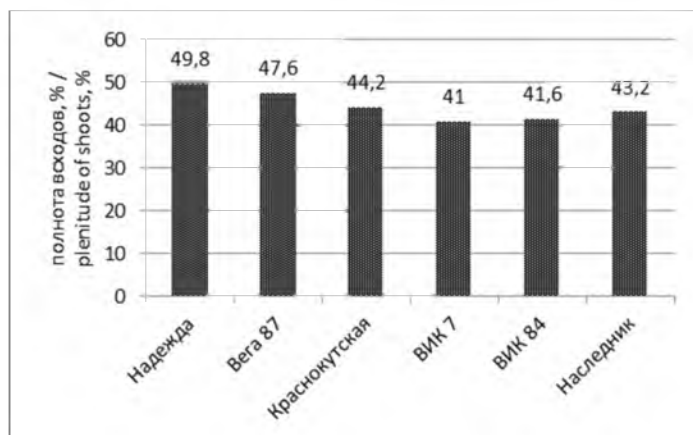


Рисунок 1 – Полнота всходов многолетних бобовых трав

Figure 1 – Fullness of seedlings of perennial leguminous herbs

Характер изреживания изучаемых сортов клевера схож с люцерной. Максимальное количество растений (25-32 %) гибнет в период от фазы полных всходов до уборки покровной культуры. Однако во второй - четвертый годы жизни изреживание клевера уменьшается по сравнению с люцерной в 1,5-2,5 раза.

Многолетние бобовые травы ценятся из-за способности накапливать в активном слое почвы большое количество корневой массы и за счет этого пополнять запасы элементов питания. Клевер луговой образовывал максимальное количество корней к концу четвертого вегетационного периода, а люцерна – третьего. Наибольшее количество корней в нашем опыте оставляли посевы клевера сорта ВИК 84 – от 11,5 до 13,3 т/га сухой массы в полуметровом слое. Люцерна после трех лет жизни накапливала в почве 10,4-10,9 т корней. К концу вегетации четвертого года жизни запасы корневой массы уменьшались до 8,1-8,8 т/га из-за значительного изреживания её посевов (рисунок 2).

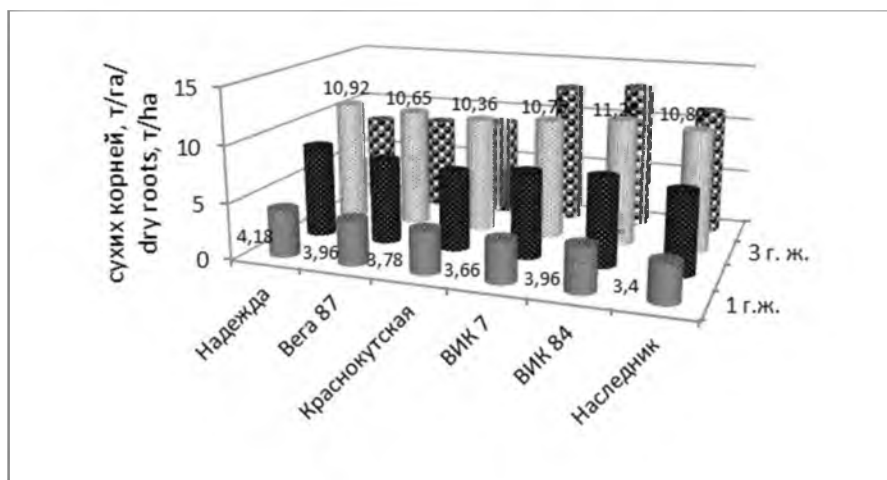


Рисунок 2 – Накопление корней люцерной и клевером

Figure 2 – The accumulation of alfalfa and clover roots

Химический анализ корневой массы изучаемых бобовых культур показал, что содержание азота в ней изменялось в зависимости от вида и сорта трав и колебалось в пределах от 1,50 до 1,88, фосфора – 0,74-0,96, калия – от 0,86 до 1,24 %. Расчеты показали, что бобовые травы оставляют в 0,5-метровом слое почвы к концу третьего и четвертого года жизни 150-320 кг азота, 60-84 – фосфора и 85-180 кг калия. Это количество эквивалентно внесению 400-900 кг аммиачной селитры, 110-150 кг двойного суперфосфата и 180-450 кг/га калийной соли.

Динамика развития азотфиксирующего аппарата на корнях бобовых трав находилась в зависимости от вида, возраста травостоя, а также от укоса. Максимальное количество розовых клубеньков в наших опытах было отмечено во второй год жизни посевов в первом укосе: 32,6 и 31,0 шт./раст. у клевера сорта ВИК 84 и у люцерны Надежда. В четвертом укосе их количество значительно уменьшалось до 7,0 и 4,0 шт. соответственно.

Посевы изучаемых бобовых трав отличались высокими показателями фотосинтеза. Максимальная ассимиляционная поверхность была сформирована люцерной Надежда и клевером ВИК 84 во второй, наиболее продуктивный, год жизни – 60,5-62,2 тыс. м²/га. Фотосинтетический потенциал посевов разных сортов бобовых трав изменялся от 3,25 до 4,02 млн м² дней/га, продуктивность фотосинтеза – от 4,49 до 5,32 г/м² сутки (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели фотосинтеза бобовых трав второго года жизни

Table 1 – The main indicators of photosynthesis of legumes second year of life

Вид, сорт/Type, Variety	Сухая масса, т/га Dry weight, t / ha	Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га Maximum area leaves thousand m ² / ha	Фотосинтети- ческий потенциал, млн. м ² дней/га Photosynthetic potential, million m ² days / ha	Продуктив- ность фото- синтеза, г/м ² в сутки Photosynthe- sis productiv- ity, g / m ² per day	Суточ- ный при- рост, кг/га Daily gain, kg / ha
Люцерна синегибридная / Alfalfa synehybrid Надежда	22,0	62,0	3,93	5,28	280
Люцерна пестрогибридная/ Alfalfa variegated Bera 87	18,4	51,9	3,30	4,53	234
Люцерна желтогибридная/ Yellow Hybrid Alfalfa Краснокутская	17,3	48,8	3,25	4,49	225
Клевер луговой / Clover meadow ВИК 7	21,9	60,5	4,02	5,32	239
ВИК 84	22,3	62,2	3,90	5,13	230
Наследник	20,5	58,0	3,80	5,01	230

Высокие показатели фотосинтетической деятельности многолетних бобовых культур обеспечили формирование урожайности на уровне 21,7-30,6 – в первый год жизни, 69,2-84,4 т – во второй, 61,9-74,4 и 40,0-58,4 т/га – в третий и четвертый годы жизни соответственно. В год посева урожайность клевера изучаемых сортов по сравнению с лучшим сортом синегибридной люцерны Надежда была несколько ниже. Во

второй год жизни клевер ВИК 84 формировал урожайность зеленой массы на уровне люцерны, в третий и четвертый годы жизни его урожайность была выше на 11-33 %, по сравнению с люцерной Надежда (рисунок 3).

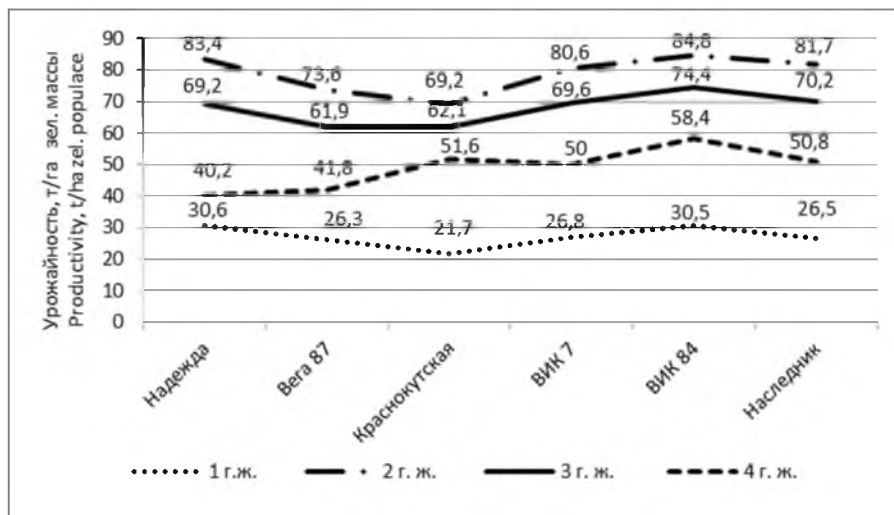


Рисунок 3 – Урожайность люцерны и клевера разных лет жизни

Figure 3 – Productivity of alfalfa and clover of different years of life

Клевер в первом укосе в наших опытах достигал уборочной спелости через 53-57 дней, люцерна – через 60-65. Последующие укосы проводились через 30-37 дней на посевах клевера и через 38-45 – на люцерне.

Биомасса изучаемых бобовых трав характеризуется высокими кормовыми достоинствами. Содержание кормовых единиц составило 0,55-0,62, переваримого протеина 18,1-22,7, БЭВ – 35,0-37,6%. По содержанию протеина клевер несколько уступал люцерне, по остальным показателям превосходил её (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание основных элементов питания в биомассе многолетних бобовых трав второго года жизни, %

Table 2 – The content of the main nutrients in the biomass of perennial leguminous herbs of the second year of life, %

Вид, сорт/Type, Variety	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин/ Protein	Жир/ Fat	Клетчатка/ Cellulose	БЭВ/ Non-nitrogen extractive substances
Люцерна / Alfalfa							
Надежда	3,63	0,70	2,50	22,7	2,3	21,2	35,7
Вега 87	3,50	0,68	2,45	21,9	2,3	22,2	35,0
Краснокутская	3,59	0,65	2,33	22,4	2,3	24,4	36,5
Клевер луговой / Clover							
ВИК 7	2,86	0,63	2,42	17,9	2,9	20,3	37,6
ВИК 84	3,12	0,66	2,70	19,5	2,9	19,5	37,6
Наследник	3,03	0,65	2,65	18,9	2,8	19,8	37,4

По сумме незаменимых аминокислот выделились люцерна синегибридная Надежда, пестрогибридная Вега 87 и клевер луговой Наследник – 48,38-49,95 г/кг. Максимальное количество лизина было в растениях люцерны Вега 87 и Надежда –

7,86-7,90 г. По содержанию треонина выделился клевер ВИК-7 – 7,27-7,70, фенилаланина – синегибридная люцерна Надежда и пестрогибридная Вега 87 – 9,28-9,42 г/кг (таблица 3).

Таблица 3 – Содержание незаменимых аминокислот в растениях бобовых трав второго года жизни, г/кг сухой массы

Table 3 – The content of essential amino acids in plants legumes of the second year of life, g / kg dry weight

Вид/Type	Сорт/ Variety	Сумма кислот/ Amount of acids	В том числе/ Including			
			Лизин Lysine	Треонин Threonine	Изолейцин Isoleucine	Фенилаланин Phenylalanine
Люцерна Alfalfa	Надежда	49,95	7,86	6,94	5,77	9,42
	Вега 87	48,38	7,90	6,99	4,86	9,28
	Краснокутская ж	45,22	6,70	6,09	4,86	8,74
Клевер Clover	Вик 7	48,53	6,63	7,70	6,13	8,93
	Вик 84	48,23	6,46	7,27	6,32	8,95
	Наследник	49,17	6,77	7,70	7,07	8,85

Возделывание люцерны и клевера в наших опытах отличалось высокой рентабельностью 61-87 % и низкой себестоимостью зеленой массы – 118-123 руб./т.

Заключение. Сравнительная оценка возделывания ценных многолетних бобовых трав люцерны и клевера, проведенная в последние годы на орошаемых землях Нижнего Поволжья, свидетельствует о высоком кормовом и агроэкологическом потенциале этих культур. Клевер луговой, ранее не возделываемый в засушливых условиях юга Российской Федерации, в наших опытах формировал практически одинаковые урожаи, а по продуктивному долголетию превосходил люцерну. Так, на посевах второго года жизни урожайность люцерны изучаемых сортов изменялась от 69,2 до 83,4, клевера – 80,6-84,8 т/га зеленой массы. Клевер третьего года превосходил люцерну на 8,1-12,3, четвертого года – на 10,0-13,7 т/га зеленой массы. Кормовая ценность биомассы клевера достаточно высокая и если по количеству протеина он несколько уступал люцерне, то по содержанию других элементов (кормовых единиц, жира, БЭВ, обменной энергии) превосходил её.

Таким образом, клевер луговой на орошении в Нижнем Поволжье является ценной кормовой культурой, не уступающей люцерне по урожайности, продуктивному долголетию, кормовой ценности, а также по устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды. Эта культура может стать хорошим дополнением к люцерне. Использование клевера лугового, наряду с люцерной, позволит решить проблему роста объемов производства питательных кормов высокого качества, эффективного использования орошаемых земель в аридных зонах России, сохранения плодородия почвы.

Разработанные элементы технологии возделывания клевера лугового и люцерны проходят производственную проверку в лучших хозяйствах Волгоградской области : ООО СП «Донское» Калачевского, АО «Агрофирма «Восток» и ООО «Лидер» Николаевского района. Урожай бобовых трав в этих хозяйствах ежегодно составляет 40-60 т/га зеленой массы.

Библиографический список

1. Благовещенский Г.Д., Штырхунов В.Д., Конапчук В.В. Энерго-протеиновый потенциал трав и фуражных культур // Земледелие. 2016. №2. С. 21-23.
2. Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Молоканцева Е.И. Научные результаты исследований по многолетним травам // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. №3. С. 46-56.

3. Лобачева Т.И. Состояние и направление развития кормовой базы животноводства // Кормопроизводство. 2017. №8. С. 3-9.
4. Основные приемы формирования высокопродуктивных травостоев клевера лугового на орошаемых землях / Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, Е.И. Молоканцева, М.И. Карпов // Вестник РАСХН. №3. 2014. С. 28-30.
5. Ситников Н.П. Основные аспекты региональной стратегии кормопроизводства // Адаптивное кормопроизводство. 2016. №4. С. 35-41.
6. Шпаков, А.С. Средаобразующая роль многолетних трав и система ведения хозяйств в Нечерноземной зоне // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. науч. тр. Выпуск 5(53). М.: Угрешская типография, 2015. С. 120-129.
7. Щебарскова З.С., Кипаева Е.Г., Кадралиев Д.С. Продуктивность сортов люцерны посевной в Нижнем Поволжье // Российская сельскохозяйственная наука. 2017. №4. С. 27-28.
8. Dri matter yield and plant density of alfalfa as affected by cutting schedule and seeding rate / S. Katanski, D. Milic, D. Karagic et al. // Grassland Science in Europe. 2018. Vol. 23. P. 265-267.
9. Importance of alfalfa. USDA National Agricultural Statistics Service. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nass.usda.gov/>.
10. Forage production and use in the dairy farming systems of Northern Italy / P. Mantovi, A. Dal Pra, M.T. Pacchioli, M. Ligabue // Grassland Science in Europe. 2015. Vol. 20. P.67-77.
11. Forage crop yield and nutritive value under climate change in Canada / M-N.Thivierge, G. Jegou, G. Belanger, A. Bertrand et al. // Grassland Science in Europe. 2016. Vol. 21. P.826-828
12. Makiniemi K. M., Niskanen M. Seppanen Optimization of the harvesting time of pure lucerne (*Medicago sativa* L.) swards in Finland // Grassland Science in Europe. 2016. Vol. 21. P. 290-292.

Reference

1. Blagoveschenskij G. D., Shtyrhunov V. D., Konapchuk V. V. Jenergo-proteinovyy potencial trav i furazhnykh kul'tur // Zemledelie. 2016. №2. P. 21-23.
2. Dronova T. N., Burceva N. I., Molokanceva E. I. Nauchnye rezul'taty issledovaniy po mnogoletnim travam // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. №3. P. 46-56.
3. Lobacheva T. I. Sostoyanie i napravlenie razvitiya kormovoy bazy zhivotnovodstva // Kormoproduktstvo. 2017. №8. P. 3-9.
4. Osnovnye priemy formirovaniya vysokoproduktivnykh travostoev klevera lugovogo na oroshaemykh zemlyakh / T. N. Dronova, N. I. Burceva, E. I. Molokanceva, M. I. Karpov // Vestnik RASXN. №3. 2014. P. 28-30.
5. Sitnikov N. P. Osnovnye aspekty regional'noj strategii kormoproduktstva // Adaptivnoe kormoproduktstvo. 2016. №4. P. 35-41.
6. Shpakov, A. S. Sredoobrazuyuschaya rol' mnogoletnih trav i sistema vedeniya hozyajstv v Nечерноземной зоне // Многофункциональное адаптивное кормопroduktstvo: sb. nauch. tr. Vypusk 5(53). М.: Угрешская типография, 2015. P. 120-129.
7. Schebarskova Z. S., Kipaeva E. G., Kadraliev D. S. Produktivnost' sortov lyucerny posevnoy v Nizhnem Povolzh'e // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2017. №4. P. 27-28.
8. Dri matter yield and plant density of alfalfa as affected by cutting schedule and seeding rate / S. Katanski, D. Milic, D. Karagic et al. // Grassland Science in Europe. 2018. Vol. 23. P. 265-267.
9. Importance of alfalfa. USDA National Agricultural Statistics Service. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nass.usda.gov/>.
10. Forage production and use in the dairy farming systems of Northern Italy / P. Mantovi, A. Dal Pra, M.T. Pacchioli, M. Ligabue // Grassland Science in Europe. 2015. Vol. 20. P. 67-77.
11. Forage crop yield and nutritive value under climate change in Canada / M-N.Thivierge, G. Jegou, G. Belanger, A. Bertrand et al. // Grassland Science in Europe. 2016. Vol. 21. P. 826-828
12. Makiniemi K. M., Niskanen M. Seppanen Optimization of the harvesting time of pure lucerne (*Medicago sativa* L.) swards in Finland // Grassland Science in Europe. 2016. Vol. 21. P. 290-292.

Информация об авторах

Дронова Тамара Николаевна, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, Заслуженный деятель науки РФ, профессор. E-mail: tam.dronowa@yandex.ru

Бурцева Наталья Ивановна, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук.

E-mail: burceva.58@yandex.ru

Головатюк Ольга Владимировна, научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9). E-mail: vnioz@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.582: 631.524.84: 631.524.7: 633.11 (470.44/47)

DOI:10.32786/2071-9485-2019-03-7

**ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ, БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ ПРИЕМОМ НА
ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА
ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

**THE INFLUENCE OF PRECURSORS, BIOLOGICAL TECHNIQUES ON
PRODUCTIVITY AND QUALITY OF GRAIN
WINTER WHEAT IN THE LOWER VOLGA REGION**

А.В. Зеленев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е.В. Семинченко², младший научный сотрудник

A.V. Zelenev, E.V. Seminchenko

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Нижне-Волжский НИИ сельского хозяйства – филиал ФНЦ
агроэкологии РАН, Волгоградская область, Городищенский район,
пос. Областной сельскохозяйственной опытной станции

¹Volgograd State Agrarian University

²Nizhne-Volzhsky Research Institute of Agriculture - branch of the Federal Scientific Center
of Agroecology of RAS, Volgograd region, Gorodishchensky district,
Regional Agricultural Experiment Station

Дата поступления в редакцию 23.04.2019

Дата принятия к печати 05.08.2019

Received 23.04.2019

Submitted 05.08.2019

Исследования проводили на опытном поле Нижне-Волжского НИИСХ в условиях сухостепной зоны каштановая подзоны светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. Изучали предшественники озимой пшеницы: 1) пар черный (контроль); 2) пар сидеральный (озимая рожь); 3) пар сидеральный (рыжик); 4) горох и приемы биологизации (сидеральная масса озимой ржи, ярового рыжика и солома). Сумма осадков за 2013-2014; 2014-2015; 2015-2016 и 2016-2017 сельскохозяйственные годы соответственно составила 435,5; 266,8; 554,8 и 374,9 мм по отношению к среднемуголетнему значению 339,7 мм. Повторность четырехкратная. Площадь опытной делянки 200 м². Установлено, что самая низкая общая засоренность посевов озимой пшеницы к уборке обеспечивается по предшественникам черный и сидеральный пары (озимая рожь) соответственно 8 шт./м². Наибольшее количество продуктивных стеблей озимой пшеницы наблюдается по занятому сидеральному пару с озимой рожью – 388 шт./м². В этом же варианте обеспечивается самая высокая продуктивная кустистость – 2,3 шт. и масса 1000 зерен – 37,9 г. Наибольшая урожайность этой культуры формируется при возделывании в четырехпольных севооборотах по черному и сидеральному с озимой рожью парам соответственно 2,69 и 2,68 т/га. Самое качественное зерно получено по гороху с запашкой его соломы в почву: содержание белка – 15,1 %, клейковины – 36,3 %, ИДК – 109, стекловидность – 83 % и натура – 805 г/л. Областью применения рекомендаций является сухостепная зона Нижнего Поволжья.

The studies were carried out on the experimental field of the Lower Volga Research Institute of Agriculture in the dry steppe zone of the chestnut subzone of light chestnut soils of the Lower Volga. The precursors of winter wheat were studied: 1) black steam (control); 2) sideral steam (winter rye); 3) sideral steam (camelina); 4) peas and methods of biologization (green manure of winter rye, spring camelina and straw). The amount of precipitation for 2013-2014; 2014-2015; 2015-2016 and 2016-2017 agricultural years, respectively, amounted to 435,5; 266,8; 554,8 and 374,9 mm in relation to the long-term average value of 339,7 mm. Four repetition. The experimental plot area is 200 m². It was established that the lowest total weediness of winter wheat crops for harvesting is ensured by the precursors of black and green manure pairs (winter rye), respectively, 8 pcs / m². The largest number of productive stems of winter wheat is observed for the occupied sideral pair with winter rye - 388 pcs / m². In the same embodiment, the highest productive bushiness is provided – 2,3 pcs. and the weight of 1000 grains is 37,9 g. The highest yield of this crop is formed when cultivating in four-field crop rotation in black and green manure with winter rye, 2,69 and 2,68 t / ha, respectively. The highest quality grain was obtained from peas with a plow of its straw in the soil: protein content – 15,1%, gluten – 36,3%, IDK - 109, glassiness 83% and nature - 805 g / l. The scope of recommendations is the dry steppe zone of the Lower Volga.

Ключевые слова: предшественники, засоренность озимой пшеницы, продуктивность озимой пшеницы, качество зерна пшеницы.

Key words: predecessors, winter wheat weediness, winter wheat productivity, wheat grain quality.

Цитирование. Зеленев А.В., Семинченко Е.В. Влияние предшественников, биологизированных приемов на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 65-72. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-7.

Citation. Zelenев A.V., Seminchenko E.V. The influence of precursors, biological techniques on the productivity and grain quality of winter wheat in the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 65-72. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-7.

Введение. Стратегические преимущества развития зернового хозяйства в России обусловлены значимостью производства зерна в обеспечении национальной безопасности, возможностью с наибольшей эффективностью использовать разнообразные почвенно-климатические ресурсы [12]. В России озимая пшеница является основной продовольственной культурой. В современных условиях особую значимость имеет получение качественного зерна этой культуры. Среди агротехнических приемов особое значение имеют предшественники, влияние которых в урожае составляет 15-35 % [10]. В районах с недостаточным и неустойчивым увлажнением самым надежным предшественником озимой пшеницы является чистый пар. Однако формирование одного урожая в два года ведет к нерациональному использованию почвы, требуется значительно больше энергоемкости на единицу площади [7]. Замена черных паров на занятые (сидеральные пары) позволяет уменьшить в почве потери органического вещества.

Материалы и методы. Исследования проводили на опытном поле Нижне-Волжского НИИСХ. Почва опытного участка светло-каштановая с небольшой мощностью перегнойного горизонта и низким содержанием гумуса. В пахотном горизонте содержится 1,74-2,0 % гумуса, валовое содержание азота – 0,12 %, легкогидролизуемого – 2-7 мг на 100 г почвы, общего фосфора – 0,11 %, подвижного – 3-11 мг и обменного калия – 30-40 мг на 100 г почвы. Обеспеченность подвижным фосфором низкая, обменным калием средняя и высокая.

Объектом исследования была озимая пшеница, которая высевалась по следующим предшественникам: 1) черный пар (контроль); 2) сидеральный пар (озимая рожь); 3) сидеральный пар (яровой рыжик); 4) зернобобовая культура – горох.

Опыт закладывался согласно методикам сухостепной зоны Нижнего Поволжья. В контрольном варианте при основной обработке под черный пар в почву поступали только пожнивно-корневые остатки овса. При обработке под сидеральные пары в почву возвращались не только пожнивно-корневые остатки овса, но и его солома, а также в них возделывали сидеральные культуры, зеленая масса которых заделывалась в почву. В четвертом варианте под горох при основной обработке почвы заделывались пожнивно-корневые остатки и солома овса, а также после его уборки пожнивно-корневые остатки и солома этой культуры. Перед дискованием соломы овса вносили аммиачную селитру в расчете 10 кг д.в. на 1 т. Сидеральные культуры – озимую рожь и яровой рыжик – высевали весной. В первой декаде июня их массу задисковывали в почву на глубину 0,1-0,12 м. Основная обработка почвы – чизелевание на 0,3-0,32 м с оборотом поверхностного пласта на глубину 0,2-0,22 м орудием ОЧО-5-40 и многофункциональными рабочими органами модульного типа «РАНЧО» (отвал и широкое долото). Высевали озимую пшеницу Камышанка 5 нормой посева 3 млн всхожих семян на 1 га. Уход за черным паром традиционный. Уход за сидеральными парами заключался в проведении предпосевной культивации рыхлящими рабочими органами перед посевом озимой пшеницы осенью.

Результаты и обсуждение. Среди предшественников наибольшее сороочистительное действие оказывает чистый пар. За период парования при оптимальных метеорологических условиях удаляется до 60 % взошедших и отрастающих сорняков. У каждой зерновой культуры был набор специализированных сорняков, обладающих такой же биологией развития, как и культурное растение. Озимая пшеница за счет своей хорошей кустистости и густого травостоя подавляет действие сорной растительности [4].

На посевах озимой пшеницы после бобовых, выращиваемых на сидерат, отмечали самую низкую засоренность 71-76 шт./м². Количество сорных растений после бобовых на зерно оставалось больше – 83-113 шт./м². В посевах пшеницы после гороха отмечали наименьшее количество сеgetальных растений. После чистого пара засоренность находилась на одном уровне с бобовыми, выращиваемыми на зерно [9].

Мониторинг посевов озимой пшеницы к уборке показал, что на засоренность влияли предшественники и приемы биологизации (рисунок 1).

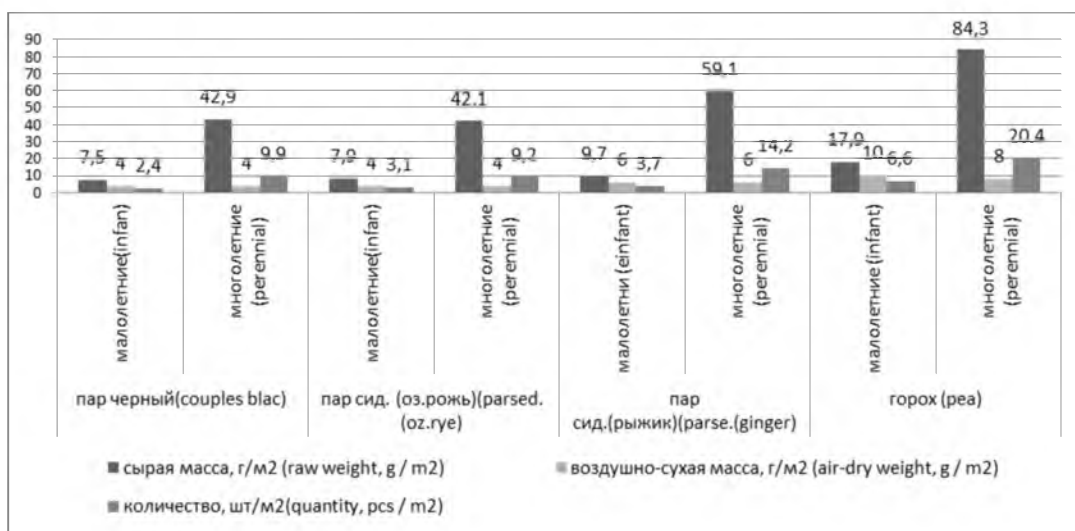


Рисунок 1 – Засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от предшественников и приемов биологизации (среднее за 2014-2017 гг.)

Figure 1 – Infestation of winter wheat crops depending on predecessors and methods of biologization (average for 2014-2017)

Из данных рисунка 1 видно, что за четыре года исследований наибольшая общая засоренность посевов озимой пшеницы к уборке наблюдалась по предшественнику горох и составляла 18 шт./м², в т.ч. 8 шт. многолетних и 10 шт. малолетних сорняков. Меньшая – обеспечивается по предшественникам черный и сидеральный пары (озимая рожь) соответственно 8 шт./м², по 4 шт. сорняков обеих групп. При возделывании озимой пшеницы по сидеральному пару с яровым рыжиком общая засоренность составляла 12 шт./м², по 6 шт. сорняков каждой группы. По классификации А.С. Шинкаренко и А.П. Силкина засоренность посевов озимой пшеницы малолетними сорняками является слабой. По многолетней сорной растительности она средняя в вариантах размещения озимой пшеницы по черному пару и сидеральному с озимой рожью и сильная при размещении по сидеральному пару с рыжиком и гороху. Такая же закономерность прослеживается по сырой и воздушно-сухой массе сорной растительности в посевах озимой пшеницы к ее уборке в зависимости от предшественников и применяемых приемов биологизации.

Исследованиями установлено, что у озимой пшеницы наибольшее количество растений перед уборкой обеспечивается при возделывании по чистому и занятому парам соответственно 264 и 265 шт./м², по гороху – 255 шт./м². По предшественнику чистый пар было самое высокое количество продуктивных стеблей – 672 шт./м², что влияет на коэффициент продуктивной кустистости – 2,5. Незначительные отличия наблюдаются по предшественнику занятый пар, соответственно 658 шт./м² и 2,5. По гороху эти показатели соответственно составляли 649 шт./м² и 2,5 [1, 6].

Предшественники, в т.ч. сидеральные культуры, а также пожнивно-корневые остатки и солома возделываемых культур оказывали огромное влияние на продуктивность растений озимой пшеницы (рисунок 2).

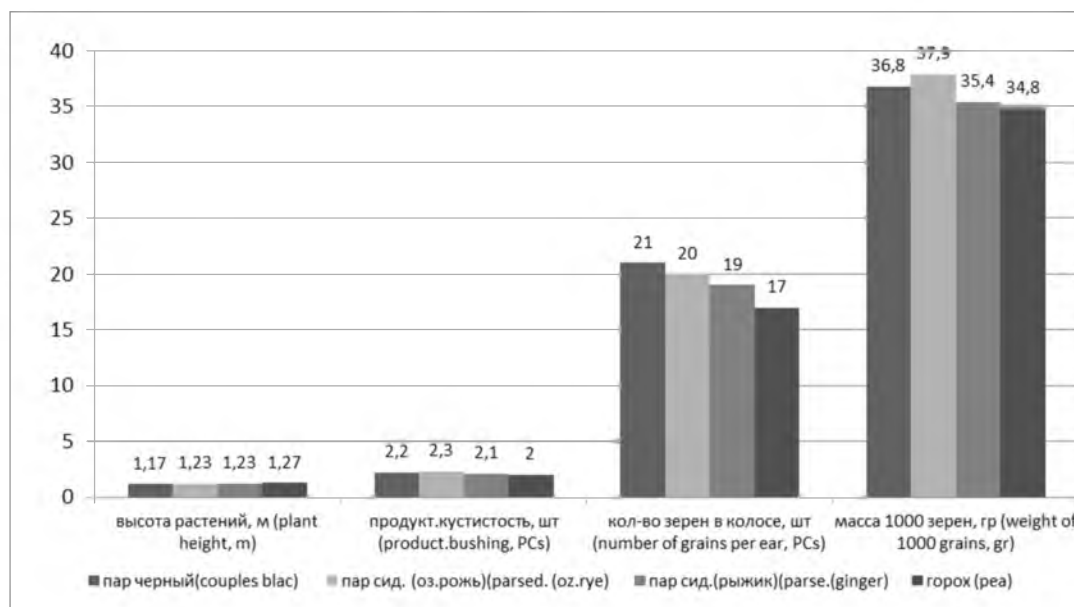


Рисунок 2 – Влияние предшественников и приемов биологизации на элементы структуры урожая озимой пшеницы (среднее за 2014-2017 гг.)

Figure 2 – Influence of precursors and biologization techniques on elements winter wheat yield structure (2014-2017 average)

Анализ данных рисунка 2 показал, что за годы исследований по занятому сидеральному пару (озимая рожь) количество продуктивных стеблей озимой пшеницы было самое высокое – 388 шт./м², немного ниже этот показатель по предшественнику пар

черный – 385 шт./м². По предшественникам пар сидеральный с рыжиком и гороху соответственно 375 и 373 шт./м² отмечается наименьшее количество продуктивных стеблей озимой пшеницы.

Количество стеблей, имеющих колосья на единице площади, определяется числом сохранившихся растений и их продуктивной кустистостью, которые, в свою очередь, зависят от нормы высева семян, всхожести, сохранности в осенне-зимний и весенне-летний периоды, условий вегетационного периода, а также массы органического вещества, поступающего в почву. Продуктивная кустистость озимой пшеницы при возделывании по сидеральному пару с озимой рожью – 2,3; по черному пару – 2,2. Уступают по этому показателю предшественники пар сидеральный с яровым рыжиком и горох.

Количество зерен в колосе озимой пшеницы колебалось от 17 шт. в варианте с предшественником горох до 21 шт., где предшественником этой культуры был черный пар.

Самая высокая масса 1000 зерен озимой пшеницы обеспечивается при возделывании по предшественнику сидеральный пар с озимой рожью – 37,9 г. По черному пару этот показатель равняется 36,8 г., по сидеральному с яровым рыжиком – 35,4 г. Самая низкая масса 1000 зерен обеспечивается при выращивании этой культуры по непаровому предшественнику горох – 34,8 г.

На светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья озимая пшеница формирует среднюю урожайность, которая находится в очень тесной зависимости от предшественников и структуры урожая этой культуры. Исследованиями установлено, что лучшим предшественником озимой пшеницы является черный пар: урожайность этой культуры по нему была на 1,27 т/га выше, чем по непаровым предшественникам, преимущество чистого пара перед занятым составляет 1,17 т/га. Сидеральные культуры обеспечивают прибавку урожая первой культуры на 0,5-0,9 т/га [2, 3, 8]. Возделывание озимой пшеницы в севообороте по сидеральному пару с озимой рожью не снижает урожайности этой культуры по сравнению с чистым паром (рисунок 3).

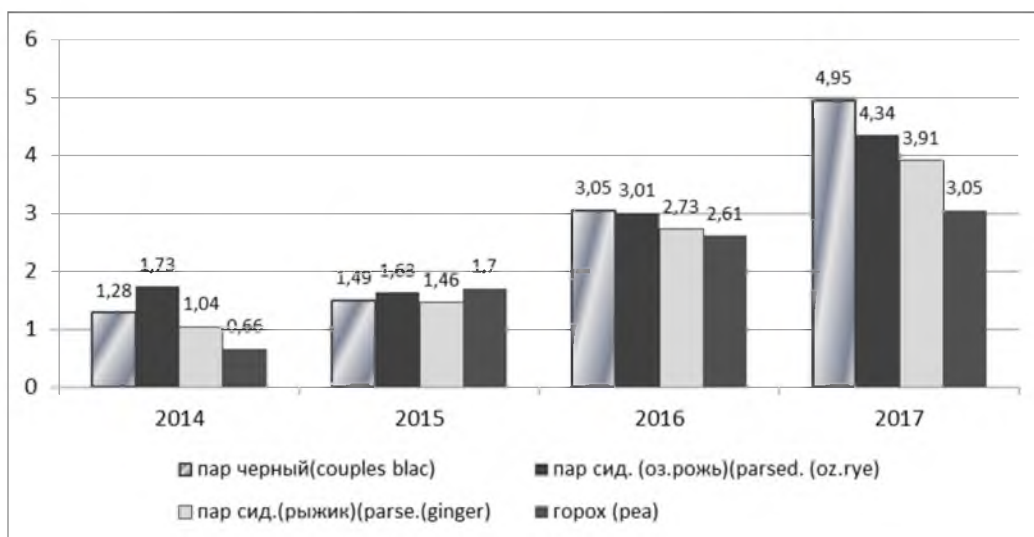


Рисунок 3 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости от приема биологизации и предшественников, т/га

Figure 3 – winter wheat Yield depending on intake biologization and precursors, t / ha

Данные рисунка 3 показывают, что в 2017 г. урожайность озимой пшеницы была самая высокая, в остальные годы она формировалась на среднем уровне. За годы исследований в среднем самая высокая урожайность озимой пшеницы была при возделывании

вании в четырехпольных севооборотах по черному и сидеральному с озимой рожью парам соответственно 2,69 и 2,68 т/га. В шестипольном севообороте по сидеральному пару с рыжиком и восьмипольном севообороте по гороху при возделывании озимой пшеницы урожайность в сравнении с контролем снижается соответственно на 0,4 и 0,68 т/га или 17,5 и 33,8 %.

Результаты исследований показывают, что зерно озимой пшеницы, полученное по чистому пару, имело более высокое содержание белка и клейковины – соответственно 13,4 и 34,9 %. Существенных различий по ИДК не наблюдается: после чистого пара 78,4, занятого – 79,1, что соответствует второй группе качества. Наиболее полное зерно озимой пшеницы по массе 1000 зерен формировалось при ее возделывании после чистого пара – 38,3 г. В варианте после занятого пара масса 1000 зерен составила 37,3 г [5, 11].

Погодные условия при вегетации озимой пшеницы, характерные для данной зоны, дополнительное поступление в почву органического вещества, а с ним элементов питания, особенно азота, а также предшественники значительно влияли на качество зерна этой культуры (таблица 1).

Таблица 1 – Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от приемов биологизации и предшественников (среднее за 2014-2017 гг.)

Table 1-Quality of winter wheat grain depending on methods biologization and predecessors (average over 2014-2017)

№ варианта No. option	Предшественник, прием биологизации Predecessor, the reception of the biological function of the	Сырой протеин (белок), % Crude protein (protein), %	Количество сырой клейковины, % Quantity of wet gluten, %	Качество сырой клейковины, ИДК Quality of wet gluten, IDK	Стекло-видность, % Vitreousness, %	Натура, г/л Nature, g/l
1(к)	Пар черный Couples black	13,6	32,9	100	79	795
2	Пар сидеральный (озимая рожь) Green manure couples (winter rye)	13,7	33,9	105	82	801
3	Пар сидеральный (яровой рыжик) Green manure couples (spring ginger)	13,1	27,3	96	75	785
4	Горох (солома) Peas (straw)	15,1	36,3	109	83	805

Из таблицы 1 видно, что содержание белка в зерне озимой пшеницы зависит от предшественников и биологизированных приемов. Самое высокое содержание обеспечивается при возделывании по гороху – 15,1 %. В остальных вариантах этот показатель был на уровне с черным паром и составил 13,1-13,7 %. Содержание сырой клейковины самое высокое в варианте возделывания озимой пшеницы по гороху – 36,3 %. Это соответствует высшему классу. Возделывание озимой пшеницы по сидеральному пару с озимой рожью способствует повышению содержания сырой клейковины в зерне по сравнению с черным паром на 1 %, что соответствует первому классу. И только предшественник сидеральный пар с рыжиком снижает этот показатель по сравнению с черным паром на 5,6 %, что соответствует третьему классу. Зерно озимой пшеницы по качеству сырой клейковины в единицах ИДК соответ-

ствуется третьему классу и колеблется от 96 до 109 единиц в зависимости от вариантов опыта. Самая высокая стекловидность зерна обеспечивается у озимой пшеницы, которая возделывается по сидеральному пару с озимой рожью и гороху соответственно 82 и 83 %, что выше, чем по предшественнику черный пар. Выращивание озимой пшеницы по сидеральному пару с рыжиком снижает стекловидность зерна. Следует отметить, что по стекловидности зерно озимой пшеницы во всех вариантах соответствовало первому и второму классу. Более выполненное зерно было у озимой пшеницы, возделываемой по гороху – 805 г/л, менее выполненное при выращивании по сидеральному пару с рыжиком – 785 г/л. Однако несмотря на это, зерно во всех вариантах соответствовало высокому первому и второму классам.

Заключение. В засушливых условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья для обеспечения плодородия почвы, повышения продуктивности и производства зерна озимой пшеницы рекомендуется возделывать эту культуру в четырехпольном севообороте по занятому пару с озимой рожью на сидерат. Для повышения качества зерна озимой пшеницы необходимо размещать ее в севообороте по гороху, солома которого запахивается в почву.

Библиографический список

1. Галиченко И.И. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников // Земледелие. 2012. №1. С. 35-36.
2. Гурин А.Г., Чадаев И.М. Влияние бобовых предшественников на засоренность посевов озимой пшеницы // Земледелие. 2018. №4. С. 22-24.
3. Зеленев А.В., Уришев Р.Х., Семинченко Е.В. Эффективность средств биологизации в полевых севооборотах сухостепной зоны Нижнего Поволжья / А.В. Зеленев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. №1. С. 63-69.
4. Иванов Е.А., Чибис В.В., Партушин Е.И. Урожайность полевых культур при возделывании в севооборотах лесостепи Западной Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. №5. С. 16-20.
5. Левкина К.В., Михальчева Е.А. Продуктивность сортов озимой твердой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. №3. С. 158-165.
6. Морозов В.И., Подсевалов М.И., Аюпов Д.Э. Качество зерна озимой пшеницы при биологизации севооборотов лесостепи Поволжья // Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии. 2016. №1. С. 33-39.
7. Рудой Н.Г., Трубников Ю.Н. Продуктивность зернопаропропашного севооборота на черноземах в Приенисейской Сибири // Вестник КрасГАУ. 2016. №1. С. 134-138.
8. 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.
9. Сорта яровой пшеницы в сухостепной зоне каштановых почв Волгоградской области / А.В. Зеленев, И.Н. Маркова, В.Н. Питоня, П.А. Смутнев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. №4. С. 39-45.
10. Урожайность яровой твердой пшеницы в зависимости от гидротермических условий на светло-каштановых почвах Волгоградской области / В.В. Балашов, А.В. Балашов, К.В. Левкина, К.А. Кудина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. №4. С. 29-35.
11. 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.

12. Selection of winter wheatpredecessors in cborrotations of tne Volga region forest steppe / A.L. Tolgildin, V.L. Morozov, M.I. Podsevalov, Y.M. Isaev, I.A. Toigilina // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. №6. P. 2203-2209.

Reference

1. Galichenko I. I. Urozhajnost' ozimoy pshenicy v zavisimosti ot predshestvennikov // Zemledelie. 2012. №1. P. 35-36.
2. Gurin A. G., Chadaev I. M. Vliyanie bobovyh predshestvennikov na zasorennost' posevov ozimoy pshenicy // Zemledelie. 2018. №4. P. 22-24.
3. Zelenev A. V., Urishev R. H., Seminchenko E. V. Jeffectivnost' sredstv biologizacii v polevyh sevooborotah suhostepnoj zony Nizhnego Povolzh'ya / A. V. Zelenev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. №1. P. 63-69.
4. Ivanov E. A., Chibis V. V., Partushin E. I. Urozhajnost' polevyh kul'tur pri vozdelevanii v sevooborotah lesostepi Zapadnoj Sibiri // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. №5. P. 16-20.
5. Levkina K. V., Mihal'cheva E. A. Produktivnost' sortov ozimoy tverdoj pshenicy na svetlo-kashtanovyh pochvah Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. №3. P. 158-165.
6. Morozov V. I., Podsevalov M. I., Ayupov D. Je. Kachestvo zerna ozimoy pshenicy pri biologizacii sevooborotov lesostepi Povolzh'ya // Vestnik Ul'yanovskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2016. №1. P. 33-39.
7. Rudoj N. G., Trubnikov Yu. N. Produktivnost' zernoparopropashnogo sevooborota na chernozemah v Prienisejskoj Sibiri // Vestnik KrasGAU. 2016. №1. P. 134-138.
8. 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.
9. Sorta yarovoj pshenicy v suhostepnoj zone kashtanovyh pochv Volgogradskoj oblasti / A. V. Zelenev, I. N. Markova, V. N. Pitonya, P. A. Smutnev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. №4. P. 39-45.
10. Urozhajnost' yarovoj tverdoj pshenicy v zavisimosti ot gidrotermicheskikh uslovij na svetlo-kashtanovyh pochvah Volgogradskoj oblasti / V. V. Balashov, A. V. Balashov, K. V. Levkina, K. A. Kudina // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. №4. P. 29-35.
11. 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 interfluve // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2018. Vol. 13. №3. P. 216-223.
12. Selection of winter wheatpredecessors in cborrotations of tne Volga region forest steppe / A.L. Tolgildin, V.L. Morozov, M.I. Podsevalov, Y.M. Isaev, I.A. Toigilina // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. №6. P. 2203-2209.

Информация об авторах

Зеленев Александр Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Профессор кафедры «Земледелие и агрохимия», ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет; 400002, РФ, г.Волгоград, Университетский проспект, 26

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922> E-mail: zelenev.a@bk.ru

Семинченко Елена Валерьевна, научный сотрудник, соискатель лаборатории земледелия и защиты растений НВНИИСХ – филиала агроэкологии РАН, Российская Федерация, 403013, Волгоградская область, Городищенский район, пос. Областной сельскохозяйственной опытной станции;

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3155-9563> E-mail: eseminchenko@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 633.15:631.445.4

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-8

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО, ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ ПО СИСТЕМЕ СТРИП-ТИЛЛ НА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

PRODUCTIVITY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF CORN FOR GRAIN, CULTIVATED ACCORDING TO THE STRIP-TILL SYSTEM ON THE BLACK-EARTH SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

В.М. Иванов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.В. Кубарева, аспирант

V.M. Ivanov, A.V. Kubareva

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 17.06.2019

Дата принятия к печати 02.09.2019

Received 17.06.2019

Submitted 02.09.2019

Изложены результаты трехлетних исследований по разработке инновационной технологии возделывания кукурузы на зерно Стрип-тилл в степной зоне черноземных почв Волгоградской области. В трехфакторном опыте, поставленном методом расщепленной делянки, изучено влияние предшественников (А1 – озимая пшеница по черному пару, А2 – кукуруза на зерно, А3 – подсолнечник), удобрений (В1 – без удобрений, В2 – $N_{50}P_{16}K_{16}$, В3 – $N_{66}P_{32}K_{32}$ и норм высева (С1 – 50 тыс./га всхожих семян, С2 – 60 тыс./га, С3 – 70 тыс./га) на продуктивность культуры и экономическую эффективность производства зерна кукурузы. Опыты проводились в ЗАО «Краснокоротковское» Новоаннинского района на южном черноземе с содержанием гумуса 4,7 %, pH-7,5, общего азота – 84,7 мг/кг, подвижного фосфора – 43,4, обменного калия – 395,0 мг/кг. Обеспеченность указанными элементами питания очень низкая (азот), повышенная (фосфор и калий). Самая высокая хозяйственная урожайность по фактору предшественник в среднем за 2013 – 2015 гг. получена после озимой пшеницы – 5,524 т/га. По самой кукурузе она уменьшилась на 0,348, а после подсолнечника – на 2,073 т/га. По фактору В максимальная урожайность достигнута при внесении удобрений нормой $N_{66}P_{32}K_{32}$ – 5,324 т/га, а по фактору С на варианте нормы высева 60 тыс./га – 4,810 т/га. Наивысшая средняя урожайность в опыте – 6,301 т/га получена на варианте А1В3С3, где сочетание изучаемых факторов оказалось оптимальным. На нем получены и лучшие результаты по чистому доходу и рентабельности – 28411 руб./га и 210,0 %. Несколько меньшими они оказались по зерновой кукурузе – 25986 руб./га и 192,4 %, а по подсолнечнику снизились до 13431 руб./га и 100,3 %.

The results of three years of research on the development of an innovative technology for the cultivation of corn for strip strip crops in the steppe zone of chernozem soils in the Volgograd region are presented. In the three-factor experiment, put by the method of split plots, the influence of the predecessors (A1 - winter wheat for black couple, A2 - corn for grain, A3 - sunflower), fertilizers (B1 - without fertilizers, B2 - $N_{50}P_{16}K_{16}$, B3 - $N_{66}P_{32}K_{32}$ and seeding rates (C1 - 50 thousand / ha of viable seeds, C2 - 60 thousand / ha, C3 - 70 thousand / ha) for crop productivity and economic efficiency of corn grain production. The experiments were conducted in the CJSC Krasnokorotkovskoye Novoanninsky district on the southern chernozem containing humus 4.7%, pH-7.5, total nitrogen - 84.7 mg / kg, rolling phosphoric acid - 43.4, exchangeable potassium - 395.0 mg / kg, the supply of these nutrients is very low (nitrogen), increased (phosphorus and potassium). The highest economic yields according to the predecessor factor on average for 2013 - 2015 were obtained after winter wheat - 5.524 t / ha, for corn itself, it decreased by 0.348, and after sunflower by 2.073 t / ha. According to factor B, the maximum yield was achieved when fertilizing with the $N_{66}P_{32}K_{32}$ standard - 5.324 t / ha, thousand / ha - 4.810 t / ha. The highest average yield in the experiment - 6.301 t / ha was obtained on variant A1B3C3, where the combination of the studied factors turned out to be optimal. It obtained the best results in net income and profitability - 28,411 rubles / ha and 210.0%. They were slightly smaller for grain corn - 25,986 rubles / ha and 192.4%, while for sunflower they dropped to 13,431 rubles / ha and 100.3%.

Ключевые слова: кукуруза на зерно, приемы агротехники кукурузы, стрип-тилл, продуктивность посевов.

Key words: corn for grain, agrotechnical methods of grain, strip-till, productivity of crops.

Цитирование. Иванов В.М., Кубарева А.В. Продуктивность и экономическая эффективность кукурузы на зерно, возделываемой по системе Стрип-тилл, на черноземных почвах Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2019. 3 (55). 73-79. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-8.

Citation. Ivanov V.M., Kubareva A.V. (2019): Productivity and economic efficiency of corn for grain, cultivated according to the Strip-till system, on the black-earth soils of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3 (55). 73-79. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-8.

Введение. Применение полосной технологии обработки почвы Strip-Till позволит уменьшить эрозию и снизить затраты на ГСМ, используемые в процессе обработки за счет снижения ширины обрабатываемой части почвы. Данная технология способна обеспечить увеличение гумусового слоя и повышение в почве содержания необходимых минеральных веществ и органических удобрений, поскольку позволяет вносить удобрения до посева или непосредственно во время высева семян [5]. Многие авторы основным направлением при возделывании зерновой кукурузы считают ресурсосберегающие технологии, обеспечивающие оптимизацию структуры затрат, снижение доз минеральных удобрений, что дает возможность увеличить рентабельность производства до 58 % [2, 3, 4, 1, 9]. Для получения высокой урожайности культуры необходимо строго соблюдать технологию возделывания, использовать раннеспелые гибриды, применять гербициды и минеральные удобрения [6]. В штате Иллинойс (США) изучение размещения удобрений фосфорных и калийных по системам no-till и strip-till показало, что улучшенные условия для поглощения питательных веществ обеспечивают конкурентное преимущество для формирования урожая зерна кукурузы при полосовой обработке по сравнению с вариантом без обработки почвы [8, 7]. Экологические и экономические проблемы заставляют производителей задуматься о целесообразности применения инновационных систем обработки почвы, и в частности таких, как нулевая (no-till) и полосная технология (strip-till) [10].

Материалы и методы. В 2013 – 2015 гг. исследования по разработке технологии выращивания зерновой кукурузы, выращиваемой по системе Стрип-тилл, проводили в ЗАО «Краснокоротковское» Новоаннинского района Волгоградской области. Опыт трехфакторный поставлен методом расщепленной делянки: фактор А – предшественник (А1 – озимая пшеница по черному пару, А2 – кукуруза на зерно, А3 – подсолнечник); фактор В – фона удобрений: В1 – контроль, В2 – N50P16K16 (N16P16K16 – основное внесение + N34 в подкормку по вегетации), В3 – N66P32K32 (N32P32K32 – основное внесение + N34 в подкормку) и фактор С – нормы высева (С1 – 50, С2 – 60 и С3 – 70 тыс./га всхожих семян). Общая площадь делянки третьего порядка составляла 228 м², учетной – 182 м². Почва – южный чернозем, с содержанием гумуса 4,7%, pH-7,5, общего азота – 84,7 мг/кг (обеспеченность очень низкая), подвижного фосфора – 43,4 (повышенная), обменного калия – 395,0 мг/кг (повышенная). Использовали раннеспелый гибрид НК Гитаго (ФАО 200).

При технологии Стрип-тилл поле готовили с осени и начинали с гербицидной обработки против сорняков, применяя препарат Рап, 36 % ВР в дозе 4 л/га авиаспособом. Затем нарезались полосы: в 2012 г. – 11 октября, 2013 г. – 10 октября и 2014 г. – 14 октября культиватором Ортман (глубина 0,23 – 0,25 м, ширина 0,25 м) с одновременным внесением удобрений в жидком виде на глубину рыхления. Посев проводили б-рядной пропашной французской сеялкой Моносем на глубину 0,6 – 0,7 м при ширине междурядий 0,76 м. Сеяли культуру 22 апреля в 2013 г., 5 мая в 2014 г. и 26 мая в 2015 г. По уходу за посевами в фазу 3 – 5 листьев кукурузы использовали гербицид Балери-

на, 41,7 % СЭ при норме расхода 0,4 л/га и подкормку аммиачной селитрой в жидком виде в дозе N34 на вариантах N₁₆P₁₆K₁₆ и N₃₂P₃₂K₃₂. Комбайном Акрос 530 с кукурузной жаткой Орош проводили уборку культуры при влажности зерна не более 22 %, затем её доводили на элеваторе до стандартной – 14 %.

Погодные условия в период «посев – полная спелость» кукурузы складывались по-разному. Так, в 2013 г. за указанный период атмосферных осадков выпало 199 мм, 2014 г. – 127 и в 2015 г. – 235 мм. Средняя относительная влажность воздуха была 30 %, 27 и 31 %, а среднесуточная температура воздуха 23,0 °С, 27,1 и 23,7 °С соответственно. Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2013 г. оценивался как засушливый и составил 0,75, в 2014 г. – очень засушливый (0,42) и в 2015 г. – засушливый (0,92).

Результаты и обсуждение. Проведенные исследования показали, что динамика влажности почвы в метровом слое в среднем за 2013 - 2015 гг. была благоприятней после озимой пшеницы и кукурузы при применении минерального питания N₆₆P₃₂K₃₂ (рисунок 1).

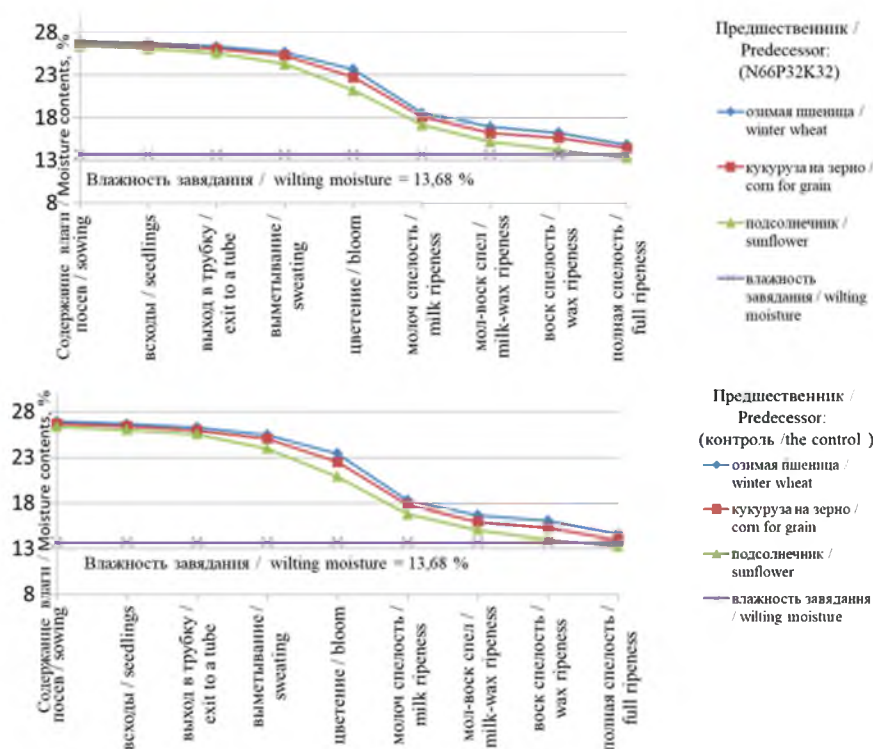


Рисунок 1 – Динамика влажности почвы в слое 0 – 1,0 м по разным предшественникам, дозам удобрений при 60 тыс./га в 2013...2015 гг., %

Figure 1 – Dynamics of soil moisture in the 0 - 1.0 m layer for different predecessors, fertilizer doses at 60 thousand / ha in 2013 ... 2015, %

Запасы продуктивной влаги под культурой в течение вегетации также были более высокими на указанных выше вариантах. Ко времени уборки после озимой пшеницы на удобренном варианте N₆₆P₃₂K₃₂ они составили 260 м³/га, а по подсолнечнику на контроле (без удобрений) – 134 м³/га (рисунок 2).

На урожайность кукурузы в годы проведения исследований оказывали влияние как погодные условия, так и изучаемые факторы – предшественники, удобрения и нормы высева. По фактору А средняя урожайность зерна по предшественнику – озимая пшеница – составила 5,524 т/га, а по зерновой кукурузе и подсолнечнику она уменьшилась на 0,348 и 2,073 т/га. По фактору В лучшие результаты отмечены при внесении минерального питания в варианте N₆₆P₃₂K₃₂ – 5,324 т/га, а по фактору С на норме высева 60 тыс./га всхожих семян – 4,810 т/га (таблица 1).

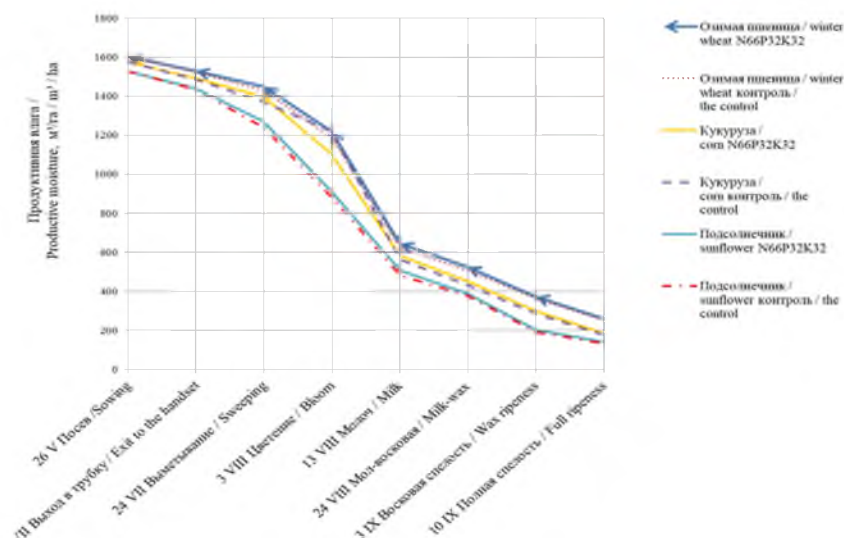


Рисунок 2 – Запасы продуктивной влаги в слое 0 – 1,0 м по предшественникам, дозам удобрений при норме высева 60 тыс./га в 2013...2015 гг., м³/га

Figure 2 – Stocks of productive moisture in a layer of 0 - 1.0 m according to predecessors, fertilizer doses at a sowing rate of 60 thousand / ha in 2013 ... 2015, m³ / ha

Таблица 1 – Урожайность кукурузы в зависимости от предшественника, удобрения и нормы высева в 2013 – 2015 гг., т/га

Table 1 – Corn yield depending on the predecessor, fertilizer and sowing rate in 2013 - 2015, t / ha

Факторы	2013 г.			2014 г.			2015 г.		
							средняя за 2013...2015 гг.		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
A	6,615	6,310	4,790	4,695	4,293	2,142	5,263	4,926	3,421
							5,524	5,176	3,451
B	B1 – 4,842 B2 – 6,039 B3 – 6,835			B1 – 3,190 B2 – 3,785 B3 – 4,154			B1	4,012	
								4,024	
							B2	4,614	
								4,813	
							B3	4,984	
								5,324	
C	C1 – 5,570 C2 – 6,081 C3 – 6,065			C1 – 3,814 C2 – 3,734 C3 – 3,581			C1	4,488	
								4,624	
							C2	4,615	
								4,810	
							C3	4,506	
								4,717	

НСР05 2013 г.: A,B,C = 0,064, AB, AC, BC = 0,110, ABC = 0,064; НСР05 2014 г.: A,B,C = 0,061, AB, AC, BC = 0,106, ABC = 0,061; НСР05 2015 г.: A,B,C = 0,066, AB, AC, BC = 0,114, ABC = 0,066

Себестоимость производства зерна, прибыль и уровень рентабельности – важнейшие показатели для предприятия в рыночных условиях при выращивании культуры. Основное направление по снижению затрат реализуется в ресурсосберегающей технологии Стрип-тилл, в которой создаются оптимальные условия для получения прибыли. Экономическая эффективность выращивания кукурузы по указанной технологии выполнена в среднем за 2013 ... 2015 гг. по ценам 2018 г. (таблица 2).

Таблица 2 – Экономическая эффективность возделывания кукурузы по разным предшественникам, удобрениям и нормам высева по ценам 2018 г., среднее за 2013...2015 гг.

Table 2 – The economic efficiency of cultivating corn for different predecessors, fertilizers and sowing rates at prices of 2018, the average for 2013 ... 2015

Варианты опыта Variants of experience	Урожайность, т/га Productivity, t / ha	Затраты средств, руб./га Cost of funds, rub / ha	Себестоимость производства, руб./т Cost of production rub / t	Прибыль, руб./га Profit rub / ha	Уровень рентабельности, % Level Profitability, %
A1B1C1	4,617	12675	2745	15951	125,9
A1B1C2	4,822	13159	2729	16737	127,2
A1B1C3	4,747	13643	2874	15788	115,7
Средняя/ Average	4,728	13159	2783	16159	122,9
A1B2C1	5,522	13835	2509	20381	147,1
A1B2C2	5,780	14319	2477	21519	150,3
A1B2C3	5,641	14803	2711	19053	128,7
Средняя/ Average	5,587	14319	2565	20317	142,0
A1B3C1	6,074	14204	2338	23457	165,2
A1B3C2	6,301	14688	2331	24378	166,0
A1B3C3	6,213	15072	2426	23448	155,6
Средняя/ Average	5,987	14654	2365	23761	162,3
A2B1C1	4,270	12659	2965	13813	109,1
A2B1C2	4,477	13143	2936	14613	111,2
A2B1C3	4,412	13623	3087	13734	100,8
Средняя/ Average	4,386	13142	2996	14053	107,0
A2B2C1	5,172	13819	2672	18247	132,0
A2B2C2	5,466	14303	2616	19590	137,0
A2B2C3	5,285	14787	2798	18027	121,9
Средняя/ Average	5,307	14303	2695	18621	130,3
A2B3C1	5,716	14199	2484	21241	149,6
A2B3C2	5,933	14672	2473	22112	150,7
A2B3C3	5,853	15156	2589	21135	139,4
Средняя/ Average	5,834	14676	2515	21496	146,5
A3B1C1	2,904	12577	4331	5427	43,1
A3B1C2	2,965	13061	4405	5322	40,7
A3B1C3	2,917	13545	4443	5125	39,5
Средняя/ Average	2,928	13061	4393	5291	41,1
A3B2C1	3,473	13737	3955	7797	56,8
A3B2C2	3,513	14221	4048	7559	53,2
A3B2C3	3,464	14705	4245	6772	46,0
Средняя/ Average	3,483	14221	4083	7376	52,0
A3B3C1	3,869	14106	3645	9885	70,1
A3B3C2	4,030	14590	3620	10397	71,3
A3B3C3	3,927	15074	3838	9275	61,5
Средняя/ Average	3,942	14590	3701	9852	67,6

Анализируя полученные данные, мы можем утверждать, что более выгодным предшественником была озимая пшеница на удобренном варианте N₆₆P₃₂K₃₂ при норме высева 60 тыс./га, где себестоимость производства зерна составила 2331 руб./т, при-

быль – 24378 руб./га и уровень рентабельности – 166,0 %. По кукурузе и подсолнечнику себестоимость была на 142 и 1289 руб./т больше, прибыль и уровень рентабельности уменьшились до 22112 и 10397 руб./т, 150,7 и 71,3 % соответственно.

Заключение. Полученные данные позволяют утверждать:

- по фактору А лучший результат урожайности получен по предшественнику озимая пшеница, идущая по черному пару;
- по фактору В самая высокая продуктивность кукурузы достигнута при применении минерального удобрения в варианте $N_{66}P_{32}K_{32}$;
- по фактору С оптимальной оказалась норма высева 60 тыс./га всхожих семян;
- экономически наиболее эффективным по технологии Стрип-тилл является производство зерна кукурузы на варианте $A_1B_3C_2$ – по предшественнику озимая пшеница при внесении удобрений $N_{66}P_{32}K_{32}$ и норме высева 60 тыс./га, где себестоимость его составила 2331 руб./т, прибыль – 24378 руб./га и уровень рентабельности 166,0 %. Несколько уступает как предшественник сама кукуруза на зерно на аналогичных вариантах удобрения и нормы высева, и сильно отстает предшественник подсолнечник.

Библиографический список

1. Агроэкономическая эффективность технологий различной степени интенсификации / С.И. Тютюнов, Н.М. Доманов и др. // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 9. С. 7-9.
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. Иванов В.М., Кубарева А.В. Водопотребление и урожайность кукурузы на зерно в зависимости от предшественников и агрофонов при возделывании по системе Стрип-тилл в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4. С. 58-64.
4. Иванов В.М., Кубарева А.В. Фотосинтетическая деятельность и формирование урожайности при выращивании кукурузы на зерно по технологии Стрип-тилл на черноземах южных // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 75-81.
5. Киргинцев Б.О., Кокошин С.Н. Strip-till (Стрип-тилл) как перспективная технология возделывания зерновых культур в Тюменской области // Молодой ученый. 2015. № 6-5 (86). С. 4-7.
6. Сибирский филиал ВНИИ кукурузы: итоги работы / В.С. Ильин, А.М. Логинова и др. // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 2. С. 1-8.
7. Corn Residue Baling and Grazing Impacts on Soil Carbon Stocks and Other Properties on a Haplustoll / S. Ruis. C. Burrb, B. Olsonc, M. Reimanc // Science Society of America Journal. 2017. No 1. P. 202-213. doi:10.2136/sssaj2017.05.0177
8. Fabián G., C. Fernández. White No-Till and Strip-Till Corn Production with Broadcast and Subsurface-Band Phosphorus and Potassium // Science Society of America Journal. 2012. No 4. P. 996-1005. doi:10.2134/agronj2012.0064
9. Ivanov V.M., Kubareva A.V. Optimization of innovative strip-till technology of maize cultivation for grain on chernozem soils in steppe zone of Volgograd region // Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018. 13 (3). P. 224–231. doi: 10/22363/2312-797X-2018-13-3-224-231.
10. Sweeney Daniel W. Tillage, Seeding Rate and Fertilizer Placement for Corn Grown in Claypan Soil under Low-yielding Conditions // Crop, Forage and Turfgrass Management. 2015. No 1. – cftm2015.0217. doi:10.2134/cftm2015.0217

Reference

1. Agrojekonomicheskaya jeffektivnost' tehnologij razlichnoj stepeni intensifikacii / S. I. Tyutyunov, N. M. Domanov i dr. // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2012. № 9. P. 7-9.
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. Ivanov V. M., Kubareva A. V. Vodopotreblenie i urozhajnost' kukuruzy na zerno v zavisimosti ot predshestvennikov i agrofonov pri vzdelyvanii po sisteme Strip-til v Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 4. P. 58-64.

4. Ivanov V. M., Kubareva A. V. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' i formirovanie urozhnosti pri vyraschivaniy kukuruzy na zerno po tehnologii Strip-til na chernozemah yuzhnyh // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 1 (45). P. 75-81.

5. Kirgincev B. O., Kokoshin S. N. Strip-till (Strip-till) kak perspektivnaya tehnologiya vozdeystviya zernovykh kul'tur v Tyumenskoj oblasti // Molodoj uchenyj. 2015. № 6-5 (86). P. 4-7.

6. Sibirskij filial VNI kukuruzy: itogi raboty / V. S. Il'in, A. M. Loginova i dr. // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2012. № 2. P. 1-8.

7. Corn Residue Baling and Grazing Impacts on Soil Carbon Stocks and Other Properties on a Haplustoll / S. Ruis. C. Burrb, B. Olson, M. Reimanc // Science Society of America Journal. 2017. No 1. P. 202-213. doi:10.2136/sssaj2017.05.0177.

8. Fabián G., C. Fernández. White No-Till and Strip-Till Corn Production with Broadcast and Subsurface-Band Phosphorus and Potassium // Science Society of America Journal. 2012. No 4. P. 996-1005. doi:10.2134/agronj2012.0064.

9. Ivanov V.M., Kubareva A.V. Optimization of innovative strip-till technology of maize cultivation for grain on chernozem soils in steppe zone of Volgograd region // Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018. 13 (3). P. 224–231. doi: 10/22363/2312-797X-2018-13-3-224-231.

10. Sweeney Daniel W. Tillage, Seeding Rate and Fertilizer Placement for Corn Grown in Claypan Soil under Low-yielding Conditions // Crop, Forage and Turfgrass Management. 2015. No 1. – cftm2015.0217. doi:10.2134/cftm2015.0217.

Информация об авторах

Иванов Владимир Михайлович, профессор кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002. г. Волгоград, пр. Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, Засл. работник высшей школы РФ
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5465-1886> E-mail: ivanov-vgsxa@mail.ru

Кубарева Анастасия Владимировна, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002. г. Волгоград, пр. Университетский, 26).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631:574.4

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-9

ХАРАКТЕР ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮГА РОССИИ THE NATURE OF THE INTERACTION OF THE COMPONENTS OF THE ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED ECOSYSTEMS OF THE SOUTH OF RUSSIA

Е.А. Иванцова, доктор сельскохозяйственных наук

В.В. Новочадов, доктор медицинских наук

E.A. Ivantsova, V.V. Novochadov

ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет»

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education

«Volgograd State University»

Дата поступления в редакцию 23.07.2019

Дата принятия к печати 10.09.2019

Received 23.07.2019

Submitted 10.09.2019

Объектами исследования являлись участки южной сухой степи и расположенные в их пределах сельскохозяйственные объекты с наличием пространственного сочетания агробиоценоза и элементов техногенного воздействия на территории Волгоградской, Астраханской областей, Ставропольского края и Республики Калмыкия. Основными подходами и методами для получения объективной информации об изучаемых фитоценозах явился метод спектрального

разложения актуальных космоснимков высокого разрешения, косвенная интегральная оценка разнообразия видов и фитофаз в составе техногенной интрузии на основе данных динамической фотосъемки ее с бокового ракурса под углом от 20 до 45 градусов, комплексные геоботанические, энтомологические, микробиологические и почвенно-экологические полевые и лабораторные исследования. Взаимосвязи выявлялись для следующих подсистем: «фитоценоз – вид – эдификатор», «почва – фитоценоз», «виды – эдификаторы – энтомокомплекс», «фитоценоз – микрофлора», «почва – типичные представители микробиоты» и др. В результате проведенных исследований установлено, что воздействие интрузии на агробиоценоз имеет комплексный, преимущественно негативный характер, интрузии с ПП менее 50 % в малой степени воздействуют на прилегающий агроценоз, при покрытии 70 % и более – приводят к достаточно выраженным изменениям в прилегающих участках агроценоза, оказывают воздействие на трофическую структуру и характер связей между его компонентами. Сообщества, развивающиеся на участках, подвергающихся постоянному техногенному воздействию человека, как показали исследования, характеризуются высокой степенью эксплерентности. Общей тенденцией взаимодействия растений в изучаемых фитоценозах можно назвать создание устойчивого «ядра» сообщества, состоящего из продуктивных многолетних растений, приспособленных к условиям южной сухостепи. При энтомологических сборах в разнотравно-полынной ассоциации выявлен комплекс насекомых, трофически связанных с теми или иными видами растений – эдификаторами растительных сообществ. Первичный анализ связей для исследуемых фитоценозов показал, что наиболее сильными являются связи между представителями группы аэробных бактерий *Pseudomonas* и такими видами-ценозообразователями, как *Euphorbia helioscopia* и *Atriplex tatarica*. Аналогичная ситуация складывается для группы анаэробных бактерий *Cl. acetobutlicum* и *Artemisia lercheana*. На основе данных о консортных связях между основными участниками биогеоценозов был разработан дизайн базы исследовательских данных для хранения и систематизации информации, что позволит в дальнейшем выйти на построение прогностической модели, быстрее и надежнее осуществлять скрининг воздействий на природные сообщества в рамках необходимых природоохранных мероприятий.

The objects of the study were the areas of the southern dry steppe and agricultural objects located within them with the presence of a spatial combination of agrobiocenosis and elements of anthropogenic impact on the territory of Volgograd, Astrakhan regions, Stavropol territory and the Republic of Kalmykia. The main approaches and methods to obtain objective information about the studied phytocenoses was the method of spectral decomposition of actual space images high resolution, indirect integral assessment of the species diversity and Vitiaz composed of man-made intrusions on the basis of dynamic shooting it with the side view at an angle from 20 to 45 degrees, the integrated geobotanical, entomological, microbiological and soil-ecological field and laboratory research. The relationship was detected for the following subsystems: «phytocenosis–species-edificators», «soil growing», «the species-edificatory entomocomplexes», «phytocenosis–microflora», «soil–typical representatives of the microbiota», etc. As a result of the research it was found that the impact of intrusion on agrobiocenosis has a complex, mainly negative character, intrusion with PP less than 50% to a small extent affect the adjacent agro-cenosis, when covering 70% or more – lead to quite pronounced changes in the adjacent areas of the agro-cenosis, have an impact on the trophic structure and the nature of the links between its components. Community developing on areas exposed to post-annamu anthropogenic human impact, as studies have shown, are characterized by a high degree of explanantory. The General trend of plant interaction in the studied phytocenoses can be called the creation of a stable "core" community consisting of productive perennial plants adapted to the conditions of the southern dry steppe. When entomological collecting in mixed grass-sagebrush Association revealed a complex of insects, inhabiting associated with certain types of plants edificatory plant communities. Primary linkage analysis for the studied phytocenoses showed that the strongest relationship is that between the group of aerobic bacteria including *Pseudomonas* and a species of tsenooobrazovani-mi as *Euphorbia helioscopia* and *Atriplex tatarica*. A similar situation develops for the group of anaerobic bacteria *Cl. asetobutlicum* and *Artemisia lercheana*. On the basis of the data on the consort relationships between the main participants of biogeocenoses, a design of the database of research data for storage and sys-

tematization of information was developed, which will allow in the future to build a prognostic model, faster and more reliable screening of impacts on natural communities within the framework of the necessary environmental measures.

Ключевые слова: агробиоценозы, фитоценозы, техногенные интрузии, компоненты экосистем, консортные связи.

Key words: anthropogenic ecosystems, phytocenoses, man-made intrusions, ecosystem components, consortia connection.

Публикация подготовлена при финансовой поддержке Государственного задания Минобрнауки РФ по теме «Разработка экологоориентированных биотехнологий оптимизации аридных агробиоценозов Юга России на основе достижений физико-химической биологии и биоинформатики» (проект №40.7534.2017/8.9)

Цитирование. Иванцова Е.А., Новочадов В.В. Характер взаимодействия компонентов антропогенно-трансформированных экосистем Юга России. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 79-86. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-9.

Citation. Ivantsova, E.A., Novochadov, V.V. (2019). Character of interaction of components of anthropogenically transformed ecosystems of the South of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 3(55). 79-86. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-9.

Введение. В настоящее время наиболее актуальным подходом в развитии агропромышленного комплекса является экологический системный подход к управлению агроценозами [1, 3, 5, 7, 8, 11]. Поскольку в составе агроэкосистем могут встречаться как полностью искусственные, так и полуискусственные биоценозы, необходим адаптированный подход к их оптимизации с акцентом на регулирование биоценологических связей экосистемах. Модификация такого подхода возможна с использованием биотехнологических решений, в частности – управления путем внедрения в агроценоз новых элементов – биотических (бактерии и грибы), или же абиотических (химические вещества) [2, 10, 12, 6].

Материалы и методы. Научные подходы, используемые при разработке экологоориентированных биотехнологий оптимизации аридных агробиоценозов Юга России, предполагают практический отбор и пробоподготовку репрезентативной выборки образцов (почв, растений, микроорганизмов и др.) и определение основных характеристик (видовое разнообразие, популяционная численность основных участников, пространственная и трофическая организация и т.п.) агробиоценозов применительно к типичному региональному варианту (комбинация из зернового агроценоза, полезащитной полосы и переходной полосы экотона). Для разработки системы управления агробиоценозом с применением экологических инструментов необходимо создание унифицированной базы данных, содержащей информацию об особенностях взаимодействия элементов естественных, антропогенных биоценозов и жестко управляемых агроэкосистем. Использование такой базы данных обеспечит снижение недифференцированного химического прессинга и позволит реализовать индивидуальный подход к управлению биотическими взаимодействиями в сообществе посредством модулирования физических, химических и биотических факторов [10, 13].

Необходимость установления закономерностей, характеризующих приспособительные и регрессивные изменения аграрных и естественных экосистем и формирование массива данных в качестве основы для биоинформационного анализа, математического моделирования и метабомики агробиоценозов Юга России с целью прогнозирования поведения экосистемы в отношении ее ключевых элементов при воздействии на нее известных внешних воздействий и оптимизации ее состояния, обусловила осу-

шествование работ по государственному заданию «Разработка экологоориентированных биотехнологий оптимизации аридных агробиоценозов Юга России на основе достижений физико-химической биологии и биоинформатики (проект №40.7534.2017/8.9)».

В 2017 году объектами исследования являлись участки южной сухой степи и расположенные в их пределах сельскохозяйственные объекты – агроценозы (преимущественно ячменные) Волгоградской области (Светлоярский, Городищенский р-ны), а также в черте г. Волгограда – в Советском районе. В 2018-2019 гг. общее количество обследованных тестовых участков было расширено до одиннадцати, по 2-3 площадки интрузий на каждом. Таким образом, общее количество интрузий составляло 28, что позволило сделать необходимые обобщения в отношении их влияния на прилегающий агроценоз и ранжировать их по степени этого влияния. Пять участков находилось на территории Волгоградской области, два – на территории Астраханской области, два – в Республике Калмыкия и два – на территории Ставропольского края. При выборе участка руководствовались наличием пространственного сочетания агробиоценоза и элементов техногенного воздействия (коммуникации связанные с нефте- и газотранспортными системами, линии электропередач, зоны прохода сельхозтехники).

Основным подходом для получения объективной информации об изучаемых фитоценозах явился метод спектрального разложения актуальных космоснимков высокого разрешения. Для проведения спектрального анализа выбранных участков использовался программный комплекс ArcGISPro и онлайн-платформа USGS Earth Resources Observation and Science, позволяющая скачивать мультиспектральные космоснимки Landsat. Для получения данных использовались мультиспектральные космоснимки открытого доступа, загруженные с платформы USGS. Исходный масштаб высокого разрешения – 1 : 500 000. В рамках выполнения настоящего проекта разработан оригинальный способ дистанционного определения антропогенной трансформации фитоценозов с использованием вегетационного индекса $IPVI = (NDVI+1)/2$ [4]. Следующим подходом явилась косвенная интегральная оценка разнообразия видов и фитофаз в составе техногенной интрузии на основе данных динамической фотосъемки ее с бокового ракурса под углом от 20 до 45 градусов. Как показали экспертные оценки на местности, этот метод позволяет с достаточной точностью при минимальной трудоемкости интегрально оценить биоразнообразие и фенофазную неоднородность интрузии. Показатели выше 60 % от максимального разброса и выше оценивали как высокую неоднородность (что соответствовало высокой активности интрузии), показатели в пределах от 35 до 60 – как средние, ниже 35 – как низкие. В этом случае можно было прогнозировать незначительное влияние интрузии на прилегающий агроценоз. Кроме того, для исследуемых объектов комплексно реализовывались исследования по четырем основным направлениям: геоботанические, энтомологические, микробиологические и почвенно-экологические. Впоследствии массив полученных первичных данных использовался для выявления связей между основными участниками биогеоценозов. Взаимосвязи выявлялись для следующих подсистем: «фитоценоз – вид – эдификатор», «почва – фитоценоз», «виды – эдификаторы – энтомокомплекс (фитофаги/энтомофаги)», «фитоценоз – микрофлора (фитопатогены/симбионты)», «почва – типичные представители микробиоты» и др. Полученные результаты легли в основу составления базы данных, применительно к сущностям, их описательным свойствам и иерархии связей.

На территории каждого из участков на основе оценки степени антропогенного воздействия выделялись следующие ключевые зоны: зона агроценоза, степная зона, находящаяся в квазиестественном состоянии, а также зона техногенной интрузии.

Результаты и обсуждение. По результатам натурных наблюдений было выявлено, что в зависимости от характера антропогенного воздействия техногенные интрузии могут иметь различное пространственное проявление и форму ареала: островные, вторгающиеся, пограничные [9]. По степени интенсивности негативного воздействия на основании экспертных оценок результатов экологического и ботанического мониторинга были выделены интрузии с высокой, умеренной и низкой степенью воздействия на окружающий агроценоз.

В результате проведенных исследований установлено, что воздействие интрузии на агробиоценоз имеет комплексный, преимущественно негативный характер и выражается в следующем. На периферии интрузии наблюдается уменьшение проективного покрытия (ПП) и, как следствие, снижение продуктивности возделываемой культуры. Зона интрузии усиливает техногенную миграцию элементов. Техногенная интрузия, как правило, связана с формированием особого микрорельефа, что влияет на условия поверхностного и подземного стока и усиливает геохимический перенос поллютантов с последующим накоплением их в подсистеме агроценоза «почва – растение». Кроме того, зона интрузии оказывает воздействие на трофическую структуру и характер связей между элементами агробиоценоза.

Активность техногенных интрузий в отношении прилегающего агробиоценоза может предварительно быть спрогнозирована по степени ПП. Установлено, что интрузии с ПП менее 50 % в малой степени воздействуют на прилегающий агроценоз, при покрытии 70 % и более – приводят к достаточно выраженным изменениям в прилегающих участках агроценоза на глубину по крайней мере 40-50 м.

Сообщества, развивающиеся на участках, подвергающихся постоянному техногенному воздействию человека, как показали исследования, характеризуются высокой степенью эксплерентности. В то же время присутствуют «случайные» виды, занесенные, предположительно, рабочим персоналом и техническими средствами. Также наблюдаются начальные сукцессионные процессы проникновения флоры окружающих территорий в технически измененное пространство. Чаще всего это представители ксерофитной и галофильной флоры, относящиеся к семействам *Asteraceae* и *Chenopodiaceae*. Общей тенденцией взаимодействия растений в изучаемых фитоценозах можно назвать создание устойчивого «ядра» сообщества, состоящего из продуктивных многолетних растений, приспособленных к условиям южной сухостепи. При нерегулярной опашке трубопроводов наблюдается создание скудных в видовом отношении «стартовых» сообществ, начинающих формировать уже упоминавшееся «ядро». Следует отметить присутствие устойчивой пары доминант-субдоминант, представленной двумя видами-аллелопатами – *Artemisia absinthium* и *Elytrigia repens*. Взаимодействие их приводит зачастую к существованию типических устойчивых структур, в которых основу материально-энергетического баланса составляет конкуренция доминанта и субдоминанта.

При энтомологических сборах в разнотравно-полынной ассоциации выявлен комплекс насекомых, трофически связанных с теми или иными видами растений – эдификаторами растительных сообществ. Следует отметить, что на *Cichorium intybus* и *Melilotus officinalis* происходит значительное накопление опылителей и насекомых-паразитов, привлекаемых для питания нектаром и цветочной пылью. Отмечено, что разнотравная ассоциация по сравнению с разнотравно-полынной более представлена в видовом отношении энтомонаселения.

Основную часть аэробных бактерий в почвах, по данным микробиологических исследований, представляли неспорообразующие формы - флуоресцирующие и пигментные бактерии рода *Pseudomonas*. Число аэробных сапрофитов, использующих органический

азот почв (в горизонте 0-20 см), – 4,5-5,6 млн клеток/г почвы. Доминирующей является группировка *Bac. mesentericus* – *Bac. megaterium* – *Bac. subtilis*, минорной группой – *Bac. idosus* – *Bac. megaterium*. Число анаэробных бацилл составляет 25-29 тыс. кл./г почвы, в том числе 14-39 % – спорообразующих. Основными представителями рода *Clostridium* в исследованных почвах являлись *Cl. acetobutyllicum* (20-45 тыс./г почвы), в меньшей степени – *Cl. pasteurianum* и *Cl. butyricum* (не более 5 тыс./г почвы). На пахотных участках наблюдалось незначительное увеличение количества анаэробных бактерий. Основная масса актиномицетов представлена светлоокрашенными видами: *Act. albus*, *Act. priseus*, *Act. globisporus*. Общее количество актиномицетов – 44-70 тыс. клеток/г почвы. В пахотных вариантах пигментированные формы были более разнообразны. Светло-каштановая почва бедна нитрифицирующими микроорганизмами. Целлюлозоразлагающие микроорганизмы представлены видами из рода *Cytophaga*. В составе целлюлозоразрушающих грибов представлены *Chaetomium* и *Dematium*, чья доля в утилизации целлюлозы значительно выше, чем вклад бактерий. Первичный анализ связей для исследуемых фитоценозов показал, что наиболее сильными являются связи между представителями группы аэробных бактерий (*Pseudomonas*) и такими видами ценозообразователями, как *Euphorbia helioscopia* и *Atriplex tatarica*. Аналогичная ситуация складывается для группы анаэробных бактерий *Cl. acetobutyllicum* и *Artemisia lерcheana*.

Видовое разнообразие патогенной микрофлоры в исследуемых ценозах представлено настоящими грибами из классов *Ascomycetes*, *Basidiomycetes* и *Deuteromycetes*. По числу видов ведущими являются роды *Septoria*, *Puccinia* и *Erysiphe*. Видовой состав микромицетов естественных фитоценозов представлен разнообразнее по сравнению с агробиоценозами, но распределен разрозненно на отдельных растениях с большей амплитудой в развитии болезни, что сопряжено с разнообразным видовым составом питающих растений и спецификой их произрастания. Широкая распространенность и высокая экологическая пластичность возбудителей таких болезней, как мучнистая роса и септориоз, на *Convolvulus arvensis* обуславливают их дальнейшее изучение как кандидатов биоконтроля.

Заключение. Анализ первичных данных позволил выявить устойчивые связи и сделать предположение о возможных консортных связях между основными участниками биогеоценозов. На основе этих данных был разработан дизайн базы исследовательских данных (БД) для хранения и систематизации информации, полученной в ходе реализации работ. По результатам полевых этапов исследования сформирован массив данных в качестве основы для биоинформационного анализа и математического моделирования, метабономики агробиоценозов аридной зоны. Получение или уточнение количественных и полуквантитативных характеристик ранее установленных взаимосвязей позволит в дальнейшем выйти на построение прогностической модели на основе разностных уравнений, коррекция которых после проведения проверки на тестовых выборках позволит разработать экспертную систему динамического прогнозирования поведения экосистемы в отношении ее ключевых элементов при воздействии на нее известных внешних воздействий, что откроет возможность проведения виртуального анализа последствий от использования предполагаемых способов изменения экосистемы, позволит быстрее и надежнее осуществлять скрининг воздействий на природные сообщества в рамках необходимых природоохранных мероприятий.

Библиографический список

1. Бондаренко А.Н., Зволинский В.П. Микробиологические препараты в аридных условиях // Земледелие. 2013. № 3. С. 19-20.
2. Воронин, Б.А. Биотехнологии в сельском хозяйстве// Аграрное и земельное право. 2013. № 8. С. 75-81.

3. Дедов А.В., Слаук Н.В., Несмеянова М.А. Биологизация земледелия: современное состояние и перспективы // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 3. С. 57-65.

4. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий Юга России/ В.В. Новочадов, А.С. Рулев, В.Г. Юфев, Е.А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 151-158.

5. Дудченко Л.В. Эффективный биологический способ подавления сорных растений в полевых насаждениях // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 7. С. 37-38.

6. Захаренко В.А. Биотехнологии и защита растений // Защита и карантин растений. 2015. № 11. С. 3-6.

7. Зволинский В.П., Бондаренко А.Н. Проблемы рационального природопользования Нижневолжского экорегиона // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 1(37). С. 13-18.

8. Зеленев А.В., Иванцова Е.А. Влияние биологизации на засоренность посевов полевых культур в севооборотах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 4 (24). С. 31-37.

9. Снижение негативного воздействия на агроценозы путем управления примыкающими природно-антропогенными системами / Е.А. Иванцова Е.А., Н.В. Онистратенко, А.В. Холоденко, А.А. Тихонова, В.В. Новочадов // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2017. Т. 19. № 4. С. 138-146.

10. A functional trait perspective on plant invasion [Tekst]/ R.E. Drenovsky, B.J. Grewell, C.M. D'Antonio, J.L. Funk, J.J. James, N. Molinari, I.M. Parker, C.L. Richards // Annals of Botany. 2012. Vol. 110 (1). P. 141-153.

11. Ecological aspects of phytosanitary optimization of arid agrobiocenoses of the south of Russia / E.A. Ivantsova, V.V. Novochadov, N.V. Onistratenko, M.V. Postnova // Bulgarian J. Agric. Sci. 2017. Vol. 23(5). P. 834-842.

12. Phylogenetic plant community structure along elevation is lineage specific / C. Ndiribe, L. Pellissier, S. Antonelli, A. Dubuis, J. Pottier, P. Vittoz, N. Salamin, A. Guisanet // Ecology and Evolution. 2013. Vol. 3 (15). P. 4925-4939.

13. Tillage and nitrogen fertilization enhanced belowground carbon allocation and plant nitrogen uptake in a semi-arid canola crop-soil system / J.R. Sarker, B.P. Singh, X. He, Y. Fang, G.D. Li et al // Sci. Rep. 2017. № 7. P. 107-116.

Reference

1. Bondarenko A. N., Zvolinskij V. P. Mikrobiologicheskie preparaty v aridnyh usloviyah // Zemledelie. 2013. № 3. P. 19-20.

2. Voronin, B. A. Biotehnologii v sel'skom hozyajstve// Agrarnoe i zemel'noe pravo. 2013. № 8. P. 75-81.

3. Dedov A. V., Slauk N. V., Nesmeyanova M. A. Biologizaciya zemledeliya: sovremennoe sostoyanie i perspektivy// Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 3. P. 57-65.

4. Distancionnye issledovaniya i kartografirovaniye sostoyaniya antropogenno-transformirovannyh territorij Yuga Rossii/ V. V. Novochadov, A. S. Rulev, V. G. Yuferev, E. A. Ivancova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1(53). P. 151-158.

5. Dudchenko L. V. Jeffektivnyj biologicheskij sposob podavleniya sornyh rastenij v polezaschitnyh lesnyh nasazhdeniyah // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2012. № 7. P. 37-38.

6. Zaharenko V. A. Biotehnologii i zaschita rastenij // Zaschita i karantin rastenij. 2015. № 11. P. 3-6.

7. Zvolinskij V. P., Bondarenko A. N. Problemy racional'nogo prirodopol'zovaniya Nizhnevolzhskogo jekoregiona// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. № 1(37). P. 13-18.

8. Zelenev A. V., Ivancova E. A. Vliyanie biologizacii na zasorennost' posevov polevykh kul'tur v sevooborotah Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2011. № 4 (24). P. 31-37.

9. Snizhenie negativnogo vozdeystviya na agrocenozy putem upravleniya primykayuschimi prirodno-antropogennymi sistemami / E. A. Ivancova E. A., N. V. Onistratenko, A. V. Holodenko, A. A. Tihonova, V. V. Novochadov // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Jekonomika. Jekologiya. 2017. T. 19. № 4. P. 138-146.

10. A functional trait perspective on plant invasion [Tekst]/ R.E. Drenovsky, B.J. Grewell, C.M. D'Antonio, J.L. Funk, J.J. James, N. Molinari, I.M. Parker, C.L. Richards // Annals of Botany. 2012. Vol. 110 (1). P. 141-153.

11. Ecological aspects of phytosanitary optimization of arid agrobiocenoses of the south of Russia / E.A. Ivantsova, V.V. Novochadov, N.V. Onistratenko, M.V. Postnova // Bulgarian J. Agric. Sci. 2017. Vol. 23(5). P. 834-842.

12. Phylogenetic plant community structure along elevation is lineage specific / C. Ndiribe, L. Pellissier, S. Antonelli, A. Dubuis, J. Pottier, P. Vittoz, N. Salamin, A. Guisanet // Ecology and Evolution. 2013. Vol. 3 (15). P. 4925-4939.

13. Tillage and nitrogen fertilization enhanced belowground carbon allocation and plant nitrogen uptake in a semi-arid canola crop-soil system / J.R. Sarker, B.P. Singh, X. He, Y. Fang, G.D. Li et al // Sci. Rep. 2017. № 7. P. 107-116.

Информация об авторах

Иванцова Елена Анатольевна, заведующий кафедрой экологии и природопользования Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 100.), доктор сельскохозяйственных наук

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4265-9703> ivantsova.volgu@mail.ru

Новочадов Валерий Валерьевич, директор института естественных наук Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 100.), доктор медицинских наук

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6317-7418> novovv@rambler.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 633:16:631.816.23:631.431:631.582

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-10

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ДИНАМИКУ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В РАСТЕНИЯХ ЯЧМЕНЯ

IMPACT OF VARIOUS SOIL TREATMENT SYSTEMS ON DYNAMICS OF NUTRIENTS CONTENT IN BARLEY PLANTS

Н.С. Матюк, доктор сельскохозяйственных наук

В.А. Николаев, кандидат сельскохозяйственных наук

Л.И. Щигрова, аспирантка

N.S. Matyuk, V.A. Nikolaev, L.I. Schigrova

Российский государственный аграрный университет –

Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, г. Москва

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

Дата поступления в редакцию 23.04.2019

Дата принятия к печати 28.08.2019

Received 23.04.2019

Submitted 28.08.2019

Изменение содержания основных элементов питания в растениях ячменя по фазам роста и развития определялось как приемами обработки почвы под данную культуру, определяющими мощность и глубину проникновения корневой системы, так и системой земледелия, влияющей на

яющей на равномерность распределения вносимых удобрений и высеваемых семян по площади поля. При минимальной обработке корневая система ячменя в большей степени концентрировалась в слое 0-10 см из-за более высокой плотности нижних горизонтов, не затрагиваемых обработкой, что и привело к большому накоплению азота (1,92 %) по сравнению со вспашкой (1,17 %). Данные закономерности сохранялись до конца вегетации, что проявилось в накоплении азота в зерне ячменя, где оно составило 2,27 % в вариантах со вспашкой и 2,52 % в вариантах с минимальной обработкой. Накопление фосфора в растениях происходило менее интенсивно, чем азота при сохранении тех же закономерностей по вариантам обработки. Так, в фазе кущения больше накапливалось фосфора при минимальной обработке (0,56 %) по сравнению со вспашкой (0,52 %). В фазе кущения ячменя больше содержалось калия в растениях в вариантах отвальной обработки (4,7 %) по сравнению с минимальной (4 %), независимо от системы земледелия. Азотный, фосфорный и калийный режимы питания в вариантах с минимальной обработкой обеспечивали и более высокую продуктивность возделываемой культуры. Так, урожайность ячменя в среднем по двум технологиям при минимальной обработке составила 2,92 т/га, а при отвальной – 2,74 т/га.

Change of basic nutrients content in barley plants in growth and development phases is determined by both the methods of soil treatment for this cropper that define the power and depth of the root system penetration, and the farming system which affects uniformity of distribution of fertilizers and seeds sown at the field area. The barley root system is more concentrated in the 0-10 cm layer at minimal treatment due to higher density of the lower levels that are not affected by treatment, and this leads to large accumulation of nitrogen (1,92 %) as compared to plowing (1,17 %). These patterns remain till the end of the growing season, which is manifested in the accumulation of nitrogen in the barley grain, and it is 2,27 % in the options of plowing and 2,52 % in the options of minimal treatment. Accumulation of phosphorus in plants is less intense than nitrogen at the current patterns in the treatment options. Thus, in the tillering phase more phosphorus is accumulated at minimal treatment (0,56 %) as compared to plowing (0,52 %). In the phase of barley tillering more potassium is contained in the plants in the options of dump treatment (4,7 %) in comparison with the minimal treatment (4 %), regardless of the farming system. Nitrogen, phosphorus and potassium nutrition patterns in the options with minimal treatment also provide higher productivity of the cultivated cropper. Thus, the yield of barley is 2,92 t / ha at minimal treatment and 2,74 t / ha at dump treatment, averagely at two technologies.

Ключевые слова: азот, фосфор, калий, обработка почвы, урожайность ячменя.

Key words: nitrogen, phosphorus, potassium, soil treatment, yield.

Цитирование. Матюк Н.С., Николаев В.А., Щигрова Л.И. Влияние разных систем обработки почвы на динамику содержания элементов питания в растениях ячменя. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 86-94. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-10.

Citation. Matyuk N.S., Nikolaev V.A., Schigrova L.I. Impact of various soil treatment systems on dynamics of nutrients content in barley plants. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 86-94. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-10.

Введение. Высокая требовательность ячменя к плодородию почвы обуславливается его биологическими особенностями, связанными с относительно слаборазвитой корневой системой и её низкой способностью усваивать минеральные вещества и воду.

Усиление эффективности использования азотных удобрений связано с тем, что минеральный азот стимулирует рост растений в начальный период вегетации, когда активность азотофиксирующих бактерий еще относительно невелика из-за недостаточного прогрева почвы и малого количества корневых выделений [3,11,12]. Регулируя азотное питание растений, можно в значительной мере корректировать уровень урожая сельскохозяйственных культур. При хорошем азотном питании растений повышается синтез белковых веществ.

Содержание фосфора составляет 0,2-1 % от массы сухого вещества растений, при активном поглощении его активизируется белковый обмен, сопровождающийся усилением роста растений, снижением содержания нитратного азота в готовой продукции и улучшением ее качества [2, 5, 6].

Калий, наряду с азотом и фосфором, относится к главным элементам питания растений. В растениях он находится в ионной форме. Молодые органы растений содержат калия в 3-5 раз больше, чем старые: его больше в тех органах и тканях, где интенсивно идут процессы обмена веществ и деления клеток [4].

Сохранение и повышение плодородия почвы достигается за счет использования органических и минеральных удобрений широкого применения минимальных ресурсосберегающих систем обработки почвы. Важная роль при этом отводится способу, глубине и интенсивности перемешивания почвы, определяющим скорость минерализации органического вещества и доступность элементов питания [9].

Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур, наряду с влагообеспеченностью, как известно, является основным фактором получения высоких и стабильных урожаев хорошего качества [7, 8, 13].

Основной целью исследований является выявление закономерностей изменения содержания элементов питания в растениях ячменя при различных технологиях его возделывания.

Материалы и методы. Исследования проводили в Центре точного земледелия на полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2011 и 2013 годах. Общая площадь опытного участка – 6,125 га. Полевой опыт заложен в двукратной повторности при систематическом двухъярусном размещении вариантов.

В опыте возделывался ячмень сорта «Михайловский», норма высева составляла 5,5 млн всхожих семян на га.

В опыте изучали два фактора – технологии возделывания полевых культур (фактор А) и приёмы основной обработки почвы (фактор В). Традиционная технология возделывания культур (А₁) основана на использовании современной техники с соблюдением рекомендуемых параметров, сроков и нормативных показателей их выполнения. Технология точного земледелия (А₂) основана на принципах использования спутниковой навигации системы GPS, с помощью которой корректируется выполнение агроприемов. Удобрения вносили на планируемую урожайность (3 т/га) под ячмень в количестве 32 кг/га д.в.

Изучаемые приемы обработки различаются по интенсивности и характеру воздействия на почву: отвальная (В₁) – на глубину 20-22 см оборотным плугом EurOpal, минимальная (В₂) – на глубину 12-14 см комбинированным агрегатом Pegasus.

Обработка после предшественника на вариантах с отвальной системой обработки почвы осуществлялась оборотным навесным плугом EurOpal на глубину 20-22 см, на вариантах с минимальной обработкой, навесным дисковым культиватором Pegasus – на 12-14 см. Внесение фосфорно-калийных удобрений с осени и азотных при посеве проводилось центробежным разбрасывателем ZAM-900: в традиционном земледелии – сплошным внесением, на вариантах точного земледелия – с учетом пестроты почвенного плодородия. Покровное боронование весной проводится при физической спелости почвы на глубину 3-4 см зубowymi боронами БЗТС – 1 на отвальной системе обработки почвы. Предпосевная обработка – культиватором ZBC -30 на глубину 4-6 см. Посев (на глубину 4-6 см) на варианте с отвальной обработкой – Д9/30S, на минимальной обработке – DMS-3, в традиционном земледелии с использованием маркера, в точном – с использованием системы GPS. Опрыскивание против сорняков, вредителей и болезней – UF-901. Уборка ячменя с измельчением соломы – Сампо2010 (с учетом карты урожайности, параллельным взвешиванием и определением влажности зерна) + TS-260.

Отбор почвенных образцов для агрохимического анализа по изучаемым вариантам опыта проводился в следующие сроки вегетации – фаза кущения, колошения и восковой спелости по слоям 0-10, 10-20, 20-30 см.

Почвы дерново-подзолистые по гранулометрическому составу суглинистые и супесчаные, по цвету чаще красно-бурые карбонатные, но верхние слои (3-5 см) выщелоченные. Верхние горизонты мощностью в 40-50 см представлены песчано-крупнопылеватым суглинком, по всей толще встречаются валуны. Потребность почв в известковании слабая, т.к. рН водной вытяжки колеблется в пределах от 5,8-6,2; содержание гумуса – 2,4-2,5 %; K_2O – 40-80 мг/кг почвы; P_2O_5 – 158-167 мг/кг почвы; сумма обменных оснований – 13,5 мг-экв/100 г почвы [1].

Метеорологические условия вегетационного периода 2011 года были в целом благоприятные для роста и развития растений ячменя. Во время посадки температура была выше на 1,9 °С среднемноголетней; во время всходов – на 7,3 °С; в период бутонизации – на 9,2 °С; в период цветения – на 10,9 °С.

Во время посадки и в период между посевом и всходами количество выпавших осадков было больше среднемноголетних, а в остальные фазы роста и развития осадков выпадало меньше.

Метеорологические условия вегетационного периода 2013 года отличались от условий 2011 года и оказали заметное влияние на эффективность изучаемых в опыте приемов обработки.

Температура воздуха в начале периода была ниже климатической нормы в среднем на 3,8-8,8 °С. Наиболее жарким выдался конец вегетации. Это отрицательно сказалось на формировании выполненности зерна. Июнь был близким по температурному режиму к среднемноголетним показателям - незначительное отклонение от нормы до 4 °С.

Больше всего выпало осадков в 1 и 2 декады июня (превышение среднемноголетних показателей в 2,3 раза). Наименьшее количество осадков выпало в июле: отклонение от нормы составило 30 мм.

В период проведения исследований и вегетации ячменя использовались следующие методы и методики:

1. Определение содержания подвижных соединений фосфора и калия в одной навеске по методу А.Т. Кирсанова в модификации ЦИНАО.
2. Определение общего азота в почве титриметрическим методом.
3. Наблюдение за ростом и развитием растений:

- фенологические наблюдения за ростом и развитием ячменя проводили по методике Госсортсети, 2002 г.;

- учет урожая осуществляли поделочно с отбором образцов на засоренность и влажность зерна;

- для определения биологической урожайности растения с участка площадью 0,25 м² выкапывали с корнями и объединяли в один сноп. В каждом снопе подсчитывали число всех стеблей и стеблей с колосом, измеряли высоту растений, массу снопа и зерна;

- полученные данные подвергались статистической обработке с использованием программы Statistica.

Результаты и обсуждение. Исследования показали, что при внесении одинаковых доз минеральных удобрений, но разных способах и глубине их заделки потребление и накопление азота в компонентах биомассы ячменя в течение вегетации шло неравномерно.

В вариантах с отвальной обработкой более 50 % удобрений заделывают в слой 10-20 см, и только незначительная их часть, около 15 %, в слое 0-5 см, т. е. в зоне расположения основной массы семян. Аналогичная закономерность наблюдалась и в рас-

пределении растительных остатков. При продолжительном использовании поверхностной обработки происходит разуплотнение верхнего слоя почвы из-за преимущественного поступления в него растительных остатков и процессов гумификации [10]. Разноглубинное распределение растительных остатков определяло и разную скорость их разложения, а, следовательно, и высвобождение питательных элементов.

При минимальной обработке корневая система ячменя в большей степени концентрировалась в слое 0-10 см из-за более высокой плотности нижних горизонтов, не затрагиваемых обработкой, что и привело к большому накоплению азота (1,92 %) по сравнению со вспашкой (1,17 %). Данные закономерности сохранялись до конца вегетации, что проявилось в накоплении азота в зерне ячменя, где оно составило 2,27 % в вариантах со вспашкой и 2,52 % – минимальной обработкой (рисунок 1).

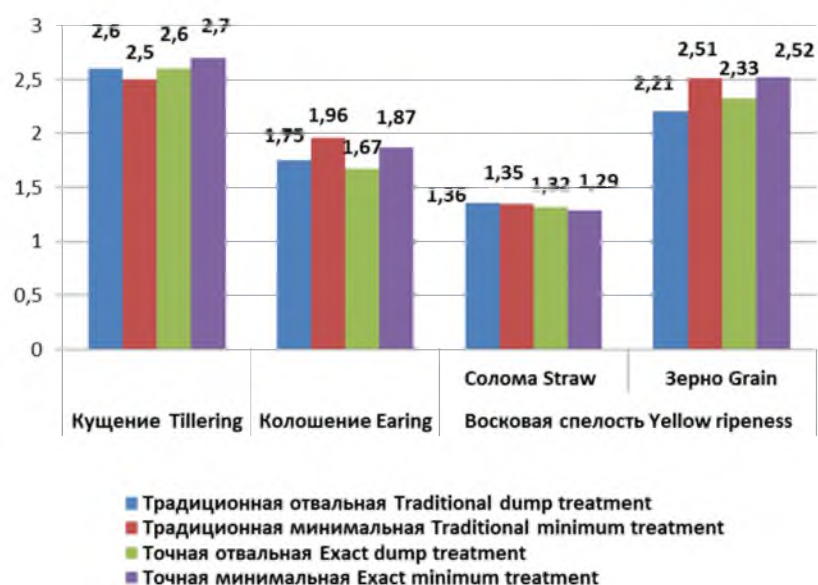


Рисунок 1 – Влияние технологии возделывания и обработки почвы на содержание общего азота в растениях ячменя, % в абсолютно-сухом веществе

Figure 1– Influence of cultivation technology and soil treatment on the content of total nitrogen in barley plants, % in absolutely dry matter

Поглощение и накопление фосфора в растениях происходило менее интенсивно, чем азота, при сохранении тех же закономерностей по вариантам обработки почвы. Результаты исследований показали, что в фазе кущения больше накапливалось фосфора при минимальной обработке (0,56 %) по сравнению со вспашкой (0,52 %) (рисунок 2).

Такая же закономерность сохранялась по вариантам обработки почвы и в фазе колошения, с наименьшими различиями (0,02 %). В фазе восковой спелости определение содержания фосфора в основной и побочной продукции показало, что приемы обработок не оказали существенного влияния на его содержание в соломе ячменя, а в зерне его больше накапливалось в вариантах с отвальной обработкой (0,44) по сравнению с минимальной (0,37). Системы земледелия не влияли на этот показатель.

Зерновые культуры, к которым относится и ячмень, потребляют значительное количество калия в основном для формирования соломистой части биомассы. Исследования показали, что в фазе кущения ячменя больше содержалось калия в растениях в варианте отвальной обработки почвы (4,7 %) по сравнению с минимальной (4 %) независимо от системы земледелия (рисунок 3).

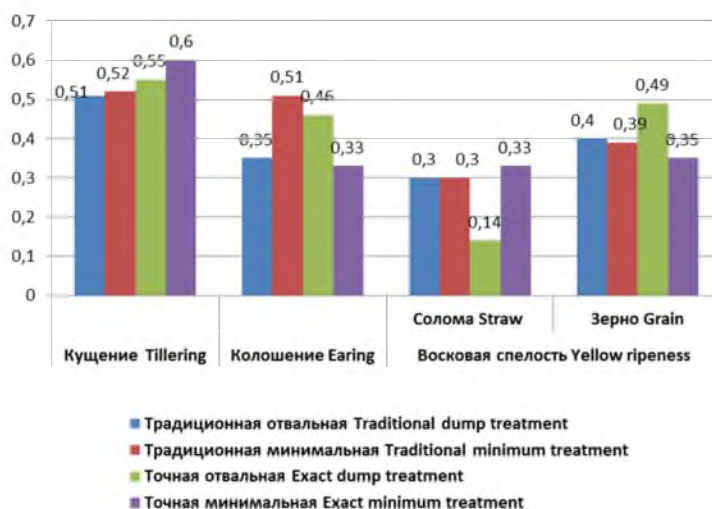


Рисунок 2 – Влияние технологии возделывания и обработки почвы на содержание фосфора в растениях ячменя, % в абсолютно-сухом веществе

Figure 2 – Influence of cultivation technology and soil treatment on the content of phosphorus in barley plants, % in absolutely dry matter

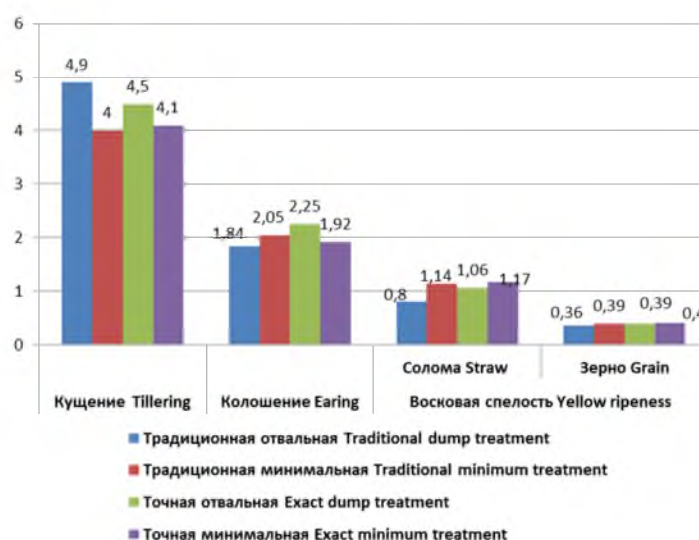


Рисунок 3 – Влияние технологии возделывания и обработки почвы на содержание калия в растениях ячменя, % в абсолютно-сухом веществе

Figure 3 – Influence of cultivation technology and soil treatment on the content of potassium in barley plants, % in absolutely dry matter

К фазе колошения интенсивность поглощения калия в растениях ячменя снизилась в 2 раза при минимальной обработке и в 2,3 раза при отвальной обработке почвы. К концу вегетации усилилось накопление калия в соломе на 24,7 % и в зерне на 5,6 % в вариантах минимальной обработки. Из систем земледелия преимущество было за технологиями с использованиями системы GPS, где его содержание составило 1,12 % в соломе и 0,4 % в зерне, а при традиционной технологии – 0,97 и 0,37 % соответственно.

Азотный, фосфорный и калийный режимы питания в вариантах с минимальной обработкой обеспечивали и более высокую продуктивность возделываемой культуры. Так, урожайность ячменя в среднем по двум технологиям при минимальной обработке

составила 2,92 т/га, а при отвальной – 2,74 т/га. Независимо от систем обработки почвы традиционная технология имела преимущество по сравнению с точной, что выразилось в повышении урожайности ячменя на 0,26 т/га при НСР₀₅=0,48 т/га (таблица 1).

Таблица 1– Средняя урожайность ячменя по вариантам опыта, т/га

Table 1– Average yield of barley in the variants of the experiment, t / ha

Технология (фактор А) / Tech- nology (Factor A)	Обработка почвы (фактор В) / Soil treat- ment (Factor B)	Средняя по обработке почвы Soil treatment average	Средняя по технологии возделывания Cultivation technology average
Точная Exact	минимальная minimum	2,76	2,7
	отвальная / dump	2,64	
Традиционная Traditional	минимальная minimum	3,08	2,96
	отвальная / dump	2,83	

НСР₀₅(А)= 0,48 т/га; НСР₀₅(В)= 0,41 т/га

Урожайность ячменя и соотношение основной и побочной продукции зависит от плодородия почвы, которое определяет уровень минерального питания и играет решающую роль в накоплении различных структурных компонентов урожая.

Анализ структуры биологического урожая ярового ячменя показал, что решающая роль в формировании урожая принадлежит количеству продуктивных стеблей перед уборкой, количество которых было большим при использовании минимальной системы обработки почвы на 59 шт./м² по сравнению с вариантом использования вспашки (таблица 2).

Таблица 2 – Структура урожая ячменя при разных по интенсивности технологиях возделывания

Table 2 – Structure of barley yield at cultivation technologies different in intensity

Технология возделыва- ния Cultiva- tion technol- ogy	Обработка почвы Soil treatment	Количество растений, шт./м ² Number of plants, pcs/m ²	Количество колосов, шт./м ² Number of spikes, pcs/m ²	Длина растения, см Plant length, cm	Масса снопа, г/м ² Bundle mass, g/m ²	Масса соломы, г/м ² Straw mass, g/m ²	Масса зерна в одном колосе, г One spike grain mass, g	Масса зерна, г/м ² Grain mass, g/m ²	Масса колосков, г Spikelets mass, g	Продуктивная кустистость Productive tilling capacity	Соотношение зерна к соломе Grain to straw ratio
Точная Exact	вспашка / plowing	424	552	32	411	211	5,4	224	212	1,3	0,9
	Минимальная / mini- mum	408	638	36	628	223	6,7	328	41	1,57	1
Традицион- ная Tradi- tional	вспашка / plowing	420	576	37	568	230	4,95	276	329	1,5	1,1
	Минимальная / mini- mum	474	608	36	516	215	4,75	270	363	1,38	0,9

Минимализация обработки почвы создавала благоприятные условия для роста и развития ячменя в верхней части пахотного слоя и увеличила количество растений на 19 шт./м² и продуктивную кустистость на 0,08 по сравнению с глубокой отвальной обработкой. Соотношение зерна и соломы не зависело от способа и глубины обработки почвы и находилось на уровне 1 по всем изучаемым вариантам опыта.

Закключение. На изменение содержания питательных элементов в растениях ячменя существенное влияние оказали приемы основной обработки почвы, при этом минимальные обработки обеспечивали более высокое и выравненное его распределение по сравнению с отвальной обработкой. Использование различных технологий возделывания (точное или традиционное), а также способы и глубина основной обработки почвы (отвальная или минимальная) оказывали влияние на урожайность ячменя и компоненты ее структуры по изучаемым вариантам.

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. Виноградова В.С., Мартынцева А.А., Казарин С.Н. Влияние гуминовых и микроудобрений на урожайность яровой пшеницы // Земледелие. 2015. №1. С. 32-34.
3. Влияние нового регулятора роста и развития растений Антоник Плюс на химический состав и качество получаемой льна продукции / И.И. Дмитриевская, С.Л. Белопухов, И.С. Прохоров, С.Ю. Зайцев // Плодородие. 2015. №6. С. 12-14.
4. Влияние ресурсосберегающей обработки и удобрения на плодородие дерново-подзолистой почвы / М.А. Мазиров, Н.С. Матюк, В.Д. Полин, Н.В. Малахов // Земледелие. 2018. №2. С. 33-36.
5. Гармаш Г.А., Гармаш Н.Ю., Берестов А.В. Гуматизированные удобрения и их эффективность // Агрохимический вестник. 2013. №2. С. 11-13.
6. Кшникаткина А.Н., Русяев И.Г. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от предпосевной обработки семян комплексными микроудобрениями и бактериальными препаратами // Агрохимический вестник. 2018. №3. С. 48-50.
7. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. М.: Изд. ВНИИА, 2012. 512 с.
8. Лошаков В.Г. Зеленые удобрения в земледелии России/ под ред. Сычева В.Г. М.: Изд-во ВНИИА, 2015. 180 с.
9. 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.
10. Николаев В.А., Беленков А.И. Влияние разных приемов обработки дерново-подзолистой почвы на ее сложение и урожайность ячменя // Известия ТСХА. 2014. Вып. 5. С. 103-109.
11. Barzegar A.R., Yousefi A., Daryashenas A. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat // Plant and Soil. 2013. № 3. P. 29-34.
12. Esaulko A.N., Ozheredova A.Yu., Sigida M.S. Introduction of calculated doses of mineral fertilizers to achieve maximum productivity of winter wheat varieties on chernozem leached Stavropol unland // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Vol. 8. №6. P. 778-781.
13. Toigildin A.L., Morozov V.I., Podsevalov M.I. Selection of winter wheat predecessors in crop rotations of the Volga region forest steppe // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol. 6-7. № 6. P. 2203-2209.

Reference

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. Vinogradova V. S., Martynceva A. A., Kazarin S. N. Vliyanie guminovykh i mikroudobrenij na urozhajnost' yarovoj pshenicy // Zemledelie. 2015. №1. P. 32-34.
3. Vliyanie novogo regul'yatora rosta i razvitiya rastenij Antonik Plyus na himicheskij sostav i kachestvo poluchaemoj l'na produkcii / I. I. Dmitrievskaya, S. L. Belopuhov, I. S. Prohorov, S. Yu. Zajcev // Plodorodie. 2015. №6. P. 12-14.
4. Vliyanie resursosberegayuschej obrabotki i udobreniya na plodorodie dernovo-podzolistoj pochvy / M. A. Mazirov, N. S. Matyuk, V. D. Polin, N. V. Malahov // Zemledelie. 2018. №2. P. 33-36.
5. Garmash G. A., Garmash N. Yu., Berestov A. V. Gumatizirovannye udobreniya i ih jffektivnost' // Agrohicheskij vestnik. 2013. №2. P. 11-13.
6. Kshnikatkina A. N., Rusyaev I. G. Urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj pshenicy v zavisimosti ot predposevnoj obrabotki semyan kompleksnymi mikroudobreniyami i bakterial'nymi preparatami // Agrohicheskij vestnik. 2018. №3. P. 48-50.
7. Loshakov V. G. Sevooborot i plodorodie pochvy. M.: Izd. VNIIA, 2012. 512 p.
8. Loshakov V. G. Zelenye udobreniya v zemledelii Rossii/ pod red. Sycheva V. G. M.: Izd-vo VNIIA, 2015. 180 p.

9. Matyuk N. S., Polin V. D., Nikolaev V. A. Izmenenie agrofizicheskikh svoystv pochvy pod dejstviem priemov obrabotki i udobrenij // Vladimirskij zemledec. 2015. № 2 (72). P. 12-14.
10. Nikolaev V. A., Belenkov A. I. Vliyanie raznyh priemov obrabotki dernovo-podzolistoj pochvy na ee slozhenie i urozhajnost' yachmenya // Izvestiya TSXA. 2014. Vol. 5. P. 103-109.
11. Barzegar A.R., Yousefi A., Daryashenas A. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat // Plant and Soil. 2013. № 3. P. 29-34.
12. Esaulko A.N., Ozheredova A.Yu., Sigida M.S. Introduction of calculated closes of mineral fertilizers to achieve maximum productivite of winter wheat varieties on chernozem leached Stavropol unland // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Vol. 8. №6. P. 778-781.
13. Toigildin A.L., Morozov V.I., Podsevalov M.I. Selection of winter wheat predecessors in crop rotations of the Volga region forest steppe // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol. 6-7. № 6. P. 2203-2209.

Информация об авторах

Матюк Николай Сергеевич, профессор кафедры земледелия и методики опытного дела факультета агрономии и биотехнологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (РФ, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1142-2810> E-mail: nsmatukzem@gmail.com

Николаев Владимир Антонович, доцент кафедры земледелия и методики опытного дела факультета агрономии и биотехнологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (РФ, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат сельскохозяйственных наук,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8974-3609> E-mail: vladimir_nikolaev0202@mail.ru

Щигрова Людмила Ивановна, аспирант кафедры земледелия и методики опытного дела факультета агрономии и биотехнологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (РФ, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49),

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4020-2884> E-mail: shchigrova@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.67.03:502.51

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-11

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОЛИВНОЙ ВОДЫ ДЛЯ АГРОЛАНДШАФТОВ ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF MODERN BIOTECHNOLOGY IMPROVE THE QUALITY OF IRRIGATION WATER FOR AGRICULTURAL LANDS OF THE VOLGA-DON INTERFLUVE

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

М.В. Фролова, кандидат биологических наук

А.А. Зибаров, кандидат сельскохозяйственных наук

М.В. Московец, старший научный сотрудник

V.V. Melikhov, M.V. Frolova, A.A. Sibarov, M.V. Moskovets

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», г. Волгоград

Federal State Budget Scientific Institution « All-Russian research institute of irrigated agriculture », Volgograd

Дата поступления в редакцию 28.05.19

Дата принятия к печати 03.09.19

Received 28.02.2019

Submitted 03.09.2019

В течение последних десятилетий из-за существенного увеличения использования человеком биогенных веществ, особенно в сельском хозяйстве в качестве удобрений и детергентов, наблюдается возрастание трофии водоемов. Это сопровождается резким увеличением оби-

лия фитопланктона (в особенности цианобактерий), зарастанием водной растительностью прибрежных мелководий и изменением качества воды, что создает серьезную угрозу для функционирования этих экосистем и влияет на безопасность питьевой воды, водоснабжение агроландшафтов, и, следовательно, на здоровье человека. Природная среда Волго-Донского междуречья сформирована на базе исторически сложившейся естественной экологической системы, но под значительным воздействием современной искусственной агробиологической системы. Вместе они образуют новую природно-антропогенную систему (водную и почвенную системы) более высокого ранга, которая и рассматривается как объект рационального использования [2]. В статье представлены результаты научных исследований, проведенные в системе локального эколого-мелиоративного мониторинга по разработке и практическому освоению современной биотехнологии повышения качества поливной воды в открытых водоемах с применением хлореллы штамма *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111. В ходе данной научной работы удалось предотвратить интенсивное «цветение» воды сине-зелеными водорослями на территории Береславского и Варваровского водохранилищ и, как следствие, это позволило сбалансировать гидрохимический и гидробиологический состав воды и снизить трофический статус водоемов.

Over the past few decades, due to the significant increase in human use of nutrients, especially in agriculture as fertilizers and detergents, there has been an increase in the trophies of water bodies. This is accompanied by a sharp increase in the abundance of phytoplankton (especially cyanobacteria), overgrowth of aquatic vegetation in shallow coastal waters and changes in water quality, which pose a serious threat to the functioning of these ecosystems, affecting the safety of drinking water, water supply to agricultural landscapes, and, consequently, human health. The natural environment of the Volga-don interfluvium is formed on the basis of the historically developed natural ecological system, but under the significant influence of the modern artificial agro-biological system. Together they form a new natural and anthropogenic system (water and soil systems) of higher rank, which is considered as an object of rational use [2]. The article presents the results of research carried out in the system of local ecological and meliorative monitoring for the development and practical development of modern biotechnology to improve the quality of irrigation water in open water using *Chlorella* strain *Chlorella vulgaris* IGF №C-111. In the course of this scientific work, it was possible to prevent intensive "blooming" of water with blue-green algae in the territory of the bereslav And Varvarovsky reservoirs and, as a result, it allowed to balance the hydrochemical and hydrobiological composition of water and reduce the trophic status of reservoirs.

Ключевые слова: фитопланктон, зеленые водоросли, сине-зеленые водоросли, цветение воды, эвтрофикация, качество воды.

Key words: phytoplankton, green algae, blue-green algae, algal blooms, eutrophication, water quality.

Цитирование: Мелихов В.В., Фролова М.В., Зибаров А.А., Московец М.В. Экологическая оценка современной биотехнологии улучшения качества поливной воды для агроландшафтов Волго-Донского междуречья. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 94-101. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-11.

Citation. Melihov V.V., Frolova M.V., Zibarov A.A., Moskovets M.V. Environmental assessment of modern biotechnology improve the quality of irrigation water for agricultural lands of the Volga-Don interfluvium. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 94-101. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-11.

Введение. Рост численности населения и антропогенная деятельность человека приводит к ряду экологических проблем, в частности антропогенной эвтрофикации водных объектов [14, 6], серьезно угрожая безопасности питьевой воды, водоснабжению агроландшафтов и социально-экономическому развитию.

Природная среда Волго-Донского междуречья формируется на базе исторически сложившейся естественной экологической системы, но под значительным воздействием современной искусственной агробиологической системы (рисунок 1). В первом случае – это природные геобиоценозы, во втором – культурные агробиоценозы. Взятые

вместе, они и образуют новую природно-антропогенную систему (водную и почвенную системы или агроландшафт) более высокого ранга, которая и выступает как объект рационального использования [2]. Каждая водная система обладает своим потенциалом, способностью предоставлять обществу определённое количество возможностей и предпосылок для использования ее ресурсов.

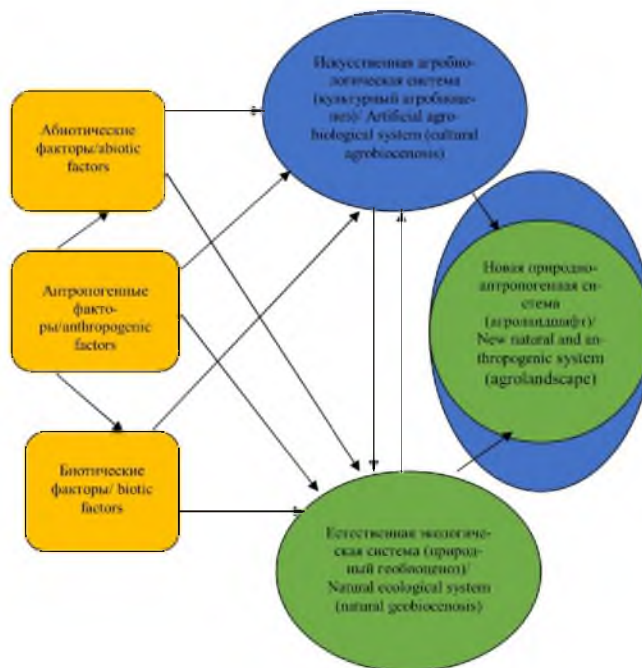


Рисунок 1 – Схема формирования новой природно-антропогенной системы (водной экосистемы, агроландшафта)

Figure 1 - Scheme of the formation of a new natural and anthropogenic system (aquatic ecosystem, agrolandscape)

Структурные и функциональные особенности водных организмов определяются морфометрическими параметрами, характером водообмена и поверхностного стока, объемом поступления биогенных веществ. В ходе увеличения трофического статуса водоема происходит изменение течения естественных биологических процессов, снижение способности к самоочищению и, как следствие, создаются условия для крупномасштабного размножения сине-зеленых водорослей (цианобактерий) [1, 12].

Цианобактерии обладают уникальными физиологическими характеристиками (высокий коэффициент размножения, нетребовательность к световым условиям, колебаниям температуры, обезвоживанию, химическим веществам), благодаря которым им легко стать доминирующими видами и формировать «цветение» [7].

При «цветении» воды в водоемах биомасса водорослей скапливается в прибрежной части и разлагается. Разлагающиеся водоросли вызывают негативные явления и в самом водоеме: заметное снижение прозрачности воды, появление неприятного запаха, снижение содержания растворенного кислорода, появление токсинов в воде, что в конечном итоге приводит к гибели многих водных обитателей и наносит серьезный ущерб здоровью водной экосистемы [15].

Сине-зеленые подщелачивают воду и создают благоприятные условия для развития патогенной микрофлоры и возбудителей кишечных заболеваний, в том числе холерного вибриона. Эти водоросли способны противостоять потреблению зоопланктоном, формируя крупные колонии и выделяя в воду токсины и экзометаболиты, такие

как микроцистин, которые влияют на безопасность питьевой воды и здоровье человека [5, 13]. Причем эта проблема касается не только России, но и других стран, ставя под угрозу крупные пресноводные водоемы мира [9, 11, 4, 10].

Профилактика и контроль цветения водорослей является предметом исследований последних лет [3, 6]. Перед учеными ставится задача в необходимости изучения антропогенного воздействия поверхностных стоков и поступления биогенных элементов на открытые водоемы, используемые в целях орошения, оценка экологического состояния водоемов для оросительных мелиораций (качество воды по гидрохимическому и гидробиологическому состоянию) и создание экономически эффективного метода, способного снижать концентрацию биогенов в открытые водоемы.

После проведенного мониторинга качества воды поверхностных водоемов ставилась задача разработать биологизированный способ ее мелиорации для систем управления режимами орошения сельскохозяйственных культур, используя адаптированный штамм *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111 (патент РФ № 1751981) к воде, вселяемых водоемов и наблюдение за его влиянием на состояние природного планктона в стадии «цветения» воды.

Материалы и методы. Наблюдения и исследования по вселению хлореллы проводились на заливах Варваровского и Береславского водохранилищ Волго-Донского судоходного канала (ВДСК) с 2008 по 2017 гг., предварительно были изучены гидрохимическое и гидробиологическое состояние водоемов. По данным предшествующих лет, в Береславском и Варваровском в водохранилищах наблюдалось «цветение» воды, вызванное сине-зелеными водорослями, биомасса которых в летний период достигала 18 г/м^3 , а в заливах и бухтах – до 40 г/м^3 . В работе использовались справочные данные и статистические материалы Нижневолжского водного бассейнового управления, кроме того, собственные результаты исследований по современному состоянию гидрохимического и гидробиологического режимов водоемов в течение 2008-2017 гг. Изучение состояния химического состава воды, количественного и качественного состава гидробионтов (фитопланктона), а также адаптация штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 проводились на водоеме в местах водозабора воды для орошения сельскохозяйственных культур.

Научная работа проводилась по общеизвестным методическим рекомендациям зоологического института РАН и Росгидромета. Исследование состояния фитопланктона проводилось батометром Молчанова, скляночным кислородным методом Г.Г. Винберга, пробы фиксировались раствором Утермеля с добавлением формалина. Анализы воды выполнялись в аккредитованных гидрохимических и гидробиологических лабораториях.

Важной характеристикой качества вод водного объекта является индекс загрязненности вод (ИЗВ). Расчет ИЗВ производится по среднегодовым концентрациям ингредиентов, вносящих наибольший вклад в загрязнение рассматриваемого водного объекта.

Результаты и обсуждение. Анализ проведенных работ по вселению хлореллы в заливы Варваровского и Береславского водохранилищ показал, что качество воды значительно улучшилось с загрязненной до чистой. Индекс загрязнения воды (ИЗВ) в 2017 году снизился по сравнению с 2008 годом на 42-45 % (таблица 1).

Средний уровень ИЗВ в 2017 году составил от 0,605 до 0,635 единиц, а в среднем – 0,620, что позволяет отнести воду на Варваровском и Береславском водохранилищах ко II классу качества воды (чистые, ИЗВ = 0,3 -1,0).

За период исследований с 2010 по 2017 г. в Варваровском и Береславском водохранилищах сезонные количественные показатели синезеленых водорослей колебались в широких пределах от 13 до 1800 млн.кл/л, зеленых – от 82 до 11370 млн.кл/л; биомасса синезеленых – от 0,010 до 0,734 мг/л., биомасса зеленых – от 0,14 до 9,806 мг/л (таблица 2).

Таблица 1 – Динамика изменения качества воды (по ИЗВ) Варваровского и Береславского водохранилищ за период 2008-2017 гг.

Table 1 – Dynamics of changes in water quality (according to WPI) of the Varvarov and Bereslav reservoirs for the period 2008-2017.

Год Year	Величина ИЗВ Value WPI	Описание класса Class Description	Качество воды Water Quality
2008	2,702/2.642	четвертый/ четвертый fourth / fourth	загрязненная/ загрязненная contaminated / contaminated
2009	1,246/1.230	третий/ третий third / third	умеренно загрязненная/ умеренно загрязненная moderately polluted / moderately polluted
2010	1,220/1,210	третий/ третий third / third	умеренно загрязненная/ умеренно загрязненная moderately polluted / moderately polluted
2011	0,947/0,911	второй/ второй second / second	чистая/чистая clean / clean
2012	0.965/0,881	второй/ второй second / second	чистая/чистая clean / clean
2013	0,865/0,800	второй/ второй second / second	чистая/чистая clean / clean
2014	0,715/0,645	второй/ второй second / second	чистая/чистая clean / clean
2015	0,666/0,637	второй/ второй second / second	чистая/чистая clean / clean
2016	0,604/0,666	второй/ второй second / second	чистая/чистая clean / clean
2017	0,605/0,635	второй/ второй second / second	чистая/чистая clean / clean

*числитель – Варваровское водохранилище, знаменатель – Береславское водохранилище

* numerator - Varvarov reservoir, denominator - Bereslav reservoir

Таблица 2 – Состояние фитопланктона Варваровского и Береславского водохранилищ (численность клеток – тыс. кл./л)

Table 2 – Phytoplankton status of the Varvarovsky and Bereslavsky reservoirs (cell number - thousand cells / l)

Наименование Name	Март March	Апрель April	Май May	Июнь June	Июль July	Август August	Сентябрь September
2010 год/ year							
Сине-зеленые Blue green	24/14	15/15	3098/16	2570/25	2162/2872	1800/2208	407/1800
Зеленые / Green	300/235	978 /129	10294/113	2690/135	3305/3530	10210/11370	3200/2280
2017 год/ year							
Сине-зеленые Blue green	15/13	44/32	1820/58	1970/90	1600/1549	1230/1430	280/520
Зеленые / Green	427/82	1220/256	6909/393	7840/610	8200/2950	10340/8740	5700/2410

*числитель – Варваровское водохранилище, знаменатель – Береславское водохранилище/ the numerator is the Varvarov reservoir, the denominator is the Bereslav reservoir

Основу численности и биомассы в 2017 году составляли зелёные водоросли. *Chlorella vulgaris* зарегистрирована с июня по сентябрь в Варваровском и Береславском водохранилищах (от 1 до 60 % общей биомассы фитопланктона).

Анализ количественных показателей фитопланктона в исследуемых водохранилищах выявил изменение структуры альгоценозов под воздействием штамма *Chlorella vulgaris* в 2017 г., в сторону увеличения зеленых водорослей и снижения сине-зеленых (таблица 3).

Таблица 3 – Биомасса водорослей в Варваровском и Береславском водохранилищах (мг/л)

Table 3 – Algal biomass in the Barbarian and Bereslav reservoir (mg / l)

Наименование Name	Март March	Апрель April	Май May	Июнь June	Июль July	Август August	Сентябрь September
2010 год/ year							
Сине-зеленые Blue green	0,015/ 0,010	0,009/ 0,018	0,167/ 0,046	0,734/0,075	0,550/ 0,398	0,440/ 0,809	0,09/ 0,330
Зеленые / Green	0,20/ 0,044	0,014/ 0,098	0,676/ 0,045	1,890/0,045	1,208/ 1,70	9,830/ 9,806	1,109/ 1,006
2017 год/ year							
Сине-зеленые Blue green	0,020/ 0,018	0,020/ 0,047	0,430/ 0,057	0,533/0,071	0,370/ 0,540	0,161/ 0,430	0,075/ 0,190
Зеленые Green	0,405/ 0,047	0,99/ 0,201	1,740/ 0,293	3,505/0,930	5,300/ 3,400	9,780/ 7,471	4,710/ 2,005

*числитель – Варваровское водохранилище, знаменатель – Береславское водохранилище/ the numerator is the Varvarov reservoir, the denominator is the Bereslav reservoir

Установлено, что вселение хлореллы с 2009 по 2017 гг. оказало положительное влияние на соотношение сине-зеленых и зеленых водорослей, численность клеток и биомасса сине-зеленых водорослей снижались, а зеленых увеличивались, что повлияло на качество воды в Варваровском и Береславском водохранилищах.

Заключение. Проведенные исследования и результаты работ по применению современной биотехнологии улучшения качества поливной воды с применением штамма *Chlorella vulgaris* ИФР №С-111 на заливах Береславского и Варваровского водохранилищ с 2010 года по 2017 год позволили предотвратить интенсивное «цветение» воды сине-зелеными водорослями. Используемая биотехнология сбалансировала нагрузку поступления биогенных веществ на ограниченные водные ресурсы и тем самым улучшила гидрохимический и гидробиологический составы воды.

Библиографический список

1. Мониторинг экологического состояния водохранилищ ВДСК при альголизации штаммом хлореллы ИФР №С-111 / П.И. Кузнецов, В.В. Мелихов и др. // Орошаемое земледелие. 2014. №1. С. 47-50.
2. Характер и направленность изменений климатических параметров Волгоградской области / В.В. Мелихов, А.А. Зибаров, Н.П. Мелихова, А.В. Романова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 60-67.
3. Чернова Е.Н., Русских Я.В., Жаковская З.А. Физические и химические методы воздействия на цианобактериальное «цветение» водоемов: обзор// Региональная экология. 2018. № 3 (53). С. 39-61.
4. An overview of cyanobacterial bloom occurrences and research in Africa over the last decade / L.L. Ndlela, P.J. Oberholster, J.H. Van Wyk, P.H. Cheng // Harmful Algae. 2016. Dec. Vol. 60. P. 11-26.
5. Carmichael W.W., Boyer G.L. Health impacts from phytoplankton harmful algae blooms: implications for the North American Great Lakes //Harmful Algae. 2016. Vol. 54. P. 194-212.
6. Jetoo S. Barriers to effective eutrophication governance: a comparison of the Baltic Sea and North American Great Lakes // Water. 2018. Vol. 10 (4). P. 400.

7. Identification of the “source” and “sink” patterns influencing non-point source pollution in the Three Gorges Reservoir Area / J. Wang, J. Shao, D. Wang et al. // J.Geogr. Sci. 2016. Vol. 26 (10). P. 1431-1448.
8. Goncalves A. L., Pires Jose C.M., Simoes Manuel. Wastewater polishing by consortia of *Chlorella vulgaris* and activated sludge native bacteria // Journal of cleaner production. 2016. Oct. Vol. 133. P. 348-357.
9. Modeling mitigation strategies for toxic cyanobacteria blooms in shallow and eutrophic Lake Kasumigaura, Japan / M. N. Islam, D. Kitazawa, T. Hamill, H.-D. Park // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2013. Apr. Vol. 18. № 4. P. 449-470.
10. Paerl H.W., Otten T.G. Harmful Cyanobacterial Blooms: Causes, Consequences, and Controls // Microbial Ecology. 2013. May. Vol. 65. № 4. P. 995-1010.
11. Quantifying the combined effects of land use and climate changes on stream flow and nutrient loads: A modelling approach in the Odense Fjord catchment (Denmark) / E. Molina-Navarro, H. E. Andersen, A. Nielsen, H. Thodsen, D. Trolle // Science of the Total Environment. 2018. Apr. Vol. 621. P. 253-264.
12. Simulation-based assessment of the impact of fertiliser and herbicide application on freshwater ecosystems at the Three Gorges Reservoir in China / B. Scholz-Starke, L. Bo, A. Holbach et al. // Sci. Total Environ. 2018. Vol. 639. P. 286-303.
13. Tollefson J. Forecasting efforts target harmful plankton blooms // Nature. 2018. Vol. 555 (7698). P. 569-570.
14. Tollefson J. Heatwaves blamed on global warming // Nature. 2012. Vol. 488 (7410). P. 143.
15. Tracking cyanobacteria blooms: Do different monitoring approaches tell the same story? / I. Bertani, Cara E. Steger et. al. // Science of The Total Environment. 2017. January. Vol. 575. P. 294-308.

Reference

1. Monitoring jekologicheskogo sostoyaniya vodohranilisch VDSK pri al'golizacii shtammom hlorelly IFR №S-111 / P. I. Kuznecov, V. V. Melihov i dr. // Oroshaemoe zemledelie. 2014. №1. P. 47-50.
2. Harakter i napravlennost' izmenenij klimaticheskikh parametrov Volgogradskoj oblasti / V. V. Melihov, A. A. Zibarov, N. P. Melihova, A. V. Romanova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1 (53). P. 60-67.
3. Chernova E. N., Russkih Ya. V., Zhakovskaya Z. A. Fizicheskie i himicheskie metody vozdejstviya na cianobakterial'noe “cvetenie” vodoemov: obzor// Regional'naya jekologiya. 2018. № 3 (53). P. 39-61.
4. An overview of cyanobacterial bloom occurrences and research in Africa over the last decade / L.L. Ndelela, P.J. Oberholster, J.H. Van Wyk, P.H. Cheng // Harmful Algae. 2016. Dec. Vol. 60. P. 11-26.
5. Carmichael W.W., Boyer G.L. Health impacts from phytoplankton harmful algae blooms: implications for the North American Great Lakes //Harmful Algae. 2016. Vol. 54. P. 194-212.
6. Jetoo S. Barriers to effective eutrophication governance: a comparison of the Baltic Sea and North American Great Lakes // Water. 2018. Vol. 10 (4). P. 400.
7. Identification of the “source” and “sink” patterns influencing non-point source pollution in the Three Gorges Reservoir Area / J. Wang, J. Shao, D. Wang et al. // J.Geogr. Sci. 2016. Vol. 26 (10). P. 1431-1448.
8. Goncalves A. L., Pires Jose C.M., Simoes Manuel. Wastewater polishing by consortia of *Chlorella vulgaris* and activated sludge native bacteria // Journal of cleaner production. 2016. Oct. Vol. 133. P. 348-357.
9. Modeling mitigation strategies for toxic cyanobacteria blooms in shallow and eutrophic Lake Kasumigaura, Japan / M. N. Islam, D. Kitazawa, T. Hamill, H.-D. Park // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2013. Apr. Vol. 18. № 4. P. 449-470.
10. Paerl H.W., Otten T.G. Harmful Cyanobacterial Blooms: Causes, Consequences, and Controls // Microbial Ecology. 2013. May. Vol. 65. № 4. P. 995-1010.
11. Quantifying the combined effects of land use and climate changes on stream flow and nutrient loads: A modelling approach in the Odense Fjord catchment (Denmark) / E. Molina-Navarro, H. E. Andersen, A. Nielsen, H. Thodsen, D. Trolle // Science of the Total Environment. 2018. Apr. Vol. 621. P. 253-264.

12. Simulation-based assessment of the impact of fertiliser and herbicide application on freshwater ecosystems at the Three Gorges Reservoir in China / B. Scholz-Starke, L. Bo, A. Holbach et al. // Sci. Total Environ. 2018. Vol. 639. P. 286-303.

13. Tollefson J. Forecasting efforts target harmful plankton blooms // Nature. 2018. Vol. 555 (7698). P. 569-570.

14. Tollefson J. Heatwaves blamed on global warming // Nature. 2012. Vol. 488 (7410). P. 143.

15. Tracking cyanobacteria blooms: Do different monitoring approaches tell the same story? / I. Bertani, Cara E. Steger et. al. // Science of The Total Environment. 2017. January. Vol. 575. P. 294-308.

Информация об авторах

Мелихов Виктор Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, член корреспондент РАН, ФГБНУ Всероссийский НИИ орошаемого земледелия (Р.Ф. 400002, Волгоград Тимирязева 9), vnioz@yandex.ru; телефон: (8442) 60-24-33, 8 9178483249, <https://orcid.org/0000-0002-8240-3385>.

Фролова Мария Викторовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский НИИ орошаемого земледелия (Р.Ф. 400002, Волгоград Тимирязева 9), mik-kinfm@gmail.com; телефон: 8-9275093704, <https://orcid.org/0000-0003-0778-228X>.

Зибаров Анатолий Александрович, ведущий сотрудник отдела орошаемого земледелия и агроэкологии, ФГБНУ Всероссийский НИИ орошаемого земледелия (Р.Ф. 400002, Волгоград Тимирязева 9), кандидат сельскохозяйственных наук, a_zibarov@mail.ru, 8(844) 60-23-23, <https://orcid.org/0000-0003-6131-8205>.

Московец Мария Васильевна, старший научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский НИИ орошаемого земледелия (Р.Ф. 400002, Волгоград Тимирязева 9), vnioz-algo@yandex.ru; телефон: 8-9047729787, <https://orcid.org/0000-0003-1997-6313>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.526.325:632.3:631.67(470.56)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-12

ПОДБОР СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ С НИЗКОЙ ПОРАЖАЕМОСТЬЮ К *STREPTOMYCES SCABIES* И *FUSARIUM OXYSPORUM* В ОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

SELECTION OF VARIETIES OF POTATO WITH LOW EFFICIENCY TO *STREPTOMYCES SCABIES* AND *FUSARIUM OXYSPORUM* IN THE IRRIGATED CONDITIONS OF THE SOUTHERN URALS

А.А. Мушинский¹, доктор сельскохозяйственных наук

Е.В. Аминова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

А.Ж. Саудабаева¹, кандидат биологических наук

А.А. Новиков², кандидат сельскохозяйственных наук

A.A. Mushinskiy, E.V. Aminova, A.Z. Saudabayeva, A.A. Novikov

¹Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук, г. Оренбург

²Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

¹Federal Scientific Centre of Biological systems and Agrotechnologies
of Russian Academy of Sciences, Orenburg

²All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Дата поступления в редакцию 01.07.2019

Дата принятия к печати 02.09.2019

Received 01.07.2019

Submitted 02.09.2019

На основе анализа данных исследований за 2016-2018 годы была проведена оценка общей и специфической адаптивной способности и стабильности сортов *Solanum tuberosum* L. к парше обыкновенной (*Streptomyces scabies*), столонной гнили и фузариозному увяданию карто-

феля (*Fusarium oxysporum*). Идентифицированы сорта, наиболее адаптированные к агроэкологическим условиям Южного Урала. Производителям картофеля важно знать устойчивость новых сортов к специфическим спектрам патогенов, их приспособленность к природно-климатическим условиям мест возделывания культуры, а также к используемым адаптивным технологиям и способам хранения. Большинство патогенных заболеваний картофеля наносит огромный ущерб сельскому хозяйству, так как снижает товарные качества урожая и тем самым приводит к финансовым потерям сельхозпроизводителей. В работе мы рассматриваем вопрос поражаемости *Solanum tuberosum* L. паршой обыкновенной (*Streptomyces scabies*), столонной гнили и фузариозное увядание картофеля (*Fusarium oxysporum*) путем сравнения сортов российской и зарубежной селекции, возделываемых в орошаемых условиях Оренбургской области. Проведенные в 2016-2018 годах исследования, выполненные в соответствии с планом НИР на 2019 - 2020 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0011) на экспериментальной базе ООО «Агрофирма «Промышленная»», комплексная фитопатологическая оценка сортов картофеля разных групп спелости позволили сравнить их качество и иммунитет к перечисленным заболеваниям в условиях Оренбургской области. За период проведения исследований *Streptomyces scabies* проявилась на контрольных вариантах сортов Невский (1 %) и Спиридон (3,1 %), в вариантах с посадками сортов: Любава – 12,1 %, Агат – 3,2 %, Буррен – 2,3 %, Ред Скарлетт и Фреско – 1 %. На остальных изучаемых сортах поражение паршой обыкновенной отсутствовало, поражение клубней *Fusarium oxysporum* наблюдалось у сортов: Агат – 9,4 %, Любава – 3,8 %, Фреско – 1,3 %, Буррен – 1,0 %, Невский (контроль) – 4,2 %. Не имели грибных, вирусных и бактериальных болезней растения 4 сортов (Кавалер, Захар, Тарасов и Розара). Высаженные сорта иностранной селекции в агроклиматических условиях вегетационных периодов 2016-2018 гг. уступали отечественным по устойчивости к заболеваниям и качеству клубней.

Based on the analysis of research data for 2016-2018, an assessment was made of the total and specific adaptive capacity and stability of *Solanum tuberosum* L. varieties for common scab (*Streptomyces scabies*), stolon rot and (*Fusarium oxysporum*) potatoes. We identified the varieties, which most adapted to the agro-ecological conditions of the Southern Urals. It is important for potato producers to know the resistance of new varieties to the specific spectra of pathogens, their adaptability to the natural and climatic conditions of cultivation sites, also to the adaptive technologies and storage methods. Most potato pathogenic diseases are of great economic importance for agriculture, since they reduce the commercial quality of the crop and thus lead to financial losses for agricultural producers. In this research, we consider the problem of *Solanum tuberosum* L. susceptibility to common scab (*Streptomyces scabies*), stolon rot and Fusarium wilting potatoes (*Fusarium oxysporum*) by comparing varieties of Russian and foreign breeding cultivated under irrigated conditions of the Orenburg region. The studies carried out in 2016–2018 carried out in accordance with the R & D plan for 2019–2020. FSBI FSTS BST RAS (No. 0761-2019-0011), on the experimental base of Agrofirma Promyshlennaya LLC, a comprehensive phytopathological assessment of potato varieties of different groups of ripeness allowed us to compare their quality and immunity to the diseases listed in the Orenburg region. During the period of research *Streptomyces scabies* was found in the control variants of the varieties Nevsky (1 %) and Spiridon (3,1 %), in the variants with plantings of the varieties: Lyubava – 12,1 %, Agate – 3,2 %, Burren – 2,3 %, Red Scarlett and Fresco – 1 %. There was no common scab in the remaining studied varieties of sorts, *Fusarium oxysporum* tubers were affected by the following varieties: Agate – 9,4 %, Lyubava – 3,8 %, Fresco – 1,3 %, Burren – 1,0 %, Nevsky (control) – 4,2 %. There were 4 types of plant fungal, viral and bacterial diseases (Cavalier, Zahar, Tarasov and Rozara). Planted varieties of foreign selection in the agro-climatic conditions of the growing season 2016-2018, unlike domestic, were less resistant to diseases, and the quality of their tubers were worse. foreign varieties in contrast to domestic, the quality of the tubers below.

Ключевые слова: *Streptomyces scabies*, *Fusarium oxysporum*, поражаемость *Solanum tuberosum* L.

Key words: *Streptomyces scabies*, *Fusarium oxysporum*, potato susceptibility.

**Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2019 - 2020 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0011).*

Цитирование. Мушинский А.А., Аминова Е.В., Саудабаева А.Ж. Подбор сортов картофеля с низкой поражаемостью к *Streptomyces scabies* и *Fusarium oxysporum* в орошаемых условиях Южного Урала. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 101-107. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-12.

Citation. Mushinskiy A. A., Aminova E. V., Saudabayeva A. Z. Selection of varieties of potato with low efficiency to *Streptomyces scabies* and *Fusarium oxysporum* in the irrigated conditions of the Southern Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 101-107. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-12.

Введение. По данным Россельхозцентра и Госкомиссии по испытанию и охране селекционных достижений, сорта картофеля зарубежной селекции используются в РФ более широко, чем отечественные. За последние 3 года эта тенденция усиливается: в Госреестр РФ внесено 88 сортов картофеля, из них только 32 отечественных. Площадь производственных посадок сортов картофеля отечественной селекции составляет менее 30 % [4]. Это связано с отсутствием данных по оценке продуктивности, устойчивости к наиболее вредоносным патогенам, агроклиматическим условиям мест произрастания, соответствия конкретным требованиям потребителей и переработчиков картофеля, недостаточного объема семенного фонда новых отечественных сортов для обеспечения запросов товарного картофелеводства [5]. Подбор устойчивых сортов позволяет без применения дополнительных затрат на фунгициды и обработку растений существенно повысить урожайность в данных условиях. Вирусные и бактериальные заболевания картофеля вызывают значительные потери урожая во всем мире [2, 3, 12]. В условиях засушливого климата Оренбургской области при сильном распространении тяжелых форм вирусных, грибковых и бактериальных заболеваний многие высокопродуктивные сорта отечественной селекции на 5-6 год (зарубежной селекции уже на 2-3 год) репродукции резко снижают урожайность, ухудшают качественные показатели и лежкость, подвергаются резкому вырождению. Наиболее эффективным способом борьбы с *Streptomyces scabies* и *Fusarium oxysporum* является химическая защита с применением фунгицидов. Однако их применение нежелательно с точки зрения экологии. Поэтому необходимо уделять особое внимание поиску наиболее устойчивых к болезням сортов картофеля [2, 10].

Цель исследований состоит в получении экспериментальных данных по поражаемости возделываемых сортов *Solanum tuberosum* L. к патогенам *Streptomyces scabies* и *Fusarium oxysporum* в орошаемых условиях Южного Урала.

Задача исследований – определение сортов *Solanum tuberosum* L. с низким уровнем поражаемости *Streptomyces scabies* и *Fusarium oxysporum* в орошаемых условиях Южного Урала.

Материалы и методы. Распознавание проводили по клубневому анализу согласно ГОСТ 7194-81, 20290-74, 29267-91, Р 55329-2012 и ИФА-тестом. Учет грибных и бактериальных болезней проводили по ботве в фазе полного цветения, в том числе с выкопкой больных кустов и осмотром подземной части стеблей, а также материнского клубня. Для этого по диагонали посадок каждого сорта осматривали по 100 кустов картофеля в 4-х кратной повторности.

Solanum tuberosum L. высаживали в мае четырёхрядной картофелесажалкой GRUSE FL-20KLZ с междурядьем 0,75 м и полугребневой заделкой клубней. Опыт закладывали методом расщепленных делянок. Площадь делянки 140 м² (длина 40 м, ширина 2,8 м). Учётная площадь 70 м² (длина 50 м, ширина 1,4 м). Расположение вариантов в повторении систематическое. Повторность трехкратная.

Гребни высотой 0,23...0,25 м формировали роторным культиватором Schmotzer KNM-4-75. Сорта выращивались в относительно чистых фитосанитарных условиях, в июле провели двукратную обработку фунгицидами (Абига Пик, Акварин, Гикос) и гербицидами.

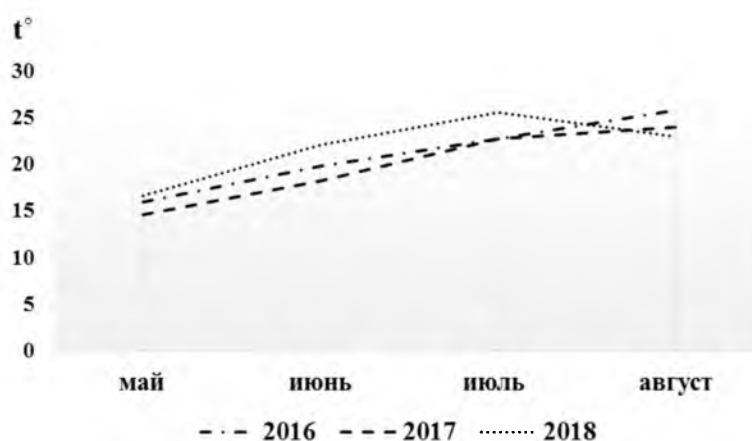
За время вегетации было проведено 7 поливов дождевальными машинами BAUER «система 5000» с оросительной нормой 2950 м³/га. За вегетацию выпало 790 м³/га осадков. Уборку по делянкам проводили вручную.

Почвенный покров опытного участка - чернозём южный, среднетугумусный, среднеспелый (4,2 % гумус, 6,88 мг\100 г почвы NO_3^- , 2,59 - 3,89 мг\100 г почвы P_2O_5 , 33 – 45 мг\100 г почвы K_2O).

В опыте высаживали следующие сорта: Любава, Невский, Кузовок, Фреско, Буррен, Ред Скарлетт, Фреско, Спиридон, Тарасов, Сантэ, Импала, Шери, Розара, Захар, Агат, Ицил, Кавалер, Браслет. В качестве контроля были взяты районированные сорта: Невский и Спиридон.

Результаты и обсуждение. Период наблюдений с 2016 по 2018 гг. характеризовался разнообразными климатическими условиями, это позволило многосторонне оценить поражаемость сортов *Solanum tuberosum* L., наиболее распространёнными и опасными патогенами. Засушливые погодные условия во время вегетации складывались в 2017 году и 2018 году, количество осадков составило 53 мм и 49 мм.

По температурному режиму 2018 год можно назвать благоприятным для интенсивного развития патогенов картофеля при орошении, а 2016 и 2017 годы характеризовать как относительно благоприятные. Годы исследований различались по климатическим характеристикам, что позволило наиболее объективно оценить устойчивость изучаемых сортов к наблюдаемым патогенам (рисунок 1).



Note: май июль июль август – May June July August

Рисунок 1 – Среднемесячная температура воздуха (2016-2018 гг.)

Figure 1 – Average monthly air temperature (2016 - 2018)

За три года исследований на экспериментальных посадках проявлялись только заболевания *Streptomyces scabies* и *Fusarium oxysporum*, наибольшая потеря урожайности и пораженность растений наблюдалась в 2018 г., возможно, причиной этому послужило то, что данный год был более влажным, с наиболее высокой среднемесячной температурой воздуха, что способствовало прогрессированию данных заболеваний, еще, вероятно, имеет место адаптация патогенов к данным сортам в течение предыдущих лет.

Streptomyces scabies (парша обыкновенная) развивается на поверхности клубня в виде язв, которые имеют различную величину и форму [2, 1, 11]. Она является широко распространенным заболеванием, вызывается патогенными видами *Streptomyces*, которые синтезируют фитотоксин такстомирин [4, 7]. Вредоносность состоит в снижении товарной ценности клубней: ухудшении вкусовых качеств, уменьшении содержания крахмала, ухудшении лёжкости клубней. Повреждения кожуры, вызываемые патогеном, обеспечивают благоприятные условия для проникновения в клубни раневых патогенов, возбудителей сухих и мокрых гнилей [6, 9]. Отбор сорта – одна из ключевых практик управления, используемая для снижения воздействия этого заболевания [2].

За период проведения исследований парша обыкновенная проявилась на контрольных вариантах сортов Невский (1 %) и Спиридон (3,1 %), в вариантах с посадками сортов: Любава – 12,1 %, Агат – 3,2 %, Буррен – 2,3 %, Фреско – 1 %. На остальных изучаемых сортах поражение паршой обыкновенной отсутствовало.

Fusarium oxysporum (фузариозное увядание растений) вызывается несовершенным грибом, патоген может влиять на все части картофеля, включая листья, стебли и клубни, и может уничтожить целые поля в течение нескольких дней. Развивается грибок и в подземной части растения, что приводит к увяданию растения и повышенному образованию клубней со столонной гнилью [7]. Для развития фузариозного увядания необходимы высокие температуры и перепады влаги в почве. Такие условия могут создаваться в обширной зоне действия циклонов и антициклонов, что способствует развитию болезни на разных культурах и на больших территориях. Фузариозное увядание картофеля – опасная болезнь; она вредоносна не только для урожая текущего года, но также для следующих репродукций. Инфекция может передаваться с семенными клубнями и вызывать изреживание всходов и торможение роста растений. Источники фузариоза всегда имеются в почве, и необходимо лишь некоторое ослабление растений и благоприятные условия для развития гриба (чередование влажных и засушливых периодов при высокой температуре), чтобы грибок смог проникнуть в растение. Если возбудитель болезни уже проник в растение, то дальнейшее развитие фузариозного увядания в значительной степени зависит от условий окружающей среды. Болезнь наиболее опасна в годы с высокой температурой воздуха. Вызывает значительное снижение урожайности. Поражаются клубни в период вегетации. Гниль охватывает только столонную часть клубня, где на месте тонкого среза ткани видны коричневые, расходящиеся лучисто, линии отмерших клеток и сосудов.

По результатам проведённых исследований отмечалось поражение клубней столонной гнилью на вариантах с посадками сортов картофеля: Агат – 9,4 %, Любава – 3,8 %, Фреско – 1,3 %, Буррен – 1,0 %. На контрольном варианте поражение составило 4,2 % (сорт Невский). По остальным изучаемым сортам поражение столонной гнилью отсутствовало.

Динамика потери урожайности из-за рассматриваемых патогенов растёт с каждым годом все больше, например, у сорта контроля Невский количество поражённых клубней в кусту в 2016 г. составляет 2 шт., в 2017 г. – 8 шт. и в 2018 г. уже 12 шт. (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика потери урожайности поражённых сортов картофеля, 2016-2018 гг.

Table 1 – Dynamics of yield loss of affected varieties potato, 2016-2018

Сорт/Variety	Урожайность, т/га Productivity, t / ha			Количество поражённых клубней в кусту, шт. Number of affected tubers in the bush, pcs.		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Невский (контроль) Nevsky (control)	41,8	38,7	26,3	2	8	12
Спиридон (контроль) Spiridon (control)	43,5	39,2	37,4	5	7	9
Буррен / The Burren	39,9	36,5	31,7	4	9	12
Фреско / Fresco	47,1	43,8	42,6	1	8	10
Агат / Agate	44,3	39,8	39,0	6	9	12
Любава / Lyubava	46,9	44,6	42,8	3	7	11
НСР _{0,5}	1,8	1,7	1,3	–	–	–

Это исследование позволило оценить стрессоустойчивость и возможности роста и накопления урожая изученных сортов при неблагоприятных условиях среды, таких как экстремально жаркая и сухая погода и развитие болезней.

Заключение. В условиях Оренбургской области сорта картофеля характеризуются различными показателями как по устойчивости к *Fusarium oxysporum* и *Streptomyces scabies*, так и по урожайности. Исследование сортов картофеля – важная задача современ-

ных исследователей. Только зная потенциал сортов, можно планировать и организовывать мероприятия по химической защите картофеля от фитопатогенов. Результаты исследования показывают, что в условиях аномально жаркой погоды наблюдалось значительное снижение урожая, но у некоторых исследованных сортов оно было выражено существенно слабее. В результате проведенных исследований поражение клубней *Fusarium oxysporum* и *Streptomyces scabies* отсутствовало у 11 из 18 исследуемых сортов, для возделывания в орошаемых условиях Оренбургской области были выделены наиболее устойчивые к основным патогенам сорта *Solanum tuberosum*, сочетающие при этом высокую урожайность свыше 40 т/га: Кавалер, Захар, Тарасов и Розара. Данные сорта рекомендованы для вовлечения в селекционный процесс в качестве исходного селекционного материала устойчивого к *Fusarium oxysporum* и *Streptomyces scabies*.

Библиографический список

1. Бактериальные патогены картофеля рода *dickeya*: мини-обзор по систематике и этиологии заболеваний / А.Н. Игнатов, А.М. Лазарев, Ю.С. Панычева, Н.А. Проворов, В.К. Чеботарь // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. №1. С. 123-131.
2. Зотеева Н.М., Косарева О.С., Евдокимова З.З. Чувствительность сортов и селекционных клонов картофеля к *Rizoctonia solani* и *Streptomyces scabies* // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т.179. №4. С.141-148. doi.org/10.30901/2227-8834-2018-4-141-148
3. Игнатов А.Н., Егорова М.С., Ходыкина М.В. Распространение бактериальных и фитоплазменных болезней растений в России // Защита и карантин растений. 2015. №5. С. 6-9.
4. Картофель России: ресурсы и ситуация на рынке / Е.А. Симаков, Б.В. Анисимов, В.С. Чугунов, О.Н. Шатилова // Картофель и овощи. 2013. №3. Т. 23. С. 23-26.
5. Логинов Ю.П., Казак А.А., Якубышина Л.И. Состояние и перспективы развития картофелеводства в западной Сибири // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. Т. 75. №1. С. 50-52.
6. Мушинский А.А., Аминова Е.В., Дергилева Т.Т. Устойчивость гибридов картофеля к патогенам в орошаемых условиях степной зоны Оренбургского Предуралья // Известия Нижневожского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2018. № 4. Т.52. С. 103-108.
7. Психрофильные псевдомонады-эндофиты как потенциальные агенты в биоконтроле фитопатогенных и гнилостных микроорганизмов при холодильном хранении картофеля / А.В. Щербаков, Е.Н. Щербакова, С.А. Мулина, П.Ю. Роц, Р.Ф. Дарью, Е.И. Кипрушкина, Л.Н. Гончар, В.К. Чеботарь // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т.52. № 1. С. 116-128.
8. Раннее удаление ботвы семенного картофеля снижает заражение растений вирусами / А.А. Молявко, В.Н. Свист, Ф.Е. Антощенко, И.П. Фирсов, Р.Б. Кондратьев, С.И. Логинов // Картофель и овощи. 2013. №3. Т. 23. С. 28-29.
9. Юшкова Е.И., Павловская Н.Е., Ботуз Н.И. Рост и урожайность картофеля при обработке растений биологически активным веществом биогумуса // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 3. С. 73-76.
10. Microbial population dynamics in response to *Pectobacterium atrosepticum* infection in potato tubers / V. Koiv, M. Roosaare, E. Vedler, P.A. Kivistik, K. Toppi, D.W. Schryer, M. Remm, T. Tenson, A. Mae // Scientific Reports. 2015. № 11606. P. 1-18. DOI: 10.1038/srep11606.
11. Potato Common Scab: a Review of the Causal Pathogens, Management Practices, Varietal Resistance Screening Methods, and Host Resistance / S. Braun, A. Gevens, A. Charkowski et al. // Am. J. Potato Res. 2017. Vol. 94. № 4. P. 283-296. doi.org/10.1007/s12230-017-9575-3.
12. Potato Pathogens in Russia's Regions: An Instrumental Survey with the Use of Real-Time PCR/RT-PCR in Matrix Format / A. Malko, P. Frantsuzov, M. Nikitin, N. Statsyuk, V. Dzhevakhhiya, A. Golikov // Pathogens. 2019. Vol.8. №1. P. 18. doi.org/10.3390/pathogens8010018.

References

1. Bakterial'nye patogeny kartofelya roda *dickeya*: mini-obzor po sistematike i etiologii zabojevanij / A. N. Ignatov, A. M. Lazarev, Yu. S. Panycheva, N. A. Provorov, V. K. Chebotar' // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2018. Vol. 53. №1. P. 123-131.

2. Zoteeva N. M., Kosareva O. S., Evdokimova Z. Z. Chuvstvitel'nost' sortov i selekcionnyh klonov kartofelya k *Rizoctonia solani* i *Streptomyces scabies* // *Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii*. 2018. Vol.179. №4. P.141-148. doi.org/10.30901/2227-8834-2018-4-141-148
3. Ignatov A. N., Egorova M. S., Hodykina M. V. Rasprostranenie bakterial'nyh i fitoplazmennyyh boleznej rastenij v Rossii // *Zaschita i karantin rastenij*. 2015. №5. P. 6-9.
4. Kartoffel' Rossii: resursy i situaciya na rynke / E. A. Simakov, B. V. Anisimov, V. S. Chugunov, O. N. Shatilova // *Kartoffel' i ovoschi*. 2013. №3. T. 23. P. 23-26.
5. Loginov Yu. P., Kazak A. A., Yakubyshina L. I. Sostoyanie i perspektivy razvitiya kartofelevodstva v zapadnoj Sibiri // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. T. 75. №1. P. 50-52.
6. Mushinskij A. A., Aminova E. V., Dergileva T. T. Uстойчивость гибридов картофеля к патогенам в орошаемых условиях степной зоны Оренбургского Предуралья // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. - 2018. № 4. T.52. P. 103-108.
7. Психрофил'ные псевдомонады-эндифиты как потенциал'ные агенты в биоконтроле фитопатогенных и гнилостных микроорганизмов при холодильном хранении картофеля / A. V. Scherbakov, E. N. Scherbakova, S. A. Mulina, P. Yu. Roc, R. F. Dar'yu, E. I. Kiprushkina, L. N. Gonchar, V. K. Chebotar' // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2017. T.52. № 1. P. 116-128.
8. Раннее удаление ботвы семенного картофеля снижает заражение растений вирусами / A. A. Molyavko, V. N. Svist, F. E. Antoschenko, I. P. Firsov, R. B. Kondrat'ev, S. I. Loginov // *Kartoffel' i ovoschi*. 2013. №3. T. 23. P. 28-29.
9. Yushkova E. I., Pavlovskaya N. E., Botuz N. I. Rost i urozhajnost' картофеля при обработке растений биологически активным веществом биогумуса // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2013. № 3. P. 73-76.
10. Microbial population dynamics in response to *Pectobacterium atrosepticum* infection in potato tubers / V. Koiv, M. Roosaare, E. Vedler, P.A. Kivistik, K. Toppi, D.W. Schryer, M. Remm, T. Tenson, A. Mae // *Scientific Reports*. 2015. № 11606. P. 1-18. DOI: 10.1038/srep11606.
11. Potato Common Scab: a Review of the Causal Pathogens, Management Practices, Varietal Resistance Screening Methods, and Host Resistance / S. Braun, A. Gevens, A. Charkowski et al. // *Am. J. Potato Res.* 2017. Vol. 94. № 4. P. 283-296. doi.org/10.1007/s12230-017-9575-3.
12. Potato Pathogens in Russia's Regions: An Instrumental Survey with the Use of Real-Time PCR/RT-PCR in Matrix Format / A. Malko, P. Frantsuzov, M. Nikitin, N. Statsyuk, V. Dzhevakhia, A. Golikov // *Pathogens*. 2019. Vol.8. №1. P. 18. doi.org/10.3390/pathogens8010018.

Информация об авторах

Мушинский Александр Алексеевич, заведующий отделом картофелеводства ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (РФ, 460000, г. Оренбург, 9 января, 29) доктор сельскохозяйственных наук,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7805-6707> san2127@yandex.ru

Аминова Евгения Владимировна, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (РФ, 460000, г. Оренбург, 9 января, 29), кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6945-2214> aminowa.eugenia2015@yandex.ru

Саудабаева Алия Жонысовна, научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (РФ, 460000, г. Оренбург, 9 января, 29), кандидат биологических наук,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5274-8657> aleka_87@bk.ru

Новиков Алексей Андреевич, временно исполняющий обязанности директора Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7698-8268> novikov@riagro.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 633.511:575.113.4:631.531.17

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-13

**ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ НАНОПОЛИМЕРНЫХ ПРЕПАРАТОВ
НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА****THE STUDY OF THE EFFECTS OF NANOPOLYMERIC DRUGS
ON SOWING QUALITY OF SEEDS OF COTTON****Д.К. Рашидова¹**, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник**Ш.Б. Амантурдиев²**, кандидат сельскохозяйственных наук, докторант**Ш.Т. Шарипов¹**, докторант**С.Ш. Рашидова³**, доктор химических наук, академик АН РУз**D.K. Rashidova¹, Sh.B. Amanturdiyev², Sh.T. Sharipov¹, S.Sh. Rashidova³**¹ Научно-исследовательский институт селекции семеноводства
и агротехнологии выращивания хлопка, Узбекистан² Ташкентский государственный аграрный университет, Узбекистан³ Институт химии и физики полимеров АН РУз, Узбекистан, Ташкент¹ Scientific Research Institute for Seed Breeding and Agricultural Technology of Cotton Growing,
Uzbekistan² Tashkent State Agrarian University, Uzbekistan³ Institute of Chemistry and Physics of Polymers, Academy of Sciences of Uzbekistan, Uzbekistan,
Tashkent

Дата поступления в редакцию 07.08.2019

Дата принятия к печати 17.09.2019

Received 07.08.2019

Submitted 17.09.2019

Подготовка семян к посеву остаётся одним из основных вопросов в сельском хозяйстве Республики Узбекистан. Применяемые в промышленности химические протравители не всегда обеспечивают надёжную защиту семенам после высевы в грунт. Использование для предпосевной подготовки семян натуральных органических соединений представляет актуальность. Исследуемые нано-агрополимерные препараты являются экологически чистыми и безопасными. Они не ухудшают баланс почвенной микрофлоры (бактерий и грибов) и соответствуют санитарно-гигиеническим требованиям для человека. Исследования проводились в лабораторных и полевых условиях в Научно-исследовательском институте селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка, Институте химии и физики полимеров АН РУз по общепринятым методикам. На примере растений хлопчатника исследованы росторегулирующие и фунгицидные свойства полимерных комплексов на основе хитозана, получаемого из отходов при производстве шелкопряда. Рассмотрены вопросы воздействия нанополимерных препаратов на посевные качества семян (всхожесть, энергия прорастания, резистентность к патогенным организмам) в полевых и лабораторных условиях. Выявлено, что применяемые при обработке семян хлопчатника препараты ПМКCu²⁺:Ag в разных соотношениях иона меди и серебра, наноАХЗ, нанохитозан способствуют улучшению полевой всхожести семян сортов хлопчатника Андижан-36, С-6524 и АН-Баяут-2 и могут быть использованы для предпосевной обработки семян путем капсулирования. Отмечено стимулирующее действие препаратов на рост растений в открытом грунте. Установлено фунгицидное действие полимерных препаратов на основе хитозана против возбудителей корневых гнилей хлопчатника. Данные нанополимерные препараты можно использовать при подготовке семян к посеву таких культур, как соя, пшеница, кукуруза и др.

Preparation of seeds for sowing remains one of the main issues in agriculture of the Republic of Uzbekistan. Chemical dressings used in industry do not always provide reliable protection to seeds after sowing in the ground. Use for presowing preparation of seeds of natural organic compounds is of relevance. The studied nano-agro-polymer preparations are environmentally friendly and safe. They do not worsen the balance of soil microflora (bacteria and fungi) and comply with sanitary and hygienic requirements for humans. The studies were carried out in laboratory and field conditions at the Scientific Research Institute of Breeding, Seed Breeding and Agricultural Technology of Cotton Growing, Institute of Chemis-

try and Polymer Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan according to generally accepted methods. Using the example of cotton plants, the growth-regulating and fungicidal properties of polymer complexes based on chitosan obtained from waste from the production of silkworms were studied. The issues of the action of nanopolymer preparations on the sowing quality of seeds (germination, germination energy, resistance to pathogenic organisms) in the field and laboratory conditions are considered. It was revealed that the PMKCu²⁺: Ag preparations used in the treatment of cotton seeds in different ratios of copper and silver ions, nanoAHZ, nanochitosan correspond to improved field germination of seeds of cotton varieties Andijan-36, S-6524 and AN-Bayaut-2 and can be used for presowing treatment seed by encapsulation. The stimulating effect of drugs on plant growth in the open field is noted. The fungicidal action of polymer preparations based on chitosan against pathogens of root rot of cotton has been established. These nanopolymer preparations can be used in the preparation of seeds for sowing crops such as soybean, wheat, corn, etc.

Ключевые слова: семена хлопчатника, полевая всхожесть хлопчатника, полимерные нанопрепараты, хитозан, капсулирование, сорта хлопчатника.

Key words: cotton seeds, cotton field germination, polymer nanopreparations, chitosan, encapsulation, cotton varieties.

Цитирование. Рашидова Д.К., Амантурдиев Ш.Б., Шарипов Ш.Т., Рашидова С.Ш. Изучение действия нанополимерных препаратов на посевные качества семян хлопчатника. *Известия НВ АУК*. 2019. 3 (55). 108-113. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-13.

Citation. Rashidova D.K., Amandurdyev S.B., Sharipov S.T., Rashidova S.S. (2019): The study of the effects nanopolymeric preparations on sowing quality of seeds of cotton. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 108-113. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-13.

Введение. После проведения посева происходят важные периоды жизни растений. В этот момент экспрессия генов создаёт фенотип растений и адаптацию к условиям окружающей среды. Поэтому воздействие на обработку семян биологически активными веществами может способствовать изменению их метаболизма [2].

Полевые испытания показали, что применение наноматериалов в оптимальных концентрациях для предпосевной обработки семян повышало полевую всхожесть подсолнечника – до 8,0 %, кукурузы – 12,6 %, яровой пшеницы – 10,5 % [1].

Академиком Рашидовой С.Ш. с учениками впервые в Узбекистане изучена роль полимеров в создании и применении полимерных препаративных форм и научно обоснована роль капсулирования семян сельскохозяйственных культур, для этой цели создан препарат УЗХИТАН [4, 5, 8].

Материалы и методы. Исследования проводились в лабораторных и полевых условиях в Научно-исследовательском институте селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка, Институте химии и физики полимеров АН РУз.

При проведении лабораторных и полевых исследований применялись действующие стандарты и методики. Определение посевных и сортовых качеств семян проводили на основании существующих стандартов: O'zDSt1080:2005 «Хлопок-сырец семенной и семена хлопчатника посевные. Методы отбора проб», O'zDSt1128:2006 «Семена хлопчатника посевные. Методы определения всхожести».

Результаты и обсуждение. 1 мая 2019 года в экспериментальном хозяйстве НИИССАВХ заложен опыт по изучению действия нанополимерных препаратов на посевные качества семян в целях повышения урожайности хлопчатника сортов Андижан-36, Ан-Баяут-2 и С-6524.

Схема посева 60х20-1, 50-луночными делянками, посев проведен вручную по 5 семян в лунку. На посевах был проведен учет динамики появления всходов, определена полевая всхожесть.

По мере появления всходов был определен процент гнезд со всходами со дня появления всходов 10 мая и в конце – 20 мая. Данные приводятся в таблицах 1-3.

По всем трем сортам всходы от семян, обработанных нанополимерными препаратами, опережали контроль и эталоны Далброн и УЗХИТАН. По сорту Андижан-36 семена, обработанные нанохитозаном и ПМК Cu^{2+} : Ag в разных соотношениях иона меди и серебра, хитозан исходный и НаноАХЗ, опережали контроль соответственно на 16,5, 15, 14,5 и 14,5 %, эталон Далброн – на 13,5, 12,0, 11,5 и 11,5 % соответственно.

По сорту С-6524 семена, обработанные вышеуказанными препаратами, опережали контроль на 7,5, 7,5 6,0, 6,0 %, а препаратами ПМК Cu^{2+} : Ag – на 7,0 %, эталон Далброн – на 6,0, 6,0, 4,5 4,5 5,5 %, соответственно. По сорту Ан-Баяут-2 семена, обработанные препаратами нанохитозан и ПМК Cu^{2+} : Ag, опережали контроль на 11 %, эталон Далброн – на 9,5 %.

Полевая всхожесть семян хлопчатника отражена в таблицах 4-6. Данные таблиц показывают, что семена сорта Андижан-36, обработанные препаратами нанохитозан, ПМК Cu^{2+} : Ag, ПМК Cu^{2+} : Ag, хитозан исходный, опережали контроль по всхожести на 15,3, 15,1, 13,6 и 13 %, эталон УЗХИТАН – на 11,9, 11,7, 10,2 и 9,6 %. По сорту С-6524 наилучшую полевую всхожесть показали семена, обработанные препаратом ПМК Cu^{2+} : Ag, которая была на уровне 88,6 %, что выше контроля на 9,7 %, а эталона УЗХИТАН – на 7,4 %. Высокую полевую всхожесть показали также семена, обработанные препаратами ПМК Cu^{2+} : Ag, хитозан исходный и наноАХЗ, которые опережали эталон УЗХИТАН на 6,9, 6,8 и 6,0 % соответственно.

По сорту Ан-Баяут-2 высокую полевую всхожесть имели семена, обработанные препаратами ПМК Cu^{2+} : Ag, ПМК Cu^{2+} : Ag, нанохитозан от 91,1 до 89,6 %, что превышало контроль на 8,0, 7 и 6,5 %, а эталон УЗХИТАН – на 6,2, 5,7 и 4,7 %.

Таблица 1 – Динамика появления всходов по сорту Андижан-36

Table 1 – The dynamics of the emergence of seedlings of the variety Andijan-36

№	Вариант подготовки семян Option seed preparation	Процент гнезд со всходами на Percentage of nests with seedlings on					
		10.05	12.05	14.05	16.05	18.05	20.05
1	Контроль/Control	-	4,0	15,0	32,0	55,0	73,0
2	Далброн (эталон)/ Davron (standard)	-	5,5	16,5	35,5	55,5	76,0
3	УЗХИТАН (эталон)/ USHICON (standard)	2	6,5	18,5	38,0	57,0	79,0
4	ПМК Cu^{2+} : Ag /ПМК Cu^{2+} : Ag	8	12,5	27,0	52,0	69,5	85,5
5	ПМК Cu^{2+} : Ag/ ПМК Cu^{2+} : Ag	10	14,0	30,0	55,0	72,5	88,0
6	Хитозан исх./ Chitosan	2	8,5	21,0	48,5	67,0	87,5
7	Нанохитозан/Nanokeratin	7,5	12,5	24,5	52,5	72,0	89,5
8	АХЗ/ ACD	5	11,0	23,0	47,5	64,0	83,0
9	НаноАХЗ/ Nanoehs	6,5	13,0	29,0	53,0	70,5	87,5

Таблица 2 – Динамика появления всходов по сорту С-6524

Table 2 – The Dynamics of emergence of seedlings of variety S-6524

№	Вариант подготовки семян Option seed preparation	Процент гнезд со всходами на Percentage of nests with seedlings on					
		10.05	12.05	14.05	16.05	18.05	20.05
1	Контроль/Control	4,5	16,0	34,5	55,0	67,5	82,0
2	Далброн Davron	9,0	18,5	39,0	57,5	69,0	83,5
3	УЗХИТАН USHICON	10,0	29,0	50,5	61,0	73,0	85,0
4	ПМК Cu^{2+} : Ag /ПМК Cu^{2+} : Ag	12,0	30,5	59,0	69,5	77,5	89,0
5	ПМК Cu^{2+} : Ag /ПМК Cu^{2+} : Ag	11,5	28,0	55,5	68,5	77,0	89,5
6	Хитозан исх./ Chitosan	6,0	24,0	48,5	67,0	75,5	88,0
7	Нанохитозан/Nanokeratin	10,0	29,0	47,5	66,0	76,5	89,5
8	АХЗ/ ACD	6,5	27,5	54,0	65,5	77,5	87,0
9	НаноАХЗ/ Nanoehs	8,5	27,0	50,0	68,5	75,0	88,0

Таблица 3 – Динамика появления всходов по сорту АН-Баяут-2

Table 3 - the Dynamics of emergence of seedlings of the variety AN-Bayaut-2

№	Вариант подготовки семян Optionseed preparation	Процент гнезд со всходами на Percentage of nests with seedlings on					
		10.05	12.05	14.05	16.05	18.05	20.05
1	Контроль/Control	2	10,0	29,5	47,0	64,5	77,0
2	Далброн Davron	5,0	13,5	31,0	49,5	65,0	78,5
3	УЗХИТАН USHICON	7,5	14,5	36,0	53,5	69,0	80,3
4	ПМК Cu2+: Ag /ПМК Cu2+: Ag	10,0	22,5	37,5	59,5	73,0	87,5
5	ПМК Cu2+: Ag /ПМК Cu2+: Ag	11,0	23,0	44,5	64,0	71,5	88,0
6	Хитозан исх./ Chitosan	5,5	16,5	29,0	52,5	73,0	85,5
7	Нанохитозан/Nanokeratin	9,0	21,0	32,5	59,0	74,5	88,0
8	АХЗ/ ACD	7,0	19,0	34,5	55,0	70,5	84,0
9	НаноАХЗ/ Nanoehs	7,5	20,0	40,0	62,5	72,5	86,0

Таблица 4 – Полевая всхожесть семян хлопчатника по сорту Андижан-36

Table 4 – Field germination of cotton seeds in the variety Andijan-36

№	Вариант подготовки семян Option training seeds	Кол-во высеянных семян, шт. Number of sown seeds, pcs.	Кол-во взошедших семян, шт. Number of seeds sprouted	Полевая всхожесть, % Field germination, %	Кол-во сохранившихся растений в пересчете на га/тыс. шт. Number of surviving plants in terms of ha / thousand PC.	
					до прореживания / before thinning	после прореживания after thinning
1	Контроль/Control	1000	753	75,3	313,7	63,9
2	Далброн Davron	1000	765	76,5	318,8	64,4
3	УЗХИТАН USHICON	1000	787	78,5	327,9	65,6
4	ПМК Cu2+: Ag /ПМК Cu2+: Ag	1000	889	88,9	370,4	74,1
5	ПМК Cu2+: Ag /ПМК Cu2+: Ag	1000	904	90,4	376,7	75,3
6	Хитозан исх./ Chitosan	1000	883	88,3	367,9	73,6
7	Нанохитозан/Nanokeratin	1000	904	90,4	377,5	75,5
8	АХЗ/ ACD	1000	844	84,4	351,7	70,3
9	НаноАХЗ / Nanoehs	1000	882	88,2	367,5	73,5

Таблица 5 – Полевая всхожесть семян хлопчатника по сорту АН-Баяут-2

Table 5 - Field germination of cotton seeds in the variety AN-Bayaut-2

№	Вариант подготовки семян Option training seeds	Кол-во высеянных семян, шт. Number of sown seeds, pcs.	Кол-во взошедших семян, шт. Number of seeds sprouted	Полевая всхожесть, % Field germination, %	Кол-во сохранившихся растений в пересчете на га/тыс. шт. Number of surviving plants in terms of ha / thousand PC.	
					до прореживания before thinning	после прореживания / after thinning
1	2	3	4	5	6	7
1	Контроль/Control	1000	831	83,1	346,3	69,2
2	Далброн Davron	1000	837	83,7	348,8	69,7

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6	7
3	УЗХИТАН USHICON	1000	849	84,9	353,8	70,7
4	ПМК Cu ²⁺ : Ag /ПМК Cu ²⁺ : Ag	1000	901	90,1	375,4	75,3
5	ПМК Cu ²⁺ : Ag /ПМК Cu ²⁺ : Ag	1000	911	91,1	379,6	75,9
6	Хитозан исх./ Chitosan	1000	879	87,9	366,2	73,2
7	Нанохито- зан/Nanokeratin	1000	894	89,4	373,3	74,6
8	АХЗ/ АСД	1000	883	88,3	367,9	73,6
9	НаноАХЗ / anoehs	1000	875	87,5	364,6	72,9

Таблица 6 – Полевая всхожесть семян хлопчатника по сорту С-6524

Table 6 – Field germination of cotton seeds in variety S-6524

№	Вариант подготовки семян Option training seeds	Кол-во вы- сеянных семян, шт. Number of sown seeds, pcs.	Кол-во взошедших семян, шт. Number of seeds sprouted	Полевая всхожесть, % Field ger- mination,%	Кол-во сохранившихся расте- ний в пересчете на га/тыс. шт. Number of surviving plants in terms of ha / thousand PC.	
					до прорежива- ния / before thinning	после проре- живания after thinning
1	Контроль/Control	1000	789	78,9	328,8	65,7
2	Далброн Davron	1000	801	80,1	333,8	66,8
3	УЗХИТАН USHICON	1000	812	81,2	338,3	67,6
4	ПМК Cu ²⁺ : Ag /ПМК Cu ²⁺ : Ag	1000	881	88,1	367,1	73,4
5	ПМК Cu ²⁺ : Ag /ПМК Cu ²⁺ : Ag	1000	886	88,6	369,2	73,8
6	Хитозан исх./ Chitosan	1000	880	88,0	366,7	73,3
7	Нанохито- зан/Nanokeratin	1000	868	86,8	361,7	72,3
8	АХЗ/ АСД	1000	862	86,2	359,1	71,8
9	НаноАХЗ / anoehs	1000	872	87,2	363,3	72,6

Закключение. Полученные данные показывают, что применяемые при обработке семян препараты ПМКCu²⁺:Ag, наноАХЗ, нанохитозан способствуют улучшению полевой всхожести семян сортов хлопчатника Андижан-36, С-6524 и АН-Баяут-2 и могут быть использованы для предпосевной обработки семян путем капсулирования. На опыте продолжаются фенологические наблюдения за ростом и развитием хлопчатника, будет проведен учет урожая хлопка-сырца на 15 сентября, 1 и 15 октября, 1 ноября.

Библиографический список

1. Амантурдиев Ш.Б., Рашидова Д.К. Влияние нанопрепаратов на компоненты урожайности пшеницы // Актуальные проблемы современной науки. 2018. № 6 (103). С. 168-173.
2. Влияние инкрустации семян смесями N-фосфонометилглицина и эпибрасинолида на рост растений / Н. А. Ламан [и др.] // Докл. НАН Беларуси. 2016. Т. 60. № 6. С. 84–90.
3. Влияние строения биополимера хитозана на его бактерицидную активность / Ж.Т. Азимов, Б.Л. Оксенгендлер, Н.Н. Тураева, С.Ш. Рашидова // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2013. Т. 55. № 2. С. 165.

4. Милушева Р.Ю., Рашидова С.Ш. Биоактивные свойства нанохитозана Bombyx Mori // Высокомолекулярные соединения. Серия С. 2017. Т. 59. № 1. С. 33-39.
5. Рашидова Д.К. Применение биологически активных полимеров на хлопчатнике. М.: LAP. LAMBERG Academe Publishing. 2017. 132 с.
6. Роль применения нанотехнологий в повышении урожайности полей и хозяйственно-ценных признаков хлопчатника / Д.К. Рашидова, Г. Бахронова, В.Н. Шпилевский, С.Ш. Рашидова // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной году экологии в России. 2017. С. 3-6.
7. Фунгицидные свойства наносистем хитозана Bombyx Mori с ионами меди / Н.Р. Вохидова, М.Э. Саттаров, Н.Д. Карева, С.Ш. Рашидова // Микробиология. 2014. Т. 83. № 6. С. 653.
8. Vokhidova N.R., Rashidova S.S. Synthesis and stabilization of cobalt and cooper nanoparticles by chitosan Bombyx Mori // Journal Of Inorganic And Organometallic Polymers And Materials, 2016. №6. P. 1380-1386.

Reference

1. Amanturdiyev Sh. B., Rashidova D. K. Vliyanie nanopreparatov na komponenty urozhajnosti pshenicy // Aktual'nye problemy sovremennoj nauki. 2018. № 6 (103). P. 168-173.
2. Vliyanie inkrustacii semyan smesyami N-fosfonometilglicina i jepibrassinolida na rost rastenij / N. A. Laman [i dr.] // Dokl. NAN Belarusi. 2016. T. 60. № 6. P. 84-90.
3. Vliyanie stroeniya biopolimera hitozana na ego baktericidnuyu aktivnost' / Zh. T. Azimov, B. L. Oksengendler, N. N. Turaeva, S. Sh. Rashidova // Vysokomolekulyarnye soedineniya. Seriya A. 2013. T. 55. № 2. P. 165.
4. Milusheva R. Yu., Rashidova S. Sh. Bioaktivnye svoystva nanohitozana Bombyx Mori // Vysokomolekulyarnye soedineniya. Seriya S. 2017. T. 59. № 1. P. 33-39.
5. Rashidova D. K. Primenenie biologicheskii aktivnykh polimerov na hlochatnike. M.: LAP. LAMBERG Academe Publishing. 2017. 132 p.
6. Rol' primeneniya nanotehnologij v povyshenii urozhajnosti polej i hozyajstvenno-cennykh priznakov hlochatnika / D. K. Rashidova, G. Bahronova, V. N. Shpilevskij, S. Sh. Rashidova // Nauchno-prakticheskie puti povysheniya jekologicheskoy ustojchivosti i social'no-jekonomicheskoe obespechenie sel'skohozyajstvennogo proizvodstva: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyaschjonnoj godu jekologii v Rossii. 2017. P. 3-6.
7. Fungicidnye svoystva nanosistem hitozana Bombyx Mori s ionami medi / N. R. Vohidova, M. Je. Sattarov, N. D. Kareva, S. Sh. Rashidova // Mikrobiologiya. 2014. T. 83. № 6. P. 653.
8. Vokhidova N.R., Rashidova S.S. Synthesis and stabilization of cobalt and cooper nanoparticles by chitosan Bombyx Mori // Journal Of Inorganic And Organometallic Polymers And Materials, 2016. №6. P. 1380-1386.

Информация об авторах

Рашидова Дилбар Каримовна, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка (Республика Узбекистан, Ташкентская область, Кибрайский район, ул. Университет 2) e-mail: etoile111@yandex.com, ORCIDID <https://orcid.org/0000-0001-5174-9730>.

Амантурдиев Шавкат Балкибаевич, докторант, кандидат сельскохозяйственных наук, Ташкентский государственный аграрный университет (Республика Узбекистан, Ташкентская область, Кибрайский район, ул. Университет 1) e-mail: amanturdiyevshavkat@mail.ru ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-7347-267X>

Шарипов Шухрат Тулкинович, младший научный сотрудник Научно-исследовательского института селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка, докторант (Республика Узбекистан, Ташкентская область, Кибрайский район, ул. Университет 2). ORCIDID <https://orcid.org/0000-0001-5109-2345>.

Рашидова Сайёра Шарафовна, директор Института химии и физики полимеров АН РУз, доктор химических наук, академик (Республика Узбекистан, г. Ташкент, ул. А. Кодирый, 7), e-mail: polymer@academy.uz. ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-3104-6004>.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 635.25:631.445.51(470.46)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-14

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СОРТОВ ЛУКА РЕПЧАТОГО
В УСЛОВИЯХ СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ**
**AGROECOLOGICAL STUDY OF VARIETIES OF ONION IN THE CONDITIONS
OF LIGHT-CHESTNUT SOILS OF THE ASTRAKHAN REGION****Н.В. Тютюма** доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН**А.Н. Бондаренко**, кандидат географических наук**Е.Г. Мягкова, Д.В. Черник****N. V. Tutuma, A. N. Bondarenko, E.G. Myagkova, D.V. Shernik***ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»,
Астраханская область, Черноярский район, село Солёное Займище**Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Russia*Дата поступления в редакцию 02.07.2019
Received 02.07.2019Дата принятия к печати 11.09.2019
Submitted 11.09.2019

Одним из первоочередных показателей повышения урожайности лука репчатого является использование при его возделывании наиболее высокопродуктивных и ценных по качеству сортов. Впервые в условиях светло-каштановой почвы на территории землепользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный научный федеральный научный центр РАН» в течение 2016-2018 гг. было проведено агроэкологическое изучение сортов лука репчатого при капельном способе полива. В изучении находились двенадцать сортов селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства». Оценивались хозяйственно-ценные признаки исследуемых сортов, возделываемых в условиях аридной зоны Астраханской области. Результативность полива лука репчатого характеризовалась не только величиной полученного урожая, но и продуктивностью использования воды, т. е. коэффициентом водопотребления. Коэффициент водопотребления высокоурожайных сортов находился в диапазоне от 77 до 131 м³/т. По результатам проведенных исследований отработаны ресурсосберегающие приемы возделывания сортов лука репчатого при капельном способе полива. Были выделены наиболее продуктивные сорта, такие как Черный принц, Одинцовец, Глобус, с урожайностью от 31,3 до 53,7 т/га. При этом число листьев на 1 растение у высокопродуктивных вариантов составляло от 8,0 до 10,0 шт., длина наибольшего листа – от 38,1 до 42,9 см, диаметр гнезда луковиц – от 6,6 до 7,7 см, средний вес луковиц – от 150,6 до 168,4 г.

One of the main conditions for increasing the yield of onion is the use of the most productive and valuable varieties in its cultivation. For the first time in conditions of light-chestnut soil on the land of FSBI "Caspian agricultural research Federal research center of RAS" for 2016-2018 were conducted agroecological study of the varieties of onion with drip method of irrigation. In the study were twelve varieties of breeding FEDERAL state budget scientific institution "Federal scientific center for vegetable". The economically valuable features of the studied varieties cultivated in the arid zone of the Astrakhan region were evaluated. The efficiency of irrigation regime of onions was characterized not only by the value of the crop, but also the productivity of water use, i.e. the coefficient of water consumption. The water consumption coefficient of high-yielding varieties ranged from 77 to 131 m³/t. According to the results of the research, resource-saving methods of cultivation of onion varieties with drip irrigation method were worked out. The most productive varieties were identified, such as Black Prince, Odintsovo, globe with a yield of 31,3 to 53,7 t/ha. The number of leaves per 1 plant in highly productive variants ranged from 8,0 to 10,0 PCs., the length of the largest sheet from 38,1 to 42,9 cm, the diameter of the bulb nest from 6,6 to 7,7 cm, the average weight of bulbs from 150,6 to 168,4 g.

Ключевые слова: сорта лука репчатого; капельный способ полива лука репчатого; суммарное водопотребление лука репчатого; товарность лука репчатого; урожайность лука репчатого.

Key words: varieties of onions; drip method of watering onions; total water consumption of onions; marketability of onions; yield of onion.

Цитирование. Тютюма Н.В., Бондаренко А.Н., Мягкова Е.Г., Черник Д.В. Агроэкологическое изучение сортов лука репчатого в условиях светло-каштановых почв Астраханской области. *Известия НВ АУК*. 2019.3(55). 114-119. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-14.

Citation. Tutuma N.V., Bondarenko A.N., Myagkova E.G., Shernik D.V. Agroecological study of varieties of onion in the conditions of light-chestnut soils of the Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 114-119. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-14.

Введение. Астраханская область в советской системе хозяйствования всегда рассматривалась как «всесоюзный огород». За последнее время на полях Астраханской области в основном наблюдается тенденция к возделыванию лука репчатого иностранной селекции [6-8]. При этом его стоимость значительно выше российской. Однако посевные качества семенного материала российской селекции практически не уступают зарубежным аналогам. В данных условиях существенным резервом роста производства лука является необходимость выведения и адаптации новых высокопродуктивных сортов и гибридов применительно к условиям Северо-Западного Прикаспия [9, 4, 5].

Селекция и отбор позволят максимально снизить потери урожая от болезней и вредителей, они также будут способствовать более рациональному применению удобрений и выращиванию экологически чистой продукции [10-13; 1].

Цель исследований – изучить и выделить сорта лука репчатого по комплексу хозяйственно-ценных признаков.

Материалы и методы. Для выполнения поставленных задач проводились полевые учеты, наблюдения с использованием методики полевого опыта Доспехова Б. А. 1985 г. [2] и методики полевого дела в овощеводстве и бахчеводстве под редакцией В. Ф. Белика и Никитенко Г.Ф. Норма высева 1200 тыс. шт. на гектаре. Общая площадь делянки каждого сорта составляла 14,6 м².

Агротехнические условия проведения исследований.

Применение гербицидов. После посева была проведена довсходовая обработка почвы гербицидом Стомп с расходом препарата 4 л/га.

В стадии 2-4 настоящих листьев культуры проведена обработка препаратом Гоал – 0,5 л/га от однолетних двудольных сорняков. В течение всего периода вегетации при обнаружении отрастания злаковых сорняков была проведена обработка гербицидом Зелек-супер с нормой расхода 2 л/га.

Применение инсектицидов. При появлении трипсов проведена обработка препаратом Фьюри нормой, рекомендуемой товаропроизводителем. В дальнейшем повторно была проведена обработка от трипса препаратом Танрек.

По мере вегетативного развития лука и массового появления луковой мухи с поливной водой вносился препарат Диазол с нормой расхода 4 л/га.

За 15 дней до внесения минеральных удобрений и за 35 дней до полегания ботвы была проведена обработка Актарой 120 г/га от комплекса вредителей.

Применение фунгицидов. В целях профилактики по сигнализационным сообщениям Россельхозцентра была проведена обработка фунгицидом Курзат с нормой расхода 2,5 кг/га. При первых признаках заболеваний был применен фунгицид Квадрис с нормой 1 л/га. По мере необходимости были использованы фунгициды Метаксил (нормой расхода 2,5 кг/га) и Сигнум (норма расхода 1,5 кг/га).

Проведение подкормок минеральными удобрениями. В течение первых 90 дней вегетации было проведено 3 подкормки минеральными удобрениями: в первые 30 дней – 30 % от полной дозы. В следующие 30 дней – 40 % и в последние 30 дней – 30 % от полной дозы. Норма расхода: N – 200 кг/га д.в.; P – 200 кг/га д.в. и K – 300 кг/га д.в.

Результаты и обсуждение. *Водопотребление лука репчатого.* Полив лука репчатого был осуществлен системой капельного орошения. Данная культура в первую половину вегетации особенно требовательна к влаге. Во второй период вегетации потребление воды несколько сокращается. Перед посевом лука репчатого был осуществлен предпосевной полив поливной нормой 114,0 м³/га. Для поддержания предполивного порога влажности 85 НВ % в горизонте почвы 0,5 м в период нарастания вегетативной массы были проведены 8 поливов с поливной нормой 114 м³/га (таблица 1). В период формирования луковиц для поддержания предполивного порога влажности на уровне 85 % НВ был проведен 21 полив аналогичной нормой 114,0 м³/га. В период вызревания луковиц поливы были прекращены за 25 дней до уборки. В среднем за весь период вегетации потребовалось 30 поливов нормой 114 м³/га, что обеспечивалось суммарной продолжительностью работы системы капельного орошения в течение 120 часов. Оросительная норма составила 3420 м³/га, суммарное водопотребление лука за вегетационный период – 4120 м³/га.

Эффективность поливного режима лука характеризуется не только величиной урожая, но и продуктивностью использования воды, т. е. коэффициентом водопотребления. Из таблицы 2 видно, что наиболее эффективно влага использовалась сортами Черный принц, Глобус, Одинцовец. Коэффициент водопотребления у этих сортов равен, соответственно, 76,6 м³/т, 118,7 м³/т, 131,2 м³/т, т. е. при экономном использовании воды были получены высокие урожаи у сортов: Черный принц – 53,8 т/га, Глобус – 34,7 т/га, Одинцовец – 31,4 т/га. Высокий коэффициент водопотребления у сортов Бородавский (170,2 м³/т), Золотничок (163,5 м³/т), Альвина (154,3 м³/т), Азелрос (154,3 м³/т) отражает неэффективное использование оросительной воды.

Таблица 1 – Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления лука, среднее за 2015-2018 гг.

Table 1 – Total water consumption and onion water consumption coefficient, average for 2015-2018

Сорт/Variety	Урожайность, т/га Productivity, t / ha	Коэффициент водопотребления, м ³ /т / Coef- ficient water consumption, m ³ / t
Одинцовец Odincovec	31,4	131,2
Золотничок Zolotnichok	25,2	163,5
Мячковский Mjachkovskij	28,7	143,5
Спутник Sputnik	27,7	148,7
Глобус Globus	34,7	118,7
Черный принц Chernyj princ	53,8	76,6
Альвина Al'vina	26,7	154,3
Бородавский Borodkovskij	24,2	170,2
Азелрос Azelros	26,7	154,3
Ранний розовый Rannij rozovyj	27,0	152,6
Тэрвин Tjervin	31,1	132,5
Розарио Rozario	27,6	149,3

Урожайность лука. Анализ структуры урожая, представленный в таблице 2, показывает, что за счет густоты стояния растений и крупности плодов был сформирован урожай. Из приведенной таблицы 2 в среднем отчетливо прослеживается, что наибольшее количество растений на 1 м² было отмечено у сортов Черный принц – 41 шт., Глобус – 39 шт., Азелрос – 37 шт. Наименьшая густота стояния у следующих сортов: Золотничок – 21 шт./м², Ранний розовый – 25шт./м², Тэрвин – 28 шт./м², что связано с низкой всхожестью семян. Снижение показателей урожайности у сорта Золотничок составило 49 %, Ранний розовый 39 %, Тэрвин 32 %. У остальных сортов, представленных к изучению, этот показатель изменялся от 30 шт. до 34 шт., потери урожайности составили 17-27 %.

Таблица 2 – Структура урожая сортов лука, среднее за 2015-2018 гг.

Table 2 – The structure of the crop of onion varieties, the average for 2015-2018.

Сорт/ Variety	на 1 растение, ср./ per plant, medium.				Густота стояния растений на 1 м ² , шт. Plant standing per 1 m ² , pcs.	Урожай жайность, т/га Productivity t / ha
	Число листьев, шт. Number leaves PC.	Длина наибольшего листа, см Length the greatest sheet, cm	Диаметр гнезда луковицы, см Diameter nests bulbs, cm	Вес луковицы, г Bulb weight, g		
Одинцовец Odincovec	9,9	40,5	6,9	168,4	31,0	31,4
Золотничок Zolotnichok	8,1	26,0	5,0	76,0	21,0	25,2
Мячковский Mjachkovskij	12,2	33,3	6,6	135,8	30,0	28,7
Спутник Sputnik	10,9	36,2	7,0	143,0	28,0	27,7
Глобус Globus	8,1	38,0	6,5	150,6	39,0	34,7
Черный принц Chernyj princ	7,9	42,8	6,9	168,4	41,0	53,8
Альвина Al'vina	9,9	41,5	6,6	120,0	34,0	26,7
Бородковский Borodkovskij	9,3	37,7	6,8	134,8	32,0	24,2
Азелрос Azelros	8,9	36,7	5,4	97,0	37,0	26,7
Ранний розовый Rannij rozovyj	9,2	36,8	6,4	131,8	25,0	27,0
Тэрвин Tjervin	7,9	37,3	6,1	118,4	28,0	31,1
Розарио / Rozario	9,2	34,5	5,7	97,0	31,0	27,6

Таблица 3 – Урожайность сортов лука на капельном орошении, среднее за 2015-2018 гг.

Table 3 - The yield of onion varieties on drip irrigation, the average for 2015-2018.

Сорт/Variety	Биологическая урожайность, т/га / Biological productivity, t / ha	Урожайность нетоварных плодов / Productivity of non-productive fruits		Урожайность товарных плодов Productivity marketable fruit	
		вес г/м ² weight g / m ²	%	вес г/м ² weight g / m ²	%
Одинцовец Odincovec	31,4	301,0	9,6	2828,1	90,4
Золотничок Zolotnichok	25,2	442,0	17,6	2064,4	82,4
Мячковский Mjachkovskij	28,7	383,0	13,0	2476,8	87,0
Спутник Sputnik	27,7	1043,0	37,8	1717,5	62,2
Глобус Globus	34,7	232,0	6,7	3231,4	93,3
Черный принц Chernyj princ	53,8	506,3	9,4	4859,9	90,6
Альвина Al'vina	26,7	287,0	10,8	2372,1	89,2
Бородковский Borodkovskij	24,2	410,3	17	1996,1	83,0
Азелрос Azelros	26,7	914,4	34,3	1749,7	65,7
Ранний розовый Rannij rozovyj	27,0	154,3	5,7	2533,5	94,3
Тэрвин Tjervin	31,1	310,0	10,0	2791,1	90,0
Розарио Rozario	27,6	222,0	8,0	2531,4	92,0

Из проведенных исследований отчетливо прослеживалась зависимость урожайности от крупности плода (таблица 2). Максимальный вес луковицы – 168,4 г – отмечен у сортов Одинцовец и Черный принц, несколько ниже – 150,6 г – у сортов Глобус и 143,0 г и Спутник. Наименьший вес луковицы – 76,0 г – был сформирован у сорта Золотничок и 97,0 г у сортов Азелрос и Розарио, у остальных сортов находился в диапазоне 118,4 г–135,8 г.

В результате проведенных исследований из всех образцов изучаемой коллекции лука самыми продуктивными оказались сорта: Черный принц (53,8 т/га), Глобус (34,7 т/га), Одинцовец (31,3 т/га). Низкая урожайность наблюдается у сорта Золотничок (25,2 т/га), Азелрос (26,7 т/га), Альвина (26,7 т/га). У остальных сортов на уровне 27,6–31,1 т/га. Наиболее низкие показатели товарности плодов наблюдаются у сортов Спутник (62,2 %) и Азелрос (65,7 %) (таблица 4). У остальных сортов лука высокие показатели товарности плодов 82,4–94,3 % (таблица 3).

Заключение. Эффективность выращивания лука репчатого зависела не только от общей урожайности культуры, но и от товарных качеств получаемой продукции. Показатели товарности учитывали при проведении экономической оценки выращивания лука репчатого, так как оценивались для реализации товарная часть продукции или её принадлежность той или иной категории качества. Проведенное сортоизучение коллекции лука выявило следующие наиболее продуктивные сорта: Черный принц, Одинцовец, Глобус с урожайностью от 31,4 до 53,8 т/га. При этом коэффициент водопотребления составлял от 76,7 до 131,4 м³/т.

Библиографический список

1. Галеев Р.Р., Трофимова Е.С. Урожайность и качество лука репчатого в однолетней культуре в зависимости от применения регуляторов роста в сухой степной зоне Республики Хакасия // Вестник НГАУ. 2015.1 (34). С. 35–41.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.
3. Зволинский В.П., Шершнев А.А. Продуктивность лука репчатого в условиях Нижнего Поволжья // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 12 (98). С. 9–11.
4. Калмыкова Е.В., Петров Н. Ю., Павленко В. Н. Современные адаптивные технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья // Нива Поволжья. 2017. № 4 (45) ноябрь. С. 82–87.
5. Петров Н. Ю., Калмыкова Е. В. Комплексные водорастворимые удобрения в технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья // Известия Оренбургского ГАУ. 2017. С. 29–31.
6. Плескачев Ю.Н., Чунихин В.И. Влияние агротехнических приемов на урожайность лука репчатого в условиях капельного орошения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 10 (96). С. 26–29.
7. Плескачев Ю.Н., Чунихин В.И. Водопотребление лука репчатого в условиях Волгоградской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 2. С. 65–69.
8. Эффективные элементы возделывания репчатого лука при капельном орошении / Н.Ю. Петров, Е.В. Калмыкова, О.В. Калмыкова, В.В. Зволинский // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 51–57.
9. Agrotechnics of cultivation of varieties and hybrids of onions on chestnut soils of the Lower Volga region / N. I. Matveeva, N. Yu. Petrov, V. P. Zvolinsky, V. V. Zvolinsky // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 3(55). P. 136–145. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-16.
10. Conn K.E., Rosenberger S.A. Onion Disease Guide. Seminis Vegetable Seed, 2012. 72 p.
11. Erica A. Moretti, Brian A. Nault. Onion Thrips Control in Onion, 2017 // Agronomy journal. 2019. № 44(1). P. 1–2. DOI: 10.1093/amt/tsz003 Section E: Vegetable Crops.

12. German L.W. The Onion.—(II.) //Journal of Education. 44. (2019). P. 44-46. DOI: 10.1177/002205749604400209.
13. Kar Sidhartha. Onion marketing //Agronomy journal. 2019.

Reference

1. Galeev R. R. , Trofimova E. S. Urozhajnost' i kachestvo luka repchatogo v odnoletnej kul'ture v zavisimosti ot primeneniya reguljatorov rosta v suhoj stepnoj zone Respubliki Hakasiya// Vestnik NGAU. 2015.1(34). P. 35-41.
2. Dospheov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Kniga po Trebovaniyu, 2012. 352 p.
3. Zvolinskij V. P., Shershnev A. A. Produktivnost' luka repchatogo v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya// Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 12 (98). P. 9-11.
4. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Pavlenko V. N. Sovremennye adaptivnye tehnologii vozdeleyvaniya ovoschnyh kul'tur v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya // Niva Povolzh'ya. 2017. № 4 (45) noyabr'. P. 82-87.
5. Petrov N. Yu., Kalmykova E. V. Kompleksnye vodorastvorimye udobreniya v tehnologii vozdeleyvaniya ovoschnyh kul'tur v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya Orenburgskogo GAU. 2017. P. 29-31.
6. Pleskachev Yu. N., Chunihin V. I. Vliyanie agrotehnicheskikh priemov na urozhajnost' luka repchatogo v usloviyah kapel'nogo orosheniya//Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 10 (96). p. 26-29.
7. Pleskachjov Yu.N., Chunihin V.I. Vodopotreblenie luka repchatogo v usloviyah Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 2. P. 65-69.
8. Jefferktivnye jelementy vozdeleyvaniya repchatogo luka pri kapel'nom oroshenii/ N. Yu. Petrov, E. V. Kalmykova, O. V. Kalmykova, V. V. Zvolinskij // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1 (49). P. 51-57.
9. Agrotechnics of cultivation of varieties and hybrids of onions on chestnut soils of the Lower Volga region / N. I. Matveeva, N. Yu. Petrov, V. P. Zvolinsky, V. V. Zvolinsky // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 3(55). P. 136-145. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-16.
10. Conn K.E., Rosenberger S.A. Onion Disease Guide. Seminis Vegetable Seed, 2012. 72 p.
11. Erica A. Moretti, Brian A. Nault. Onion Thrips Control in Onion, 2017 //Agronomy journal. 2019. № 44(1). P. 1–2. DOI: 10.1093/amt/tsz003 Section E: Vegetable Crops.
12. German L.W. The Onion.—(II.) //Journal of Education. 44. (2019). P. 44-46. DOI: 10.1177/002205749604400209.
13. Kar Sidhartha. Onion marketing //Agronomy journal. 2019.

Информация об авторах

Тютюма Наталья Владимировна, д.с.-х.н., профессор РАН, врио директора ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». (РФ, 416251, Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8) E-mail: pniiiaz@mail.ru ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6582-2628>

Бондаренко Анастасия Николаевна, к. г.н., зав. лабораторией агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» 416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8. E-mail: pniiiaz@mail.ru. ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4816-5667>

Мягкова Елена Георгиевна, зав. отделом земледелия и комплексной мелиорации ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (РФ, 416251, Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8) E-mail: pniiiaz@mail.ru. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0631-9253>

Черник Дмитрий Владимирович, агроном по защите растений отдела земледелия и комплексной мелиорации ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (РФ, 416251, Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8) E-mail: pniiiaz@mail.ru. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0709-1844>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.674.4 : 635.15

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-15

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ РЕДЬКИ ПРИ ВНУТРИПОЧВЕННОМ ОРОШЕНИИ

WATER CONSUMPTION OF RADISH IN THE SUBSOIL IRRIGATION SYSTEM

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

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

С.Г. Милованов, аспирант

E.A. Khodyakov, V. I. Filin, S.G. Milovanov

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 15.07.2019

Дата принятия к печати 12.09.2019

Received 15.07.2019

Submitted 12.09.2019

В 2015-2017 гг. в Учебном научно-производственном центре «Горная поляна» Волгоградского государственного аграрного университета были проведены научные исследования 3 вариантов режимов орошения и 3 вариантов расположения поливной сети в системе внутрипочвенного орошения для получения планируемой урожайности 80 т/га чёрной редьки. Одним из центральных вопросов этих научных исследований являлось изучение водопотребления редьки, поскольку её обеспеченность в течение вегетации – один из основных факторов, определяющих величину полученного урожая. Полученные результаты показали, что в структуре суммарного водопотребления редьки, выращиваемой при внутрипочвенном орошении, минимальный объём ее (153...226 м³/га или 3,4...5,3 %) приходился на почвенные влагозапасы. Осадки составляли 914...915 м³/га или 20,4...22,8 %. Основной расход (в среднем за 3 года 2979...3419 м³/га или 72,6...76,2 %) составляла оросительная вода. При этом было установлено, что водный режим почвы оказывал основное влияние на водопотребление редьки. Возрастание предполивного порога влажности от 75 до 75-85-75 и далее до 85 % НВ при снижении запасов влаги в почве от 5,1...5,3 до 3,4...3,9 м³/га вызывало увеличение оросительной нормы от 2979...3148 до 3280...3419 и суммарного водопотребления от 4101...4289 до 4365...4500 м³/га. Вторым фактором, влияющим на общий расход воды за поливную сезон, была конструкция поливной сети в системе ВПО. Исследования показали, что улучшение этой конструкции за счёт снижения расстояния между увлажнителями от 1,6 до 1,2 м тоже способствовало возрастанию суммарного водопотребления от 4101...4365 до 4289...4500 м³/га. Полученные результаты позволяют лучше понять влияние водного режима почвы и совершенствования конструкции поливной сети в системе ВПО на урожайность редьки на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья.

The scientific research of 3 options for irrigation regimes and 3 options for the irrigation network in the subsurface irrigation system to obtain the planned yield of 80 t / ha black radish were performed in the Educational Research and Production Center «Gornaya Polyana» of Volgograd State Agrarian University in 2015-2017. One of the central questions of these scientific studies was to study the water consumption of radish, because its availability during the growing season is one of the main factors determining the value of the resulting yield. The results obtained showed that in the structure of total water consumption of radish grown under subsurface irrigation, the minimum volume (153 ... 226 m³ / ha or 3,4 ... 5,3%) accounted for the moisture content in the soil. Rainfall was 914 ... 915 m³ / ha or 20,4 ... 22,8%. The main expense (average for 3 years 2979 ... 3419 m³ / ha or 72,6 ... 76,2%) was irrigation water. It was found that the water regime of the soil had a major influence on the water consumption of radish. An rise of the Soil Pre-Irrigation Moisture (SPIM) from 75 to 75-85-75 and further to 85% of Full Moisture Capacity (FMC), while reducing the moisture reserves in the soil from 5,1 ... 5,3 to 3,4 ... 3,9 m³ / ha, caused an increase in the irrigation rate from 2979 ... 3148 to 3280 ... 3419 and total water consumption from 4101 ... 4289 to 4365 ... 4500 m³ / ha. The second factor affecting to the overall water consumption during the growing season of radish was construction of the irrigation network in the subirrigation system. Scientific research have shown that the improvement of this design, by reducing the distance between subsurface humidifiers from 1.6 to 1.2 m, also contributed to an increase in the total water consumption from 4101 ... 4365 to 4289... 4500 m³ / ha. The ob-

tained results allow us to better understand the influence of the water regime of the soil and the improvement of the irrigation network design in the subsurface irrigation system on the radish yield on the light brown soils of the territory between rivers Volga and Don.

Ключевые слова: *внутрипочвенное орошение редьки, редька, суммарное водопотребление редьки, режимы орошения редьки.*

Key words: *subsurface irrigation of radish, radish, total water consumption of radish, irrigation regimes of radish.*

Цитирование. Ходяков Е.А., Филин В.И., Милованов С.Г. Водопотребление редьки при внутрипочвенном орошении. *Известия НВ АУК.* 2019. 3(55). 120-127. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-15.

Citation. Khodyakov E.A., Filin V. I., Milovanov S.G. Water consumption of radish in the subsoil irrigation system. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 120-127. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-15.

Введение. Из-за многократного превышения испарения над осадками в Нижнем Поволжье, особенно в зоне светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья, выращивание овощных культур без орошения невозможно [7]. Для этого, наряду с дождеванием, можно применять локальные способы полива, такие как капельное, мелкодисперсное и внутрипочвенное орошение [3, 5]. И действительно, капельное орошение хорошо изучено и уже успешно развивается в регионе [4, 1].

Однако известная израильская фирма NETAFIM стала совершенствовать и модернизировать этот способ полива в Израиле, успешно внедрять на больших площадях в Бразилии [12], Италии [11], Турции [9, 14], Саудовской Аравии [10], США [8] и Китае [13] так называемое «подземное (капельное) орошение». В различных зарубежных публикациях его иначе называют «подземный» или «подпочвенный (капельный) полив». Он заключается в том, что на глубину от 0,05 до 0,40 м на расстоянии от 1,0 до 2,4 м в почву механизированно укладывают капельные трубки с утолщёнными стенками диаметром 16 мм. Капельницы расходом от 0,6 до 1,4 л/час располагаются на 0,4...0,6 м друг от друга. Производители утверждают, что при выращивании овощных и кормовых культур такие системы могут успешно эксплуатироваться до 10 лет. В российской науке мы называем этот способ полива «внутрипочвенным», поскольку увлажнители укладываются на глубину до 0,5 м, то есть в почву, а не ниже её (Григоров М.С., 1993). В нашей стране этот способ полива успешно применялся в советские времена, но в основном для выращивания кормовых культур, садов и виноградников [2]. Проведенные нами в течение 5 лет полевые опыты показали, что за счёт совершенствования конструкции оросительной сети (патент на полезную модель №132946 Р Ф А01G25/06 / и №134003 Р Ф А01G25/06/) внутрипочвенное орошение (ВПО) можно успешно применять для выращивания овощных культур [6].

Материалы и методы. Участок ВПО в районе пос. Майский УНПЦ «Горная Поляна» Волгоградского ГАУ общей площадью 0,5 га был построен в 2 этапа.

Первая очередь участка с расстоянием между увлажнителями 1,2; 1,5 и 1,8 м была построена в 2013 г., а вторая очередь с расстояниями 1,2; 1,4 и 1,6 м – в 2014 г.

Полевые опыты с редькой чёрной проводили на втором участке. Здесь ежегодно закладывали двухфакторный полевой опыт по методу полного факториального эксперимента с последующим изучением 3 вариантов режима орошения (с поддержанием двух постоянных предполивных порогов влажности в активном слое почвы (0,5 м) 75, 85 и одного дифференцированного – 75-85-75 % НВ), а также 3 вариантов параметров конструкции распределительной оросительной сети при ВПО редьки с укладкой увлажнителей на расстоянии 1,2; 1,4 и 1,6 м друг от друга.

Повторность опытов – трёхкратная, применяемые методики – общеизвестные (Доспехов Б.А., 2014; Плешаков В.Н., 1983; Литвинов С.С. 2011).

Удобрения рассчитывали под планируемую урожайность 80 т/га по методике профессора Филина В.И. (Филин В.И., 1994) и вносили норму $N_{200}P_{110}K_{145}$ кг. д.в/га дробно с подкормками вместе с поливной водой.

При строительстве участка ВПО нами были применены технические решения, на которые получены 2 патента на полезную модель (№132946 Р Ф А01G25/06 / и №134003 Р Ф А01G25/06/). В отличие от западных аналогов фирмы NETAFIM, на нашем участке на глубину 0,4 м уложены практически безнапорные увлажнители из полиэтиленовых перфорированных труб диаметром 32 мм с экраном из полиэтиленовой плёнки снизу и сверху по всей их длине. Использование таких экранов совместно с ежегодной промывкой системы повышенным напором (0,7-0,8 м) позволяет надёжно защищать сеть от заиливания и эксплуатировать её неограниченно долго.

Результаты и обсуждение. Одним из центральных вопросов научных исследований по редьке при ВПО являлось изучение её водопотребления, поскольку её обеспеченность в течение вегетации – один из основных факторов, определяющих величину полученного урожая.

Основные элементы суммарного водопотребления редьки при ВПО по вариантам опыта в среднем за 3 года исследований представлены в таблице 1.

Из-за отсутствия близко расположенных грунтовых вод суммарное водопотребление включает 3 основных элемента. Это оросительная вода (в среднем 2979...3419 м³/га), осадки (914...915 м³/га) и почвенные влагозапасы (153...226 м³/га).

Таблица 1 – Основные элементы суммарного водопотребления редьки при ВПО, в среднем за 2015-2017 гг., м³/га

Table 1 – The main elements of the total water consumption of radish with malware, on average for 2015-2017, m³/ha

Расстояние между увлажнителями, м Distance between subsoil humidifiers, m	Предполивной порог влажности, %НВ SPIM, % FMC	Основные элементы суммарного водопотребления, м ³ /га / Main elements of total water consumption, m ³ / ha			Суммарное водопотребление, м ³ /га- Total water consumption m ³ / ha
		Оросительная норма / Irrigation norm	Осадки Rain	Почвенные влагозапасы- Soil moisture	
1,2	75	3148	915	226	4289
	75-85-75	3315	915	169	4398
	85	3419	915	153	4500
1,4	75	3000	915	217	4132
	75-85-75	3175	915	180	4269
	85	3317	915	165	4396
1,6	75	2979	914	208	4101
	75-85-75	3097	914	178	4189
	85	3280	914	170	4365

Объём оросительной воды за период вегетации редьки изменялся в первую очередь в зависимости от исследуемых режимов орошения (таблица 2). При повышении предполивного порога влажности от 75 до 85 % НВ на вариантах с расстоянием между увлажнителями 1,2 м оросительная норма возрастала от 3148 до 3433 м³/га, с расстоянием 1,4 м – от 3000 до 3317 м³/га, с расстоянием 1,6 м – от 2979 до 3280 м³/га.

Это было связано с особенностями формирования складывающихся режимов орошения. На всех вариантах сразу после посева для получения дружных всходов с помощью обычного штангового опрыскивателя был проведён один полив дождеванием нормой 50 м³/га. Количество вегетационных поливов и их нормы изменялись в зависимости от предполивной влажности в активном слое почвы.

Таблица 2 – Режим внутривпочвенного орошения редьки, в среднем за 2015-2017 гг.

Table 2 – The mode of subsoil irrigation of radish, on average for 2015-2017

Расстояние между увлажнителями, м/ Distance between subsoil humidifiers, m	Предполивной порог влажности, % НВ/ SPIM, % FMC	Межфазный период/ Interphase periods			Общее количество поливов шт./ Total number of watering, unit	Оросительная норма, м³/га / irrigation norm, m³/ha
		Посев – Цветение/ Shoots- flowering	Цветение – плододобро-вание/ Flowering - beginning of fruiting	Плодообразование – уборка/ Fruiting – maturation		
		Количество поливов, шт./поливная норма, м³/га Number of watering, unit / watering norm, m³/ha				
1,2	75	1/50+3/143	13/143	5/143	22	3148
	75-85-75	1/50+3/143	21/86	7/143	32	3315
	85	1/50+5/86	26/86	9/86	41	3433
1,4	75	1/50+4/167	10/167	4/167	19	3000
	75-85-75	1/50+2/167	19/100	5/167	27	3175
	85	1/50+4/100	20/100	8/100	33	3317
1,6	75	1/50+2/191	9/191	4/191	16	2979
	75-85-75	1/50+2/191	15/114	4/191	22	3097
	85	1/50+4/114	17/114	7/114	29	3280

При разных расстояниях между увлажнителями на вариантах с нижним порогом влажности перед поливом 75 % НВ в межфазный период «посев – цветение» было проведено в среднем за 3 года исследований 2...4 полива, в период «цветение – плододобро-вание» – 9...13 поливов и в период «плододобро-вание – уборка» – 4...5 поливов нормами от 143 до 191 м³/га.

На вариантах с дифференцированным режимом орошения 75-85-75 % НВ в первый и третий межфазные периоды было выполнено соответственно 2...3 и 4...7 поливов по 143...191 м³/га, а во второй – 15...21 по 86...114 м³/га.

При поддержании постоянного режима орошения 85 % НВ в первый, второй и третий периоды роста и развития растений редьки было выполнено соответственно 4...5, 17...26 и 7...9 поливов нормами 86...114 м³/га.

То есть при повышении влажности почвы перед поливом от 75 до 85 % НВ, несмотря на снижение поливных норм 143...191 до 86...114 м³/га, общее количество поливов за вегетацию возрастало от 16...22 до 29...41, что в итоге способствовало увеличению оросительных норм.

Вторым фактором, определяющим изменение расхода оросительной воды в поливной сезон, было горизонтальное расположение распределительной сети в системе ВПО. При повышении расстояния между увлажнителями от 1,2 до 1,6 м оросительная норма снижалась в среднем от 3148...3433 до 2979...3280 м³/га. Это было связано главным образом с уменьшением количества поливов от 22...41 до 16...29.

Погодные условия всегда оказывают значительное влияние на рост и развитие растений. В наших полевых опытах по гидротермическому коэффициенту (ГТК) Селянинова Г.Т. 2016 г. был острозасушливым, а 2016 и 2017 гг. были малозасушливыми, так как осадки в среднем за 3 года исследований составили 914...915 м³/га (таблица 1).

Третьим составляющим элементом суммарного водопотребления были почвенные влагозапасы, определённые как разность влажности почвы в слое 0,0-1,5 м, определённой сразу после посева и после уборки (таблица 3). Основным фактором, влияющим на их величину, был уровень водообеспеченности редьки при ВПО.

Результаты расчётов показали, что увеличение предполивного порога влажности от 75 до 75-85-75 и далее до 85 % НВ вызывало снижение содержания влаги в почве от 208...226 до 153...170 м³/га.

Таблица 3 –Расчёт влагозапасов почвы в слое 0,0-1,5 м на вариантах опыта по возделыванию редьки при ВПО, в среднем за 2015-2017 гг.

Table 3 – Calculation of soil moisture reserves in the layer of 0.0-1.5 m on the experimental options for the cultivation of radish with VPO, on average for 2015-2017.

Показатель- Indicator	Расстояние между увлажнителями, м / Distance between subsoil humidifiers, m								
	1,2			1,4			1,6		
	Предполивной порог влажности, % НВ- SPIM, % FMC								
	75	75-85-75	85	75	75-85-75	85	75	75-85-75	85
Начальная влажность W _н , %НВ / Initial soil moisture W _н , % FMC	85,9	84,1	82,6	86,0	84,7	84,1	85,8	84,8	83,9
Конечная влажность W _к , % НВ / Final soil moisture W _к , % FMC	74,6	75,6	74,9	75,2	75,7	75,8	75,4	75,9	75,4
Начальная влажность W _н , м ³ /га / Initial soil moisture W _н , m ³ / ha	1713	1678	1647	1716	1690	1677	1712	1692	1673
Конечная влажность W _к , м ³ /га / Final soil moisture W _к , m3 / ha	1487	1509	1494	1499	1510	1512	1504	1514	1503
ΔW, м ³ /га / ΔW, m3 / ha	226	169	153	217	180	165	208	178	170

Возрастание предполивной влажности почвы до 85 % НВ вызывало как снижение общего объёма запасов влаги в почве, так и его уменьшение от 5,1...5,3 до 3,4...3,9 % доли почвенной влаги в суммарном водопотреблении (таблица 4).

Таблица 4 – Структура суммарного водопотребления редьки при ВПО, в среднем за 2015-2017 гг., %

Table 4 – The structure of the total water consumption of radish with malware, on average for 2015-2017,%

Расстояние между увлажни- телями, м- Distance between subsoil humidifi- ers, m	Предполивной порог влажно- сти, % НВ – SPIM, % FMC	Структура суммарного водопотребления, %- Structure of total water consumption,%			Суммарное водопотребле- ние, %- Total water consumption,%
		Оросительная норма- Irrigation norm	Осадки- Rain	Почвенные влагозапасы- Soil moisture	
1,2	75	73,4	21,3	5,3	100,0
	75-85-75	75,4	20,8	3,8	100,0
	85	76,2	20,4	3,4	100,0
1,4	75	72,6	22,1	5,3	100,0
	75-85-75	74,4	21,4	4,2	100,0
	85	75,4	20,8	3,8	100,0
1,6	75	72,6	22,3	5,1	100,0
	75-85-75	73,9	21,8	4,2	100,0
	85	75,1	20,9	3,9	100,0

Как показали наши исследования, суммарное водопотребление редьки при ВПО на две трети (72,6...76,2 %) зависит от подачи оросительной воды.

В отличие от почвенных влагозапасов возрастание предполивного порога влажности от 75 до 75-85-75 и далее до 85 % НВ вызывало увеличение доли оросительной воды в суммарном водопотреблении от 72,6...73,4 до 75,1...76,2 %.

Повышение расстояния между увлажнителями от 1,2 до 1,6 м, наоборот, стимулировало снижение доли оросительной воды в общем расходе влаги за сезон от 73,4...72,6 до 72,6...75,1 %.

Заключение. Таким образом, проведённые нами исследования показали, что в структуре суммарного водопотребления редьки, выращиваемой при ВПО, минимальный объём (153...226 м³/га или 3,4...5,3 %) приходился на почвенные влагозапасы. Осадки составляли 914...915 м³/га или 20,4...22,8 %. Основной расход (в среднем за 3 года 2979...3419 м³/га или 72,6...76,2 %) составляла оросительная вода.

При этом было установлено, что водный режим почвы оказывал основное влияние на водопотребление редьки. Возрастание предполивного порога влажности от 75 до 75-85-75 и далее до 85 % НВ, при снижении запасов влаги в почве от 5,1...5,3 до 3,4...3,9 м³/га, вызывало увеличение оросительной нормы от 2979...3148 до 3280...3419 и суммарного водопотребления от 4101...4289 до 4365...4500 м³/га.

Вторым фактором, влияющим на общий расход воды за поливной сезон, была конструкция поливной сети в системе ВПО. Исследования показали, что улучшение этой конструкции за счёт снижения расстояния между увлажнителями от 1,6 до 1,2 м тоже способствовало возрастанию суммарного водопотребления от 4101...4365 до 4289...4500 м³/га.

Полученные результаты позволяют установить тесную связь между суммарным водопотреблением и урожайностью редьки, позволяя обосновать аналогичное её возрастание [14] при увеличении предполивного порога влажности до 85 % НВ и уменьшении расстояния между увлажнителями до 1,2 м в системе ВПО на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья.

Библиографический список

1. Ахмедов А.Д. Капельное орошение овощных культур в условиях Волго-Донского междуречья // Известия НВ АУК. 2018. № 4 (52). С. 36-43. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-04-36-43.
2. Ахмедов А.Д., Боровой Е.П. Научно-экспериментальное обоснование техники и технологии внутрипочвенного орошения кормовых культур в условиях Юга России: монография. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2014. 336 с.
3. Многоцелевое применение оросительных систем / А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров, Н.Г. Колесова // Известия НВ АУК. 2018. № 3 (51). С. 9-17. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-03-9-17.
4. Обоснование водного режима почвы при капельном орошении семенных посадок картофеля в Нижнем Поволжье / Н.Н. Дубенок, Д.А. Болотин, С.Д. Фомин, А.Г. Болотин // Известия НВ АУК. 2018. № 3 (51). С. 18-26. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-03-18-26.
5. Овчинников А.С., Ходяков Е.А., Милованов С.Г. Получение планируемых урожаев овощных культур при использовании локальных способов полива на юге России // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: «Агрономия и животноводство». 2018. Том 13. № 3. С. 232-240. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-3-232-240.
6. Ходяков Е.А., Милованов, С.Г. Совершенствование конструкции системы внутрипочвенного орошения // Известия НВ АУК. 2018. № 1 (49). С. 269-275. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-01-269-275.
7. Эффективность использования водных ресурсов в орошаемом земледелии / Н.Н. Дубенок, Д.А. Болотин, А.А. Новиков, А.Г. Болотин // Известия НВ АУК. 2018. №3 (51). С. 83-90. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-03- 83-90.
8. Ayars J.E., Fulton A., Taylor B. Subsurface drip irrigation in California—Here to stay? // Agricultural Water Management. 2015. Vol. 157. P. 39-47.

9. Evaluation of Crop Water Stress Index (CWSI) for Eggplant under Varying Irrigation Regimes Using Surface and Subsurface Drip Systems / Yeşim Bozkurt Çolak, Attila Yazar, İlker Çolak, ... Gülşen Duraktekin // *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015. Vol. 4. P. 372-382.

10. Hussein M.Al-Ghobari; Ahmed Z.Dewidar. Integrating deficit irrigation into surface and subsurface drip irrigation as a strategy to save water in arid regions // *Agricultural Water Management*. 2018. Vol. 209. P. 55-61.

11. Precision subsurface drip irrigation increases yield while sustaining water-use efficiency in Mediterranean poplar bioenergy plantations / Pierluigi Paris, Giovanni Di Matteo, Massimo Tarchi, ... Marco Lauteri // *Forest Ecology and Management* 2018. Vol. 409. P. 749-756.

12. Stalk yield of sugarcane cultivars under different water regimes by subsurface drip irrigation / Andrade Junior, Aderson S.; Bastos, Edson A.; Ribeiro, Valdenir Q. at al. // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2017. Vol. 21. Issue 3. P. 169-174.

13. Yan Mo, Guangyong Li, Dan Wang. A sowing method for subsurface drip irrigation that increases the emergence rate, yield, and water use efficiency in spring corn // *Agricultural Water Management*. 2017. Vol. 179. P. 288-295.

14. Yield and quality response of surface and subsurface drip-irrigated eggplant and comparison of net returns / Yeşim B. Ç. Attila Y., Engin G. E. Çağlar E. // *Agricultural Water Management*. 2018. Vol. 206. P. 165-175.

References

1. Ahmedov A. D. Kapel'noe oroshenie ovoschnykh kul'tur v usloviyakh Volgo-Donskogo mezhdurech'ya // *Izvestiya NV AUK*. 2018. № 4 (52). P. 36-43. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-04-36-43.

2. Ahmedov A. D., Borovoj E. P. Nauchno-jeksperimental'noe obosnovanie tehniki i tehnologii vnutripochvennogo orosheniya kormovykh kul'tur v usloviyakh Yuga Rossii: monografiya. Volgograd: Volgogradskij GAU, 2014. 336 p.

3. Mnogocелевое primeneniye orositel'nykh sistem / A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. Yu. Hrabrov, N. G. Kolesova // *Izvestiya NV AUK*. 2018. № 3 (51). P. 9-17. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-03-9-17.

4. Obosnovaniye vodnogo rezhima pochvy pri kapel'nom oroshenii semennykh posadok kartofelya v Nizhnem Povolzh'e / N. N. Dubenok, D. A. Bolotin, S. D. Fomin, A. G. Bolotin // *Izvestiya NV AUK*. 2018. № 3 (51). P. 18-26. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-03-18-26.

5. Ovchinnikov A. S., Hodyakov E. A., Milovanov S. G. Poluchenie planiruemykh urozhayev ovoschnykh kul'tur pri ispol'zovanii lokal'nykh sposobov poliva na yuge Rossii // *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: "Agronomiya i zhivotnovodstvo"*. 2018. Vol. 13. № 3. P. 232-240. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-3-232-240.

6. Hodyakov E. A., Milovanov, S. G. Sovershenstvovaniye konstrukcii sistemy vnutripochvennogo orosheniya // *Izvestiya NV AUK*. 2018. № 1 (49). P. 269-275. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-01-269-275.

7. Jeffektivnost' ispol'zovaniya vodnykh resursov v oroshaemom zemledelii / N. N. Dubenok, D. A. Bolotin, A. A. Novikov, A. G. Bolotin // *Izvestiya NV AUK*. 2018. №3 (51). P. 83-90. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-03- 83-90.

9. Evaluation of Crop Water Stress Index (CWSI) for Eggplant under Varying Irrigation Regimes Using Surface and Subsurface Drip Systems / Yeşim Bozkurt Çolak, Attila Yazar, İlker Çolak, ... Gülşen Duraktekin // *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015. Vol. 4. P. 372-382.

10. Hussein M.Al-Ghobari; Ahmed Z.Dewidar. Integrating deficit irrigation into surface and subsurface drip irrigation as a strategy to save water in arid regions // *Agricultural Water Management*. 2018. Vol. 209. P. 55-61.

11. Precision subsurface drip irrigation increases yield while sustaining water-use efficiency in Mediterranean poplar bioenergy plantations / Pierluigi Paris, Giovanni Di Matteo, Massimo Tarchi, ... Marco Lauteri // *Forest Ecology and Management* 2018. Vol. 409. P. 749-756.

12. Stalk yield of sugarcane cultivars under different water regimes by subsurface drip irrigation / Andrade Junior, Aderson S.; Bastos, Edson A.; Ribeiro, Valdenir Q. at al. // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2017. Vol. 21. Issue 3. P. 169-174.

13. Yan Mo, Guangyong Li, Dan Wang. A sowing method for subsurface drip irrigation that increases the emergence rate, yield, and water use efficiency in spring corn // *Agricultural Water Management*. 2017. Vol. 179. P. 288-295.

14. Yield and quality response of surface and subsurface drip-irrigated eggplant and comparison of net returns / Yeşim B. Ç. Attila Y., Engin G. E., Çağlar E. // *Agricultural Water Management*. 2018. Vol. 206. P. 165-175.

Информация об авторах

Ходяков Евгений Алексеевич, профессор кафедры «Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г.Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2213-7860> E419829@yandex.ru

Филин Валентин Иванович, профессор кафедры «Земледелие и агрохимия» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г.Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, valentinfilin@yandex.ru

Милованов Сергей Геннадьевич, лаборант кафедры "Мелиорация земель и комплексное использование водных ресурсов" Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г.Волгоград, пр. Университетский, д.26),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-2619> redas008@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 633.854.78:631.527.5:631.5(470.45)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-16

АГРОТЕХНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ЧЕРНОЗЕМАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

AGROTECHNICAL EVALUATION OF THE METHODS OF PRIMARY TILLAGE AND FERTILIZER APPLICATION IN SUNFLOWER CULTIVATION TECHNOLOGY ON THE BLACK SOIL OF THE VOLGOGRAD REGION

В.Н. Чурзин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. О. Дубовченко, аспирант

V.N. Churzin, A.O. Dubovchenko

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 04.02.2019

Дата принятия к печати 19.08.2019

Received 04.02.2019

Submitted 19.08.2019

Роль весенних запасов влаги в метровом слое почвы для культуры подсолнечника в зоне исследований очень значима, и это наглядно проявилось в исследованиях. Устойчивые урожаи подсолнечника формирует при запасах продуктивной влаги в слое 0...1,0 м по обработкам от 148,6 до 161,3 мм. Установлено преимущество отвальной вспашки и гибрида Тунка. Так, урожайность у данного гибрида была выше на варианте отвальной вспашки, где она составила на контроле (б/о) 3,04 т/га, на варианте Гелиос Азот – 3,13 т/га, на варианте Бор Молибден – 3,19 т/га. У гибрида подсолнечника Саванна урожайность была ниже и соответственно по вариантам достигала: 2,60; 2,71; и 2,74 т/га. Масличность по способам основной обработки почвы и применения удобрений у гибрида Тунка изменялась от 48,1 % (мелкая обработка) до 49,5 % на варианте (мелкая+чизель) с применением Гелиос Азот. У гибрида Саванна масличность несколько выше от 49,3 до 51,4 % с применением Гелиос Азот и Бор Молибден. Лузжистость семян у гибридов подсолнечника составила у гибрида Тунка от 21,3 % (мелкая+чизель) до 22,2 % на контроле. У гибрида Саванна от 21,2 % (отвальная обработка) до 21,9 % на мелкой обработке.

The role of spring moisture reserves in a meter-long soil layer for sunflower crops in the research area is very significant and this was clearly shown in the studies. Sunflower forms stable crops with productive moisture reserves in the layer 0 ... 1,0 m for treatments from 148,6 to 161,3 mm. The advantage of dump plowing and the Tunk hybrid has been established. So, the yield of this hybrid was higher on the option of dump plowing, where it amounted to 3,04 t / ha on the control (b / o), on the Helios Azot-3,13 t / ha variant, on the Molybdenum-3 boron variant, 19 t / ha. The yield of the sunflower hybrid Sovan was lower and, accordingly, according to the options reached: 2,60; 2,71; and 2,74 t / ha. Oil content by the main tillage and fertilizer application methods for the Tunk hybrid varied from 48,1% (fine treatment) to 49,5% for the variant (small + chisel) using Helios Azot. In the Savannah hybrid, oil content is slightly higher from 49,3 to 51,4% using Helios Azot and Bor Molybdenum. The achene huskiness in sunflower hybrids in the Tunk hybrid was from 21,3% (small + chisel), to 22,2% in the control. In the Savannah hybrid, from 21,2% (dump processing), to 21,9% in small processing.

Ключевые слова: *способы основной обработки почвы, регуляторы роста растений, масличность подсолнечника, урожайность подсолнечника.*

Key words: *main tillage methods, plant growth regulators, oil content of sunflower, sunflower yield.*

Цитирование. Чурзин В.Н., Дубовченко А.О. Агротехническая оценка способов основной обработки почвы и применения удобрений в технологии возделывания подсолнечника на черноземах Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2019. 3 (55). 127-134. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-16.

Citation. Churzin V.N., Dubovchenko A.O. Agrotechnical evaluation of the methods of primary tillage and fertilizer application in sunflower cultivation technology on the black soil of the Volgograd region *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 127-134. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-16.

Введение. В Волгоградской области значительные площади подсолнечника размещены в сухостепной зоне чернозёмных почв. В технологии возделывания подсолнечника оценка способов основной обработки почвы с исследованием эффективности отвальной вспашки, мелкой обработки и мелкая+чизель не проводилась, некоторые элементы технологии основной обработки почвы под подсолнечник нашли отражение в ряде работ по совершенствованию технологии возделывания подсолнечника [5, 9, 10, 11].

Задача исследований – выявить влияние способов основной обработки почвы и препаратов Гелиос Азот и Бор Молибден на рост, развитие, сохранность растений, масличность и урожайность в посевах гибридов подсолнечника Тунка и Саванна.

Подсолнечник высевался по предшественнику – озимая пшеница – при систематическом размещении вариантов, размер делянок по обработкам – 332 м², высевали 60 тыс. всхожих семян на гектар, размещение вариантов проводили в трехкратной повторности.

Изучали следующие обработки почвы: 1. Отвальная вспашка на 0,27- 0,30 м. 2. Мелкая обработка (БДМ-4М) на 0,12- 0,14 м. 3. Мелкая (БДМ-4М)+чизель на 0,30-0,32 м.

Гелиос Азот применяли для обработки семян – 2 л препарата + 10 л воды на 1 тонну семян. В фазу образования корзинки – 4 л/га, расход рабочего раствора – 200 л/га.

Бор Молибден обработка семян – 0,7 л препарата + 10 л воды на 1 тонну семян. В фазу образования корзинки 2 л/га, расход рабочего раствора – 200 л/га.

Материалы и методы. Исследования включали лабораторные и полевые опыты, которые проводились по рекомендованным методикам.

Работа выполнялась в соответствии с планом научных исследований ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» при кафедре растениеводства селекции и семеноводства. Экспериментальная часть работы выполнена аспирантом

кафедры в КФХ «Дубовченко О.И.» Еланского района Волгоградской области в 2017-2018 годах. Почва опытного участка по механическому составу – глинистая, содержание гумуса в слое 0...0,20 м 4,85 %, содержание P_2O_5 – 22,4 мг/кг почвы, калием – 330 мг/кг почвы. Плотность сложения для слоя почвы 0,0...1,0 м – 1,22 т/м³. Влажность за-
вядания (ВЗ) – 13,5 %.

Ниже приводим характеристики изучаемых гибридов подсолнечника и применяемых препаратов.

Тунка – гибрид относится к скороспелым. В высоту в среднем, растение достигает 1,5 м. Урожай стабильно высокий 2,5-2,7 т/га, не полегает. Средний диаметр корзинки – 15,9 см, плоская, нет сильно выраженной выпуклости, ярко-жёлтые лепестки. Семянки вытянутые, серо-чёрные. Содержание масла в семенах до 50,6-51,7 %, содержание белка – до 17 %.

Саванна – гибрид относится к скороспелым. Период вегетационного развития достигает 114 дней. Урожай стабильно высокий 2,2-2,4 т/г, масса одной тысячи семян составляет до 56 граммов.

Гелиос Азот – жидкое минеральное удобрение, применяется для обработки семян и внекорневой листовой подкормки сельскохозяйственных культур. Самая современная форма хелатирования металлов – оксиэтилендиантарная кислота; полностью усвояемая и растворимая форма фосфора; полный аминокислотный ряд. Массовая доля питательных веществ, %, не менее: Азот общий (N_2) – 30,00, Магний – 0,50, Молибден – 0,10, Азот нитратный (NO_3) – 11,40, Цинк – 0,30, Бор – 0,05, Фосфор (P_2O_5) – 2,50, Медь – 0,20, Кобальт – 0,05, Калий (K_2O) – 4,20, Железо – 0,10, Селен – 0,05, Сера – 2,50, Марганец – 0,05.

Бор Молибден – жидкое минеральное удобрение, применяется для обработки семян перед посевом и внекорневой листовой подкормки сельскохозяйственных культур. Препарат активно повышает скорость фотосинтеза, предотвращает гниение корзинки и стимулирует накопление сахара.

Отличительной особенностью препарата является введение молибдена. Препарат содержит, %: бор – 6,00, молибден – 0,50, медь (Cu) – 0,10, цинк (Zn) – 0,10, марганец (Mn) – 0,10, железо (Fe) – 0,10.

Результаты и обсуждение. В лабораторных опытах выявлено, что препараты Гелиос Азот и Бор Молибден повышали энергию прорастания и лабораторную всхожесть. Максимальные показатели по всхожести достигали у гибридов до 96,0 %, на контроле этот показатель – 94,0 % (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние обработок на посевные качества семян подсолнечника, среднее за 2017-2018 годы

Table 1 – The effect of treatments on the sowing quality of sunflower seeds, the average for 2017-2018

Вариант/Variant	Энергия прорастания, % / Germination Energy, %		Всхожесть, % / Germination, %	
	Саванна / Savanna	Тунка / Tunka	Саванна / Savanna	Тунка / Tunka
Контроль (б/о)/ Control	80	80	93	94
Гелиос Азот /Helios Nitrogen	81	82	94	96
Бор Молибден /Bor Molybdenum	80	82	96	96

Оценка влияния способов основной обработки почвы на полевую всхожесть выявила некоторое преимущество отвальной обработки почвы (рисунок 1).

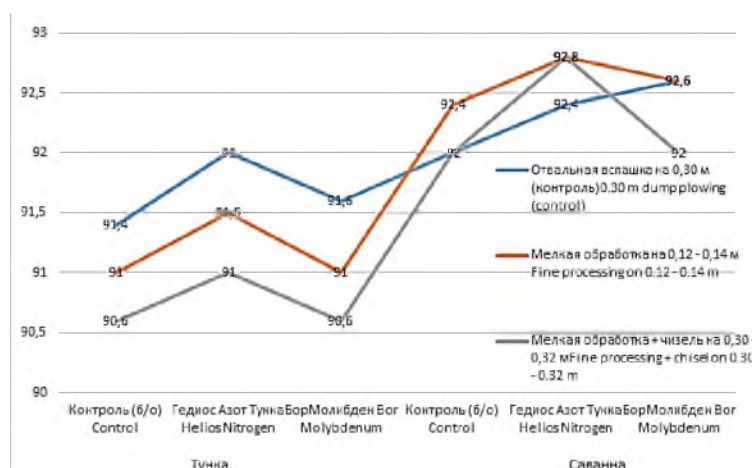


Рисунок 1 – Полевая всхожесть семян подсолнечника по вариантам опыта, среднее за два года (норма высева 60,0 тыс. шт./га)

Figure 1 – Field germination of sunflower seeds according to the experimental options, an average of two years (sowing rate of 60.0 thousand units / ha)

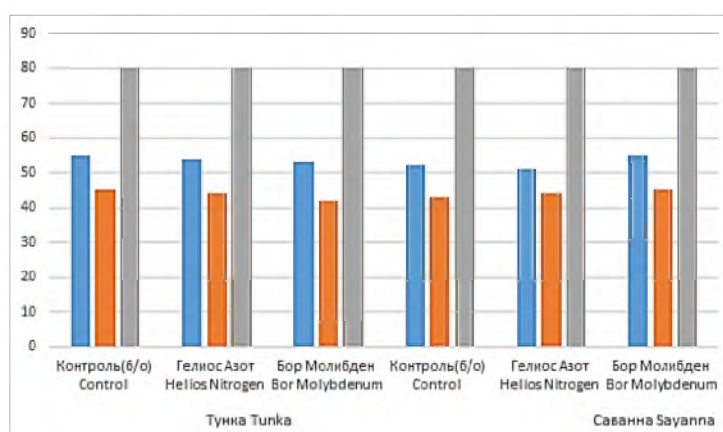


Рисунок 2 – Сохранность растений гибридов подсолнечника по отвальной вспашке, среднее за 2017-2018 годы

Figure 2 – Preservation of plants of sunflower hybrids by dump plowing, average for 2017-2018

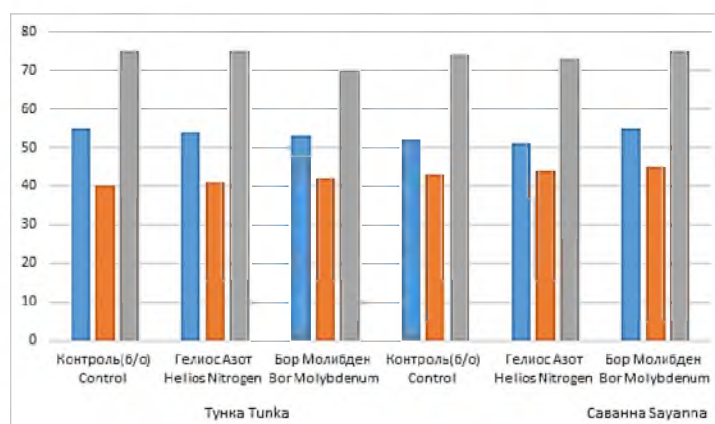


Рисунок 3 – Сохранность растений гибридов подсолнечника по мелкой обработке почвы, среднее за 2017- 2018 годы

Figure 3 – Preservation of plants of sunflower hybrids for fine tillage, average for 2017-2018

На формирование величины урожая на изучаемых вариантах, как показали наблюдения, имеет большое влияние сохранность растений к уборке по обработкам, также от применения удобрений. что отражено на рисунках 2, 3, 4, где по вариантам и гибридам 1 колонка – получено всходов, тыс. шт./га, 2 – густота перед уборкой, тыс. шт./га, 3 – сохранность к уборке, %.

Сохранность растений по мелкой обработке и мелкая+чизель по сравнению с отвальной вспашкой снижалась незначительно. По мелкой обработке (рисунок 3) сохранность к уборке ниже по сравнению с отвальной обработкой. На варианте обработки почвы мелкая+чизель сохранность растений близка к отвальной обработке, но при этом она выше по отношению к мелкой обработке (рисунок 4).

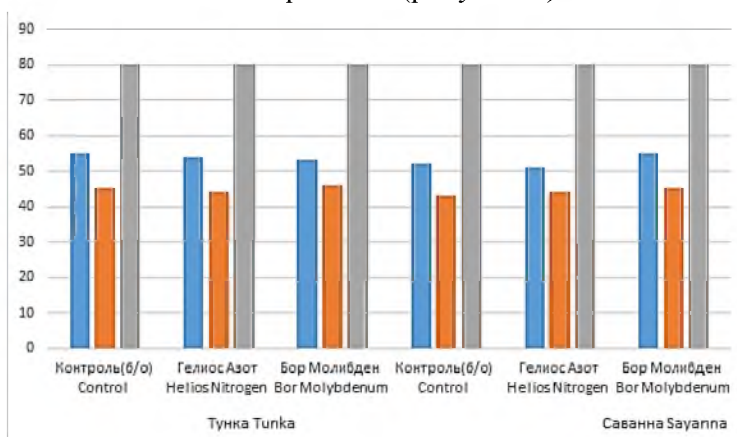


Рисунок 4 – Сохранность растений гибридов подсолнечника по мелкой обработке+чизель, среднее за 2017-2018 годы

Figure 4 – Preservation of plants of sunflower hybrids by small processing + chisel, average for 2017-2018

Таблица 2 – Урожайность гибридов подсолнечника в зависимости от способов основной обработки почвы и применяемых удобрений, среднее за 2017- 2018 годы, т/га

Table 2 – Yield of sunflower hybrids depending on the methods of primary tillage and fertilizers used, average for 2017-2018, t / ha

Вариант / Option	Тунка / Tunka	Саванна / Savanna
Отвальная вспашка на 0,28...0,30 м (контроль) Moldboard plowing at 0.28...0.30 m (control)		
Контроль (б/о) Control (b / o)	3,04	2,60
ГелиосАзот / HeliosAzot	3,13	2,71
Прибавка к контролю / Increase in control	0,09	0,11
БорМолибден / Bor molybdenum	3,19	2,74
Прибавка к контролю / Increase in control	0,15	0,14
Мелкая обработка на 0,12...0,14 м Fine processing at 0.12 ... 0.14 m		
Контроль (б/о) Control (b / o)	2,33	2,08
ГелиосАзот / HeliosAzot	2,39	2,11
Прибавка к контролю / Increase in control	0,06	0,03
БорМолибден / Bor molybdenum	2,39	2,14
Прибавка к контролю / Increase in control	0,06	0,04
Мелкая обработка + чизель на 0,30...0,32 м Fine processing + chisel at 0.30 ... 0.32 m		
Контроль (б/о) / Control (b / o)	2,35	2,29
ГелиосАзот / HeliosAzot	2,42	2,39
Прибавка к контролю / Increase in control	0,07	0,10
БорМолибден / Bor molybdenum	2,42	2,41
Прибавка к контролю / Increase in control	0,07	0,12

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.

При возделывании гибридов подсолнечника при норме высева 60 тыс. шт./га, сохранность растений к уборке выше по отвальной вспашке. Так, у гибрида Тунка по вариантам она была от 82,8 до 83,4 %, у гибрида Саванна соответственно от 83,2 до 85,4 %, что повлияло на величину урожайности.

В условиях зоны исследований влагообеспеченность посевов за счет осенних запасов влаги и осадков весенне-летнего периода основной фактор формирования величины урожая и показателя масличности у гибридов подсолнечника, что отмечалось в опытах и других авторов [1, 6, 2, 7].

Значительное влияние на ростовые процессы и продуктивность оказали весенние запасы доступной влаги (148,6 161,3 мм) и влагообеспеченность посевов в период вегетации. Так, количество осадков за период летней вегетации (май-сентябрь) составило 84 мм. Значительное их количество (46,9 мм) выпало в июле. Эти условия повлияли на сохранность растений, показатели структуры урожая, величину урожайности в большой степени, чем изучаемые способы основной обработки и применяемые удобрения (таблица 3).

Заключение. Установлено преимущество отвальной вспашки и гибрида Тунка. Так, урожайность была выше на варианте отвальной вспашки, где она составила на контроле (б/о) 3,04 т/га, на варианте Гелиос Азот – 3,13 т/га, на варианте Бор Молибден – 3,19 т/га. У гибрида подсолнечника Сована урожайность была ниже и соответственно по указанному варианту достигала: 2,60; 2,71; и 2,74 т/га.

Масличность у гибрида Тунка изменялась от 48,1 % (мелкая обработка) до 49,5 % на варианте (мелкая+чизель) с применением Гелиос Азот.

У гибрида Саванна масличность несколько увеличилась: от 49,3 % (мелкая обработка) до 51,4 % на варианте (мелкая+чизель) с применением Гелиос Азот и Бор Молибден.

Показатель лужистости семян у гибрида Тунка от 21,3 % (мелкая+чизель) до 22,2 % на контроле. У гибрида Саванна от 21,2 % (отвальная обработка) до 21,9 % на мелкой обработке.

Библиографический список

1. Больдисов Е.А. Экологическая адаптивность гибридов к различным почвенно-климатическим условиям в зависимости от некоторых элементов агротехники // Масличные культуры. 2015. Вып.2 (162). С. 40-49.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Приемы повышения урожайности маслосемян подсолнечника на черноземных почвах Нижнего Поволжья / Г.А. Медведев, В.М. Иванов, В.Н. Чурзин и др. // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 52-56.
6. Тишков Н.М., Дряхлов А.А. Отзывчивость гибридов подсолнечника на густоту стояния растений на черноземе выщелоченном Краснодарского края // Масличные культуры. 2016. Вып. 1 (165). С. 51-53.
7. Тишков Н.М., Тильба В.А., Шкарупа М.В. Влияние густоты стояния растений на продуктивность сортов крупноплодного подсолнечника // Масличные культуры. 2018. Вып. 2 (174). С. 41-46.

8. 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.

9. Чурзин В.Н., Дудникова Н.Н. Влияние способов основной обработки почвы и регуляторов роста растений на урожайность генотипов подсолнечника на черноземах Волгоградской области // Пути повышения продуктивности орошаемых агроландшафтов в условиях аридного земледелия. М., 2012. С.129-132.

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. Bruniard J.M., Miller J.F. Inheritance of imidazolinone-herbicide resistance in sunflower // Helia. 2001. Vol. 24. P. 11-16.

12. Correlation between heterosis and genetic distance based on SSR-markers in sunflower (*Helianthus annuus* L.) / S. Gvodenovic, D. Pankovic-Saftic, S. Jovic, V. Radic // Journal of Agricultural Sciences. 2009. Vol. 54. P. 1-10.

13. Use of sunflower cultivars with resistance to imidazolinone herbicides to control broomrape (*Orobanchecumana*) infection / J. Dominguez, J. Alvarado, J.L. Espinosa et al. // Proc. 16 International Sunflower Conference. 2004. Vol. 1. P.181-186.

Reference

1. Bol'disov E. A. Jekologicheskaya adaptivnost' gibridov k razlichnym pochvenno-klimaticheskim usloviyam v zavisimosti ot nekotoryh Jelementov agrotehniki// Maslichnye kul'tury. 2015. Vol.2 (162). P. 40-49.

2. 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.

3. Nasiev B. N., Esentuzhina A. N., Bushnev A. S. Produktivnost' podsolnechnika v zavisimosti ot srokov poseva v Zapadnom Kazahstane // Maslichnye kul'tury. 2019. Vol.1 (177). P. 48-54.

4. 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.

5. 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.

6. Tishkov N. M., Dryahlov A. A. Otzyvchivost' gibridov podsolnechnika na gustomu stoyaniya rastenij na chernozeme vyschelochennom Krasnodarskogo kraja // Maslichnye kul'tury. 2016. Vol. 1 (165). P. 51-53.

7. Tishkov N. M., Til'ba V. A., Shkarupa M. V. Vliyanie gustomu stoyaniya rastenij na produktivnost' sortov krupnoplodnogo podsolnechnika // Maslichnye kul'tury. 2018. Vol. 2 (174). P. 41-46.

8. 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.

9. Churzin V. N., Dudnikova N. N. Vliyanie sposobov osnovnoj obrabotki pochvy i regulatorov rosta rastenij na urozhajnost' genotipov podsolnechnika na chernozemah Volgogradskoj oblasti // Puti povysheniya produktivnosti oroshaemyh agrolandshaftov v usloviyah aridnogo zemledeliya. M., 2012. P.129-132.

10. Churzin V.N., Dudnikova N.N. Vliyanie sposobov osnovnoj obrabotki na mikrobiologicheskuyu aktivnost' pochvy i urozhajnost' podsolnechnika na chernozemah Volgogradskoj oblasti //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 3 (31). P. 82-86.

11. Bruniard J.M., Miller J.F. Inheritance of imidazolinone-herbicide resistance in sunflower // Helia. 2001. Vol. 24. P. 11-16.

12. Correlation between heterosis and genetic distance based on SSR-markers in sunflower (*Helianthus annuus* L.) / S. Gvodenovic, D. Pankovic-Saftic, S. Jovic, V. Radic // Journal of Agricultural Sciences. 2009. Vol. 54. P. 1-10.

13. Use of sunflower cultivars with resistance to imidazolinone herbicides to control broomrape (*Orobanchecumana*) infection / J. Dominguez, J. Alvarado, J.L. Espinosa et al. // Proc. 16 International Sunflower Conference. 2004. Vol. 1. P.181-186.

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.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2198-0277> Rasteniievodstvo44@mail.ru

Дубовченко Антон Олегович, аспирант кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8935-9479> d.dubowchenko@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 633.11«324»:632(470.630)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-17

АГРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩИВАЕМЫХ В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕ ЗАСУШЛИВОЙ ЗОНЫ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ AGROBIOLOGICAL EVALUATION OF WINTER WHEAT VARIETIES GROWN UNDER THE CONDITIONS OF THE EXTREMELY ARID ZONE OF THE STAVROPOL REGION

Е.Б. Дрёпа, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А.С. Голубь, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Л.В. Трубачева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А.А. Сухарева, магистрант

E.B. Drepa, A.S. Golub, L.V. Trubacheva, A.A. Suhareva

ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Stavropol State Agrarian University», Stavropol*

Дата поступления в редакцию 01.03.2019
Received 01.03.2019

Дата принятия к печати 12.09.2019
Submitted 12.09.2019

Сорт является одним из основных факторов повышения урожайности зерновых культур. Возделывание более урожайных сортов – это самый эффективный путь повышения рентабельности зернового производства. Исследования проводили на опытном поле в условиях крайне засушливой зоны, где изучали сорта Васса, Таня, Юка, Калым (Краснодарская селекция) и сорт Ростовчанка 7 (Донская селекция), взятый за контроль. Сложившиеся погодные условия способствовали появлению всходов на седьмые сутки. По всем вариантам опыта всходы отмечены 7 октября. Все сорта Краснодарской селекции оказались наиболее адаптированными к условиям крайне засушливой зоны, нежели сорта Донской селекции, и имели более короткий вегетационный период. Продолжительность вегетационного периода по сортам оказалась неодинаковой в сравнении с контролем (274 дня). Продолжительность вегетационного периода сортов Васса и Таня была на 5-6 дней меньше (268-269 дней), а сорта Калым и Юка – на 3 дня меньше (271 день). В соответствии с продолжительностью вегетационного периода все сорта озимой пшеницы, как и Ростовчанка 7 (контроль), относятся к группе среднеспелых сортов. Восприимчивость озимой пшеницы к болезням зависит от возделываемого сорта, погодных условий в период вегетации, вносимых доз удобрения, норм и сроков сева, а также от способов обработки почвы. Сложившиеся погодные условия в годы проведения исследований показали, что наиболее урожайными оказались сорта Краснодарской се-

лекции, которые сформировали урожайность на 0,2-0,6 т/га больше по сравнению с контрольным сортом Ростовчанка 7, который является сортом Донской селекции. Наибольшую урожайность при этом показал сорт Юка 5,8 т/га, несколько ниже – 5,7 и 5,6 т/га – сформировали урожайность сорта Васса и Калым, 5,4 т/га – сорт Таня. Снижение урожайности сорта Ростовчанка 7 обусловлено развитием болезней и вредителей, низким количеством растений, сформировавшихся на единице площади к моменту уборки.

Variety is one of the main factors increasing the yield of grain crops. Cultivation of more productive varieties is the most effective way to increase the profitability of grain production. Studies were conducted on the experimental field in an extremely arid zone, where the varieties Vassa, Tanya, Yuka, Kalym (Krasnodar selection) and the variety Rostovchanka 7 (Don selection), taken as control, were studied. The prevailing weather conditions contributed to the emergence of shoots on the seventh day. In all variants of the experience shoots were noted on October 7. All varieties of the extremely arid zone, than the varieties of Donskoy selection and had a shorter growing season. The length of the growing season by varieties was not the same as compared to the control (274 days). The length of the growing season of varieties Vassa and Tanya was 5-6 days less (268-269 days), and varieties Kalym and Yuka were 3 days less (271 days). In accordance with the length of the growing season, all varieties of winter wheat, like Rostovchanka 7 (control), belong to the group of middle-ripening varieties. The susceptibility of winter wheat to diseases depends on the cultivated variety, weather conditions during the growing season, applied fertilizer doses, rates and sowing time, as well as the methods of tillage. The prevailing weather conditions during the years of research showed that the varieties of Krasnodar selection turned out to be the most fruitful, which formed yields of 0,2-0,6 t / ha more compared to the control variety Rostovchanka 7, which is a variety of Don breeding. The highest yields were shown by the Yuka variety, which amounted to 5,8 t / ha, then slightly lower than 5,7 and 5,6 t / ha, showed the yield of the Vassa and Kalym varieties and 5,4 t / ha, the Tanya variety. The decrease in the yield of the variety Rostovchanka 7 is due to the development of diseases and pests, as well as to the lower number of plants formed per unit area at the time of harvest.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорта озимой пшеницы, урожайность озимой пшеницы, адаптивная селекция пшеницы.

Key words: winter wheat, winter wheat varieties, winter wheat productivity, adaptive wheat selection.

Работа выполнена в рамках государственного контракта ГК 190/18 от 09.08.2018 года на тему: «Разработка научно-обоснованной системы семеноводства пропашных и технических культур с целью получения высококачественного семенного материала в семеноводческих хозяйствах Ставропольского края в условиях импортозамещения»

Цитирование. Дрепа Е.Б., Голубь А.С., Трубачева Л.В., Сухарева А.А. Агробиологическая оценка сортов озимой пшеницы, выращиваемых в условиях крайне засушливой зоны Ставропольского края. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 134-141. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-17.

Citation. Drepa E. B., Golub A. S., Trubacheva L. V., Sukhareva A. A. Agrobiological evaluation of winter wheat varieties grown in conditions of extremely arid zone of Stavropol Krai. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 134-141. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-17.

Введение. Озимая пшеница – важнейшая продовольственная культура. Она занимает первое место среди хлебов РФ. Её широкое распространение обусловлено высокой пластичностью, урожайностью, а также хорошими свойствами продуктов переработанного зерна, их лёгкой усвояемостью. Исключительно важное место принадлежит мягкой пшенице, которая служит основой питания для более чем половины населения земного шара [2, 1].

Сорт является одним из основных факторов повышения урожайности зерновых культур. Возделывание более урожайных сортов — это самый эффективный путь повышения рентабельности зернового производства.

Сорт – это одно из средств сельскохозяйственного производства. При использовании лучших сортов повышается урожайность сельскохозяйственных культур и улучшается качество продукции. Различные сорта с хозяйственной точки зрения отличаются один от другого прежде всего тем, что в одних и тех же условиях они могут давать разные урожаи. Средние прибавки урожая зерновых, благодаря посеву нового, более продуктивного сорта, обычно составляют не менее 2 ц/га, а иногда достигают 8-10 ц/га и более [10, 9].

В связи с этим целью наших исследований являлось изучение агробиологических особенностей сортов озимой пшеницы Краснодарской селекции в сравнении со стандартным сортом Ростовчанка 7, который является сортом Донской селекции, в условиях крайне засушливой зоны Ставропольского края [1, 3].

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести сравнение и дать характеристику изучаемых сортов озимой пшеницы на основании полученных данных;
- сравнить технологические качества зерна изучаемых сортов озимой пшеницы;
- провести расчет и анализ экономической эффективности сортов озимой пшеницы.

Материалы и методы. Материалом для достижения цели и выполнения поставленных задач в ходе проведения исследований служили пять сортов озимой пшеницы: Ростовчанка 7 (st), Таня, Васса, Юка, Калым.

Изучение сортов озимой мягкой пшеницы проводили в одновидовых условиях, опыт закладывали на опытном поле в условиях крайне засушливой зоны по предшественнику черный пар. В опыте использовался рендомизированный метод размещения делянок, площадь одной делянки 25 м², повторность опыта трехкратная.

Основой работы явились полевой опыт, фенологические наблюдения, лабораторные исследования.

В опыте проводили следующие наблюдения и учеты в соответствии и с Методикой Государственного испытания.

При возделывании озимой пшеницы важное значение в получении высоких и качественных урожаев имеют почвенно-климатические условия. В период исследования (2016-2017 гг.) температурный режим и выпадение осадков имели разницу не только между собой, но по сравнению с многолетними данными [12].

Запасы продуктивной влаги в почве под возобновившими вегетацию посевами озимых культур колебались от недостаточной (96 мм) до хорошей (153 мм).

По метеоданным исследуемого периода можно сделать вывод, что в период проведения исследований метеорологические условия не всегда складывались лучшим образом. Низкие температуры и небольшое количество осадков во время возобновления весенней вегетации привели к приостановлению роста растений и формированию низкой площади листьев.

Результаты и обсуждение. Посев озимой пшеницы проводился в оптимальные для зоны сроки – 29 сентября.

Сложившиеся погодные условия способствовали появлению всходов на седьмые сутки. По всем вариантам опыта всходы отмечены 7 октября.

В осенний период вегетации озимых культур происходит ряд жизненно важных для растений процессов: формируется узел кущения, образуются новые побеги, происходит подготовка растений к зиме, характеризующаяся, прежде всего, накоплением пластичных веществ, в значительной мере определяющих устойчивость последних к неблагоприятным условиям перезимовки [8, 7].

В условиях осени, весны и летнего периода проводились фенологические наблюдения за наступлением основных фаз роста и развития растений новых сортов озимой пшеницы. В период посева сложились благоприятные условия для получения дружных всходов сортов озимой пшеницы.

Изучаемые сорта вступили в фазу полных всходов по-разному. В проведенных исследованиях различий в наступлении фазы полных всходов нами не выявлено, что говорит о благоприятных условиях осени, которая характеризовалась наличием достаточного количества влаги и оптимальным температурным режимом.

В дальнейшем при наступлении фенологических фаз выявлены сортовые различия. Первыми в фазу кущения вступили сорта Васса и Таня. Далее, с разницей в один день, в фазу кущения вступили сорта Юка и Калым. Самым последним в фазу кущения вступил контрольный сорт Ростовчанка 7. Разница по сортам в сравнении с контролем составила 2-4 дня. Данный факт говорит о том, что сорта Краснодарской селекции оказались наиболее адаптированными к условиям крайне засушливой зоны, нежели сорта Донской селекции, и имели более короткий вегетационный период.

В последующие фазы очередность вступления сохранилась, как и в начальные фазы. Разница с контрольным сортом Ростовчанка 7 составляла от 2 до 4 дней. Так, раньше всех период вегетации завершили сорта Васса, Юка и Таня, несколько позже в завершающий период вступили сорта Калым и контрольный сорт Ростовчанка 7, который позже всех завершил вегетационный период. Отсюда следует, что сорта Краснодарской селекции имели более короткий период вегетации по сравнению с сортом Донской селекции Ростовчанка 7.

В среднем за два года исследований густота стояния растений после появления полных всходов изменялась по сортам. Наибольшее количество растений наблюдалось у сортов Васса и Таня, количество растений при этом составило (416-420 шт./м²), среднее значение взошедших растений отмечено у сорта Юка (410 шт./м²), а наименьшее число растений наблюдалось у контрольного сорта Ростовчанка 7 (406 шт./м²) и у сорта Калым (407 шт./м²). Такая же закономерность наблюдается и по полевой всхожести семян. Сорта Васса, Юка и Таня по полевой всхожести превосходили контроль на 1,1-3,2 %, сорт Калым единственный был на уровне контрольного сорта Ростовчанка 7. Однако, несмотря на данные анализа, можно сделать вывод, что все сорта имели достаточно высокую полевую всхожесть [5, 6, 10].

Что касается гибели растений после перезимовки, то по всем сортам она отличалась небольшой разностью показателей между ними.

Лучшие показатели по перезимовке отмечены у сортов Васса, Калым и Таня. Количество перезимовавших растений по данным сортам 349-362 шт./м², что составило 85,7-86,2 %.

Сорта Ростовчанка 7 и Юка не уступали друг другу. Количество их растений после перезимовки насчитывалось 339-348 шт./м² или 83,5-84,9 %. Все сорта превосходили стандартный сорт Ростовчанка 7 на 1,4-2,7 %, что еще раз подтверждает факт высокой адаптации сортов селекции КНИИСХ к условиям крайне засушливой зоны.

В течение весенне-летней вегетации отмечено незначительное выпадение растений. В данный период наиболее устойчивыми к условиям данного периода оказались сорта Калым и Таня. Их сохранность к уборке составила 96,8-98,1 %, что превышает на 0,8-2,2 % контрольный сорт Ростовчанка 7. На уровне с контролем к уборке был сорт Васса и Юка.

Так, гибель растений от числа высеянных в течение всей вегетации семян составила 21,1-26,4 % в зависимости от сорта. Сохранности растений всех сортов способствовали условия мягкой зимы 2016-2017 гг.

По результатам анализа продолжительности вегетационного периода выявлены несущественные отличия между сортами озимой пшеницы.

Продолжительность вегетационного периода по сортам оказалась не одинаковой в сравнении с контролем (274 дня). Продолжительность вегетационного периода сортов Васса и Таня была на 5-6 дней меньше (268-269 дней), а сорта Калым и Юка – на 3 дня меньше (271 день).

В целом, в соответствии с продолжительностью вегетационного периода, все сорта озимой пшеницы, как и Ростовчанка 7 (контроль), относятся к группе среднеспелых сортов.

Восприимчивость озимой пшеницы к болезням зависит от возделываемого сорта, погодных условий в период вегетации, вносимых доз удобрения, норм и сроков сева, а также от способов обработки почвы.

На распространение и развитие болезней озимой пшеницы влияют основная и предпосевная обработки почвы. Они должны обеспечивать наиболее эффективное использование влаги, уничтожение сорняков-резервуаров возбудителей болезней. При лущении стерни сразу после уборки предшественника и последующей глубокой вспашке ограничивается рассеивание спор на всходы озимых культур [4, 11].

В исследованиях в среднем за два года в условиях крайне засушливой зоны выявлено, что распространение и развитие корневой гнили озимой пшеницы по всем сортам имели практически одинаковые показатели в сравнении с контрольным вариантом.

Так, при проведении исследований выявлено, что в фазу весеннего кущения распространенность корневых гнилей находилась в одних пределах по всем сортам. Наиболее устойчивыми к распространению корневых гнилей оказались сорта Юка и Таня (39,8 % и 40,9 % соответственно). При анализе остальных сортов было выявлено, что все сорта имели более низкий процент распространения болезни по сравнению с контролем, но при этом наблюдалось превышение экономического порога вредоносности. При этом развитие болезней составило 3,6-5 %.

В фазу весеннего кущения, когда проводили отбор проб, во всех вариантах была проведена химическая обработка препаратом Авиаль, к.э., с нормой расхода 0,8-1 л/га, что способствовало снижению показателей развития корневых гнилей в фазу колошения. Так, по обоим вариантам развитие болезней составило 2,6-4,4 %.

Небольшая разница между вариантами в фазу колошения может быть связана с активизацией микроорганизмов, способствующих разложению растительных остатков, которые являются основным источником инфекции.

Результаты исследований показали, что по всем вариантам распространенность корневой гнили достигает невысокого процента, но, тем не менее, превышает экономический порог вредоносности. Это говорит о том, что зараженные растительные остатки остаются на поверхности и являются источником первичной инфекции. Но проводимые приемы поверхностной обработки способствовали измельчению растительных остатков и заделки их в почву.

Анализ поражаемости сортов озимой пшеницы септориозом и пиренофорозом показал, что все сорта показали высокую устойчивость в отношении листо-стеблевых болезней.

В фазы колошения распространенность септориоза и пиренофороза составляла 40,1-52,3 % и 43,4-53,1 % соответственно.

Наибольший процент распространения септориоза наблюдался в варианте с использованием сорта Калым, превышающий контрольный сорт Ростовчанка 7 на 8,5 %. Остальные сорта находились в пределах контрольного сорта и не превышали 45 %.

Что касается пиренофороза, то нами получена аналогичная ситуация, наибольший процент распространённости отмечен на сорте Калым, превышающий данный показатель в контроле на 7 %.

Степень развития септариоза находилась в пределах 4-6 %, что не превышало экономического порога вредоносности. Этому способствовала своевременная обработка семенного материала препаратом Доспех 3, к.с., 0,4-0,5 л/т и обработка препаратом Авиаль, к.э., с нормой расхода 0,8-1 л/га.

Аналогичная ситуация отмечена и при анализе степени развития пиренофороза, которая составила от 4 до 7 %, что также не превышало порога экономической вредоносности.

Применение научно обоснованной технологии возделывания, проведение своевременных защитных мероприятий позволило в 2017 году сформировать урожайность более 5 т/га по всем сортам.

Наиболее урожайными оказались сорта Краснодарской селекции, которые сформировали урожайность на 0,2-0,6 т/га больше по сравнению с контрольным сортом Донской селекции Ростовчанка 7.

Наибольшую урожайность при этом показал сорт Юка – 5,8 т/га, далее несколько ниже 5,7 и 5,6 т/га сформировали урожайность сорта Васса и Калым и 5,4 т/га сорт Таня.

Снижение урожайности сорта Ростовчанка 7 обусловлено развитием болезней и вредителей, а также более низким количеством растений, сформировавшихся на единице площади к уборке.

Достоверность опыта была во всех применяемых вариантах, что говорит о целесообразности возделывания сортов как Донской, так и Краснодарской селекции в условиях крайне засушливой зоны Ставропольского края.

При возделывании сортов озимой пшеницы различной селекции урожайность была одинаково высокой, с небольшой разницей: наименьшая урожайность была получена на контрольном сорте Ростовчанка 7 – 5,2 т/га, наибольшая – в варианте с сортом Юка – 5,8 т/га, остальные сорта имели урожайность 5,4-5,7 т/га. При этом производственные затраты также немного отличались и составили 23619,0 руб./га в контроле и 23679,8 - 23956,2 руб./га в остальных вариантах.

Наиболее высокий уровень рентабельности имел высокоурожайный сорт Юка – 93,7 %. По остальным сортам рентабельность также имела высокие показатели 82,4-90,6 %. Наименьшая рентабельность (76,1 %) отмечена в контрольном варианте с сортом Ростовчанка 7.

Все рассмотренные в опыте варианты дали высокие показатели прибыли. Наибольшие показатели отмечены по таким сортам, как Васса, Юка и Калым. Прибыль здесь составила 20 904,5 – 22 443,8 руб./га. На вариантах с сортами Ростовчанка 7 и Таня прибыль была несколько ниже и составила 17 961,0 и 19 520,0 руб./га соответственно.

Заключение. В годы проведения исследований метеорологические условия не всегда складывались лучшим образом. Низкие температуры и небольшое количество осадков во время возобновления весенней вегетации привели к приостановлению роста растений и формированию площади листьев. Но тем не менее погодные условия способствовали достаточно равномерным всходам во всех вариантах. Даты наступления основных физиологических фаз при возделывании озимой пшеницы различных сортов были одновременными. Следовательно, сортовые особенности не влияют на наступление фаз вегетации растений. На всех сортах распространённость корневой гнили достигает высокого процента, а развитие болезни превышает экономический порог вредоносности. Это говорит о

том, что зараженные растительные остатки остаются на поверхности и являются источником первичной инфекции. Наиболее урожайными оказались сорта Краснодарской селекции, которые сформировали урожайность на 0,2-0,6 т/га больше по сравнению с контрольным сортом Ростовчанка 7, который является сортом Донской селекции. Наибольшую урожайность при этом показал сорт Юка - 5,8 т/га, несколько ниже 5,7 и 5,6 т/га сформировали урожайность сорта Васса и Калым и 5,4 т/га сорт Таня.

Библиографический список.

1. Влияние различных элементов технологии возделывания на урожайность озимой пшеницы / Е.Б. Дрепа, Е.Л. Попова, А.Г. Матвеев, И.М. Чаплыгин // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 2 (6). С. 11-12.
2. География прямого посева (No-till) в мировом земледелии / В.П. Белобров, С.А. Юдин, Н.Р. Ермолаев, В.К. Дридигер, Р.С. Стукалов, Р.Г. Гаджиумаров // Почвы и земельные ресурсы: современное состояние, проблемы рационального использования, геоинформационное картографирование: материалы международной науч.-практ. конференции / БГУ. Минск, 2018. С. 198-203.
3. Дрепа Е.Б., Попова Е.Л. Совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур в полевом зернопропашном севообороте // Вестник АПК Ставрополя. 2011. № 2 (2). С. 12-13.
4. Защепкин Е.Е., Шутко А.П., Есаулко А.Н. Фитосанитарное состояние посевов озимой пшеницы при технологии прямого посева на черноземе выщелоченном // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 9. С. 25-28.
5. Стукалов Р.С. Влияние технологий возделывания на полевую всхожесть и урожайность растений озимой пшеницы // Докучаевское наследие и развитие научного земледелия в России: сб. материалы Всероссийской науч.-практ. конференции. Воронеж, 2017. С. 273-279.
6. Стукалов Р.С. Полевая всхожесть растений озимой пшеницы в зависимости от технологий возделывания и минеральных удобрений // Аграрный вестник Юго-Востока. 2018. № 2 (19). С. 28-30
7. Effect of density soil on productivity of winter wheat in terms of area with moderate moisturize / E.B. Drepa, A.S. Golub, Ju.A. Bezgina, I.A. Donets, O.V. Mukhina // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Vol. 8. № 6. P. 805-808.
8. Influence of traditional technology and direct sowing the winter wheat on agrophysical factors of fertility the dark chestnut soils / I.A. Volters, O.I. Vlasova, V.M. Perederieva, L.V. Trubacheva, L.V. Tuturzhans // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol.9. № 4. P. 718-726.
9. Introduction of calculated doses of mineral fertilizers to achieve maximum productivity of winter wheat varieties on chernozem leached stavropol upland / A.N. Esaulko, A.Yu. Ozheredova, M.S. Sigida, A.V. Voskoboinikov, O.A. Podkolzin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Vol. 8. № 6. P. 778-781.
10. Previous crop as an element of organic farming in the cultivation of winter wheat in the central pre caucasus / O.I. Vlasova, V.M. Perederieva, I.A. Volters, E.B. Drepa, E.A. Danilets // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. № 6. P. 1272-1276.
11. Protection The Winter Wheat From Pests In The South Of Russia / N. N. Glazunova, Y. A.Bezgina, L. V. Maznitsyna, E. B. Drepa, D. V. Ustimov// July–August. 2018. RJPBCS 9(4). P. 578.
12. The content of various forms of phosphorus in leached chernozem due to application of fertilizer systems / A.N. Esaulko, Y.I. Grechishkina, M.S. Sigida, E.V. Golosnoi, S.A. Korostilev // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2017. Vol. 9. № 12. С. 2498-2503.

Reference

1. Vliyanie razlichnyh jlementov tehnologii vozdel'yvaniya na urozhajnost' ozimoy pshenicy / E. B. Drepa, E. L. Popova, A. G. Matveev, I. M. Chaplygin // Vestnik APK Stavropol'ya. 2012. № 2 (6). P. 11-12.

2. Geografiya pryamogo poseva (No-till) v mirovom zemledelii / V. P. Belobrov, S. A. Yudin, N. R. Ermolaev, V. K. Dridiger, R. S. Stukalov, R. G. Gadzhumarov // Pochvy i zemel'nye resursy: sovremennoe sostoyanie, problemy racional'nogo ispol'zovaniya, geoinformacionnoe kartografirovaniye: materialy mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konferencii / BGU. Minsk, 2018. P. 198-203.
3. Drjopa E. B., Popova E. L. Sovershenstvovanie tehnologii vozdel'yvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur v polevom zernopropashnom sevooborote // Vestnik APK Stavropol'ya. 2011. № 2 (2). P. 12-13.
4. Zashepkin E. E., Shutko A. P., Esaulko A. N. Fitosanitarnoe sostoyanie posevov ozimoy pshenicy pri tehnologii pryamogo poseva na chernozeme vyschelochennom // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2015. T. 29. № 9. P. 25-28.
5. Stukalov R. S. Vliyanie tehnologij vozdel'yvaniya na polevuyu vsxozhest' i urozhajnost' rastenij ozimoy pshenicy // Dokuchaevskoe nasledie i razvitie nauchnogo zemledeliya v Rossii: sb. materialy Vserossijskoj nauch. -- prakt. konferencii. Voronezh, 2017. P. 273-279.
6. Stukalov R. S. Polevaya vsxozhest' rastenij ozimoy pshenicy v zavisimosti ot tehnologij vozdel'yvaniya i mineral'nykh udobrenij // Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka. 2018. № 2 (19). P. 28-30.
7. Effect of density soil on productivity of winter wheat in terms of area with moderate moisture / E.B. Drepa, A.S. Golub, Ju.A. Bezgina, I.A. Donets, O.V. Mukhina // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Vol. 8. № 6. P. 805-808.
8. Influence of traditional technology and direct sowing the winter wheat on agrophysical factors of fertility the dark chestnut soils / I.A. Volters, O.I. Vlasova, V.M. Perederieva, L.V. Trubacheva, L.V. Tuturzhans // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol.9. № 4. P. 718-726.
9. Introduction of calculated doses of mineral fertilizers to achieve maximum productivity of winter wheat varieties on chernozem leached stavropol upland / A.N. Esaulko, A.Yu. Ozheredova, M.S. Sigida, A.V. Voskoboynikov, O.A. Podkolzin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Vol. 8. № 6. P. 778-781.
10. Previous crop as an element of organic farming in the cultivation of winter wheat in the central pre caucasus / O.I. Vlasova, V.M. Perederieva, I.A. Volters, E.B. Drepa, E.A. Danilets // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. Vol. 9. № 6. P. 1272-1276.
11. Protection The Winter Wheat From Pests In The South Of Russia / N. N. Glazunova, Y. A. Bezgina, L. V. Maznitsyna, E. B. Drepa, D. V. Ustimov // July–August. 2018. RJPBCS 9(4). P. 578.
12. The content of various forms of phosphorus in leached chernozem due to application of fertilizer systems / A.N. Esaulko, Y.I. Grechishkina, M.S. Sigida, E.V. Golosnoi, S.A. Korostilev // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2017. Vol. 9. № 12. C. 2498-2503.

Информация об авторах

Дрёпа Елена Борисовна, доцент кафедры «Общего земледелия, растениеводства и селекции им. проф. Ф.И. Бобрышева» ФГБОУ ВО Ставропольского государственного аграрного университета (РФ, 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический 15), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7634-7479> drepa-elena@mail.ru

Голубь Анна Сергеевна, доцент кафедры «Общего земледелия, растениеводства и селекции им. проф. Ф.И. Бобрышева» ФГБОУ ВО Ставропольского государственного аграрного университета (РФ, 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический 15), кандидат сельскохозяйственных культур, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8759-0522> annagolub26rus@mail.ru

Трубачева Людмила Викторовна, доцент кафедры «Общего земледелия, растениеводства и селекции им. проф. Ф.И. Бобрышева» ФГБОУ ВО Ставропольского государственного аграрного университета (РФ, 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический 15), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8616-0571> t-ludmila61@mail.ru

Сухарева Алеся Александровна, магистрант ФГБОУ ВО Ставропольского государственного аграрного университета (РФ, 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический 15), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5307-9731> syharex@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 574.45:574.42:631.6.02

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-18

**ОПЫТ ФОРМИРОВАНИЯ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ
НА ПРАВОМ БЕРЕГУ СРЕДНЕГО ДОНА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ
ПРОДУКТИВНОСТИ АГРОЭКОСИСТЕМ****EXPERIENCE IN THE FORMATION OF AGROFORESTRY SYSTEM
IN THE RIGHT BANK OF THE MIDDLE DON IN ORDER TO INCREASE
THE PRODUCTIVITY OF AGROECOSYSTEMS**

А.В. Кулик¹, кандидат сельскохозяйственных наук
В.П. Воронина², доктор сельскохозяйственных наук
А.И. Узолин³, кандидат сельскохозяйственных наук

A.V. Kulik, V.P. Voronina, A.I. Uzolin

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

²Волгоградский государственный аграрный университет

³Клетская научно-исследовательская агролесомелиоративная опытная станция – филиал ФНЦ агроэкологии РАН, ст. Клетская, Волгоградская обл., Российская Федерация

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

²*Volgograd state agrarian university*

³*Kletskaya Research Agroforestry Experimental Station, branch of the Federal scientific center for Agroecology Russian Academy of Sciences, St. Kletskaya, Volgograd region, Russian Federation*

Дата поступления в редакцию 01.07.2019
Received 01.07.2019

Дата принятия к печати 12.09.2019
Submitted 12.09.2019

Повышение продуктивности агроэкосистем является актуальной задачей для ландшафтов на склоновых землях, где развиты эрозионные процессы. Положительные результаты по восстановлению и сохранению почвенного плодородия получены на Клетской НИАГЛЮС Волгоградской области, являющейся пилотным объектом, где за 85-лет создано 2600 га защитных лесных насаждений (ЗЛН). Агролесомелиоративная система формировалась на Волго-Донской денудационно-тектонической гряде, где овражно-балочные системы имеют расчленение 2 км/км², так как в весенне-летний период активно развивается водная эрозия почв. В современных агроландшафтах доминируют: склоново-ложбинный (97,7 %) на пахотных землях, склоново-овражный и крутосклонный на пастбищах (13,2 %). Создание ЗЛН, позволяющих оптимизировать почвенные и микроклиматические параметры, осуществлялось в несколько этапов с 1933 г. Были разработаны и апробированы технологии (1951-1975 гг.) восстановления овражно-балочных земель с использованием древесно-кустарниковых насаждений и введены в сельскохозяйственный оборот склоны 3-5° (>7°), площадь оврагов сократилась в 3,9 раза. Установлено, что средневозрастные, приспевающие и спелые древостои составляют 98 %, они эффективно выполняют мелиоративную и противоэрозионную роль, обеспечивая 40 % защищенность агроэкосистем, оптимизируя биоэкологические параметры ландшафта. С учетом защитной (ЗОН) лесистости древостоя необходимо создать 3 тыс. га, чтобы сохранить природно-ресурсный потенциал на современном уровне. Применение с 2000-х годов адаптивно-ландшафтных систем земледелия в совокупности с долгосрочным мелиоративным влиянием ЗЛН позволило в 6,3 раз увеличить продуктивность сельскохозяйственных культур. На примере выращивания озимой пшеницы выявлена прямая зависимость между площадью лесных полос и урожайностью с коэффициентом корреляции 0,99. Установлено, что при 40-50 % защищенности агроландшафтов (1,1 % лесистость), применении современных сортов и технологий урожайность озимых культур можно довести до 50 ц/га.

Increasing the productivity of agroecosystems is an urgent task for landscapes on sloping lands where erosion processes are developed. Positive results on restoration and conservation of soil fertility were obtained at the Kletskaya Research Agroforestry Experimental Station of the Volgograd

region, which is a pilot facility, where over 2,600 hectares of protective forest stands (PFS) were created in 85 years. The agroforestry-reclamation system was formed on the Volga-Don denudation-tectonic ridge, where ravine-girder systems have a partition of 2 km / km², since water erosion actively develops in the spring-summer period. In modern agro-landscapes dominate: sloping-hollow (97,7%) on arable land, sloping-gully and steeply sloping in pastures (13,2%). The creation of (PFS), allowing optimizing soil and microclimatic parameters, was carried out in several stages since 1933. Technologies (1951-1975) for the restoration of ravine-gully lands using tree-shrub plantings were developed and tested and slopes were introduced into agricultural circulation 3 -5 ° (>7 °), the area of ravines decreased by 3,9 times. It was established that middle-aged, ripening and ripe forest stands make up 98%, they effectively perform ameliorative and anti-erosion role, providing 40% protection for agro-ecosystems, optimizing the bioecological parameters of the landscape. Given the protective (30H) forest cover of the stand, it is necessary to create 3 thousand hectares in order to maintain the natural resource potential at the modern level. The use of adaptive-landscape farming systems since the 2000s, together with the long-term reclamation impact of the (PFS), allowed 6.3 times to increase the productivity of agricultural crops. On the example of growing winter wheat, a direct relationship was found between the area of forest strips and productivity with a correlation coefficient of 0,99. It has been established that with 40-50% protection of agricultural landscapes (1.1% forest cover), the use of modern varieties and technologies, the yield of winter crops can be increased to 50 kg / ha.

Ключевые слова: агроландшафты, защитные лесные полосы, склоновые земли, продуктивность агроэкосистем.

Key words: agrolandscapes, protective forest belts, sloping lands, productivity of agroecosystems.

Цитирование. Кулик А.В., Воронина В.П., Узолин А.И. Опыт формирования агролесомелиоративной системы на правом берегу Среднего Дона с целью повышения продуктивности агроэкосистем. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 142-152. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-18.

Citation. Kulik A.V., Voronina V.P., Uzolin A.I. Experience in the formation of agroforestry system in the right bank of the Middle Don in order to increase the productivity of agroecosystems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 142-152. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-18.

Введение. Актуальность повышения продуктивности агроэкосистем ежегодно возрастает, так как меняется глобальная климатическая система, а масштабы антропогенного воздействия увеличиваются [2, 3]. Негативные изменения в ландшафтах на склоновых землях наиболее интенсивно отмечаются в периоды ресурсозатратной деятельности при неблагоприятных гидротермических условиях. Поэтому отмечается не только потеря верхнего плодородного слоя почвы, но и развитие овражной эрозии, приводящие к резкому снижению продуктивности агроэкосистем [13, 14, 19, 17].

Многолетний мировой опыт показывает стабильное и устойчивое развитие территорий, где созданы системы защитных лесных насаждений (ЗЛН), позволяющие оптимизировать микроклимат, уменьшить годовые амплитуды гидротермических показателей и приводящие к сохранению и восстановлению почвенного плодородия [11, 18, 20, 17]. Пилотным объектом, позволяющим оценить позитивный вклад агролесомелиорации и систем земледелия в повышение продуктивности агроэкосистем, является Клетская НИАГЛОС (49°17'15" с.ш.; 43°03'46" в.д.) в Волгоградской области. Здесь работы по формированию агролесоландшафтов начали проводиться с 1935 г. Они позволили оптимизировать структуру землепользования, вовлечь в хозяйственное использование склоновые земли, увеличить емкость абиотической среды. Стабилизирующее влияние насаждений на агроландшафты обусловлено снижением скорости ветра на 30-50 %, уменьшением физического испарения на 20-30 %, понижением численности вредителей до 3 раз, а болезней на 16 %. Агроландшафты, защищенные лесными полосами, повышают продуктивность агроэко-

стем на 14-24 % [5, 8]. Позитивным аспектом функционирования древесных и кустарниковых пород является аккумуляция углекислого газа (18-45 т/га) и депонирование углерода, что позволяет снизить интенсивность прироста окиси углерода в атмосфере и вносит определенный вклад в снижение темпов глобального потепления [6, 7].

Материалы и методы. Объектом формирования агролесомелиоративной системы на правом берегу Среднего Дона являлась территория Клетского опытно-овражного опорного пункта Всесоюзного научно-исследовательского института агролесомелиорации (ВНИАЛМИ), ныне Клетской НИАГЛОС – филиала ФНЦ агроэкологии РАН.

Сельскохозяйственные угодья в Клетском районе расположены в основном на темно-каштановых почвах (84 %). Солонцовые комплексы приурочены к балочным понижениям (10 %). Почвенный покров на склоново-ложбинных агроландшафтах сформирован на лёссовидных суглинках, на склоново-овражных, овражно-балочных и крутосклоновых подстилающими породами являются пески, песчаники, опоковидные глины, мергель, мел, которые выходят на поверхность в местах интенсивной водной эрозии.

Структура агроландшафтов определялась по классификации Шабая, учитывающей микрорельефные особенности, крутизну склона, характер эрозионных процессов и степени распаханности территории [1].

Площадь лесомелиоративного влияния ЗЛН рассчитывалась с использованием статистических и литературных данных по методике Павловского Е.С. (1987), где дальность влияния лесных полос на прилегающие территории составляет 30Н (Н – высота лесонасаждения). Потребность в создании насаждений рассчитывалась исходя из 100 % защищенности агроэкосистем.

Результаты и обсуждение. Клетский район приурочен к Волго-Донской денудационно-тектонической гряде юго-восточного окончания Средне-Русской возвышенности. В геологическом прошлом территория не покрывалась ледником. Развитие рельефа происходило при преобладании процессов денудации над аккумуляцией, что привело к интенсивной водной эрозии, формированию овражно-балочных систем с расчлененностью 2 км/км². Местный базис эрозии достигает 94 м.

Агроклиматической особенностью района является его резкая континентальность. Здесь выпадает около 400 мм осадков в год, 22,5 % приходится на зимние месяцы. Снежный покров формируется неравномерный из-за высокой пересеченности рельефа. Гидротермические ресурсы агролесоландшафтов позволяют выращивать широкий ассортимент сельскохозяйственных культур, которые обеспечены теплом на уровне 3000-3200 °С. Лимитирующим фактором для богарного земледелия являются пыльные бури и суховеи, вероятность которых составляет 65 %, что относит район к зоне рискованного земледелия. Зимой нередко скорость метелевых ветров превышает 10 м/сек, что приводит к сносу снежного покрова с полей и увеличению глубины промерзания почв. Весной мерзлоталая почва при ливневых осадках подвержена поверхностной эрозии, поэтому повышается вынос биогенных веществ вместе с плодородным слоем почвы. В целях накопления и равномерного распределения снега на полях необходимо снижение скорости ветрового потока. Эффективным аэродинамическим барьером являются лесные полосы, влияющие на изменение турбулентного обмена в системе поле-лесополоса [15, 16].

На землях приводораздельного фонда формируются склоново-ложбинные агроландшафты (с уклоном до 3°), где отмечаются наименьшие потери от водной эрозии почв, сосредоточено 98 % пашни и 83 % пастбищ (таблица 1). На склоново-овражных агроландшафтах с уклоном 3-5° доля пашни составляет 2,3 %, пастбищ – 8,2 %. Овражно-балочные и крутосклоновые агроландшафты приурочены к склонам с крутизной бо-

лее 5-7°, на которых проводится выпас мелкого и крупного рогатого скота на естественных пастбищах (9 %), защищенных прибалочными и приовражными лесными полосами [4].

Таблица 1 – Структура агроландшафтов с учетом крутизны склонов

Table 1 – The structure of agricultural landscapes, taking into account the steepness of the slopes

Сельскохозяйственные угодья Agricultural land	Площадь, тыс. га Area, thousand ha	Доля агроландшафтов с учетом крутизны склонов, % Share of agrolandscapes taking into account the steepness of slopes, %						
		склоново-ложбинный slope-hollow			склоново-овражный slope-ravine	овражно-балочный ravine-girde	Крутосклонный steep-slope	
		<1°	1-2°	2-3°	3-5°	5-7°	7-10°	10-15°
Агроресоландшафт* Agroforestry *	324,1	65,0	20,6	6,3	4,6	1,5	1,3	0,6
Пашня Arable land	194,2	72,7	21,8	3,2	2,3	-	-	-
Пастбища Pastures	124,4	51,7	19,8	11,2	8,2	4,0	3,4	1,6

*Все сельскохозяйственные угодья, включая лесные насаждения и сенокосы

* All agricultural land, including forest plantations and hayfields

В истории формирования лесоаграрных ландшафтов Клетского района можно выделить несколько этапов. Создание лесозащитных насаждений началось с 1933 г. сотрудниками Клетского опорного пункта под руководством Н.И. Манилова. Наиболее масштабные работы проводились с 1946-1979 гг. В.К. Духновым.

Сложность мезо- и микрорельефа территории создавала затруднения при проектировании и посадке лесомелиоративных древесно-кустарниковых насаждений. Учёными ВНИАЛМИ разработаны технологии восстановления овражно-балочных земель и в 1967-1971 гг. проведены работы по коренной мелиорации склоновых земель. В устьях оврагов были построены плотины-перемычки, образованы пруды-водопоглотители, являющиеся накопителями продуктов эрозии от талого и ливневого стока. Агроресомелиоративные мероприятия по противозерозионной защите позволили дополнительно ввести в сельскохозяйственный оборот агроландшафты с крутизной склонов выше 3-5° (таблица 1). В результате агроресомелиоративных работ площадь оврагов сократилась, по сравнению с 1936 г. в 3,9 раза, составила к 2016 г. – 2639 га.

В настоящее время происходит сокращение объема лесомелиоративных работ из-за недостаточного финансирования. Инвентаризацией в 2015 г. установлено, что площадь полезащитных лесных полос составила 2589 га. По классам возраста древостои распределяются следующим образом: молодняки (до 20 лет) – 27 га, средневозрастные (21-40 лет) – 358 га, приспевающие (41-60 лет) – 442 га, спелые (61-80 лет) – 1488 га, перестойные (более 80 лет) – 274 га [12]. На площади 300 га насаждения имеют редкостойный характер и состоят из кустарниковых куртин и высокостебельных трав. Они также эффективно выполняют противозерозионную роль, способствуя равномерному снегораспределению на полях и уменьшению твердого стока. Анализ профиля и конструкций ЗЛН показал, что к 2018 г. в основном сформировались лесонасаждения плотной и ажурной конструкций. Средняя высота древостоя – 15 м, а дальность их мелиоративного влияния 30Н.

В настоящее время лесистость пашни в районе составляет в среднем 1,1 %, а защищенность – около 40 %, что не обеспечивает эффективной противозерозионной защиты. Анализ защищенности пашни ЗЛН показал, что на территории Клетской и Кременской сельских администраций пахотные угодья полностью находятся под защитой лесополос, а в Распопинской и Перекопской – на 55-57 % (таблица 2). В Манойлинской и Верхнебузиновской муниципальных образований защищено лесополосами только 17,5 % пашни.

Таблица 2 – Анализ обеспеченности агролесоландшафтов полезащитными лесными полосами Клетского района Волгоградской области на 2018 г.

Table 2 – Analysis of the availability of agroforest landscapes with shelterbelts of Kletsky district of the Volgograd region for 2018

Сельское муниципальное поселение / Rural municipal	Пашня, га / Arable land, ha	Полезащитные лесные полосы /Protective forest belts				
		площадь, га / area, ha	современная лесистость пашни, % / modern woodland arable land, %	обеспеченность пашни ЗЛН с учетом дальности влияния / availability of arable land ZLN aking into account range of influence		потребность в создании лесополос, га / need to create forest belts, ha
				га/ha	% от площади пашни % of arable land	
Клетское	17278	462,9	2,7	17359	100,5	-
Распопинское	15630	228,5	1,5	8567	54,8	188,3
Захаровское	20832	103,6	0,5	3885	18,6	452,0
Манойлинское	22408	104,5	0,5	3919	17,5	493,2
Калмыковское	23843	260,2	1,1	9757	40,9	375,7
Перелазовское	21185	160,7	0,8	6026	28,5	404,3
Кременское	7739	231,8	3,0	8692	112,3	-
Перекопское	16941	256,9	1,5	9634	56,9	194,9
Верхнечеренское	25443	159,2	0,6	5970	23,5	519,3
Верхнебузиновское	22949	107,2	0,5	4020	17,5	504,8
Всего по району	194248	2075,0	1,1	77829	40,0	3132,5

Согласно «Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» (в редакции постановления Правительства РФ от 8 февраля 2019 г. №98), на территории РФ запланированный объем агролесомелиоративных мероприятий на 2018 г. составлял 117,5 тыс. га, фактически создано 119,08 тыс. га. Анализ состояния агролесоландшафтов показал, что для устойчивого развития сельского хозяйства Клетского района и оптимизации применения современных агротехнологий необходимо повысить лесистость пашни до 2,7 %, чтобы обеспечить 98-100 % защищенность поля. Поэтому рекомендуется создать 3,1 тыс. га полезащитных лесных полос (таблица 2).

С 2000-х годов применяется адаптивно-ландшафтная система земледелия и ресурсосберегающие технологии, включающие современные интенсивные сорта, агротехнику подготовки и ухода за почвой. В совокупности с агролесомелиоративным обустройством и современной системой земледелия продуктивность сельскохозяйственных культур по сравнению с 90-ми годами возросла в 1,5 раза. Сельхозпроизводители Клетского района в основном выращивают озимую пшеницу – 67,9 тыс. га, нут – 12,7 тыс. га, ячмень – 11,3 тыс. га (рисунок 1), применяя 4-5 полные севообороты. Структура сельскохозяйственной продукции обусловлена природно-климатическими условиями и востребованностью на рынке в 2017 г.

Анализ показал, что в системе агролесоландшафтов, имеющих защищенность пашни около 40 % и лесистость – 1,1%, в среднем урожайность озимой пшеницы составила 40 ц/га и яровой пшеницы – 14 ц/га, зернобобовых – 12 ц/га, масличных – 10 ц/га и эфирно-масличных культур – 4 ц/га (рисунок 2).

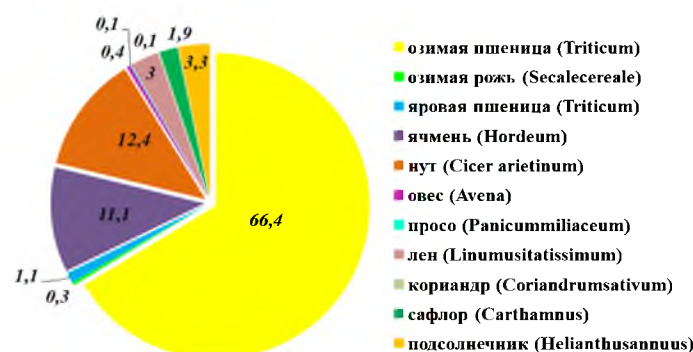


Рисунок 1 – Структура сельскохозяйственных посевов (%), Клетский район 2017 г.

Figure 1 – Structure of agricultural crops (%), Kletsky district 2017

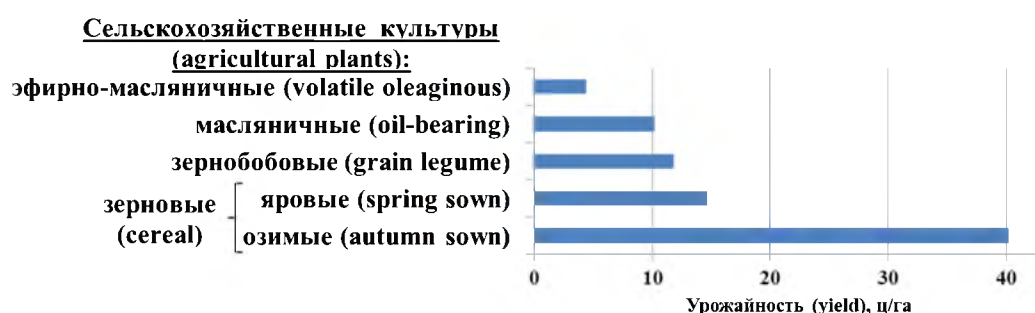


Рисунок 2 – Урожайность сельскохозяйственных культур, 2017 г.

Figure 2 – The structure of agricultural crops (%), Kletsky district 2017

В Волгоградской области наиболее продуктивными и востребованными сортами озимой пшеницы являются Виктория 11, Губернатор Дона, Дон 93, Донской маяк, Донской сюрприз, Ермак, Камышанская, яровые сорта – Альбидум и Саратовская [10]. Среди сортов нута доминируют Приво 1, занимающий 65,5 % посевов, а также используются сорта Волгоградский 10, Бонус, Волжанин, Сокол, Краснокутский 36 и др. [9].

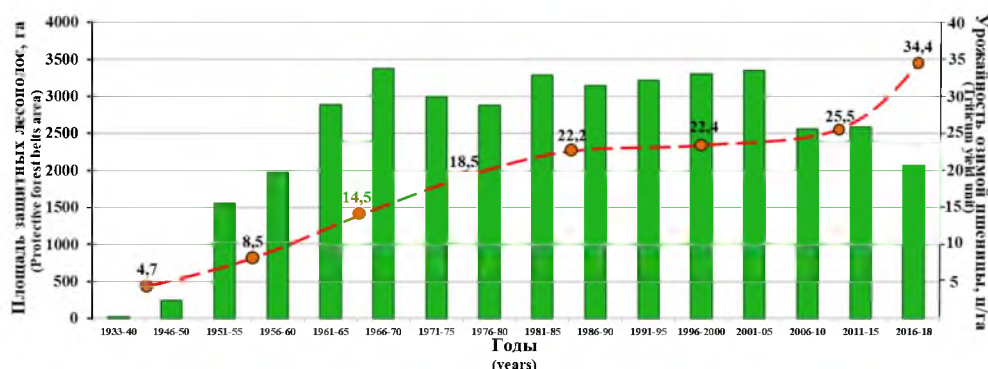


Рисунок 3 – Динамика формирования агролесозооцистем
(Диаграмма-изменение площади ЗЛН, пунктирная линия – средняя урожайность озимой пшеницы)

Figure 3 – Dynamics of the formation of agroforestry ecosystems
(Diagram-change in the area of ZLN, dashed line - the average yield of winter wheat)

Проанализировав динамику площадей ЗЛН и средней урожайности озимой пшеницы как доминирующей продовольственной культуры в Волгоградской области выявили их взаимосвязи, требующие дальнейшего углубленного изучения и анализа. Ди-

динамика создания лесных полос показывает, что к 1950 г. их создано 274 га, а средняя урожайность озимой пшеницы – 4,7 ц/га (рисунок 3). К 1960 г. площадь лесополос составила 1283 га, а урожайность пшеницы увеличилась в 1,5-2 раза, достигнув 8,5 ц/га. Существенное повышение урожайности пшеницы начинается с 1961-1965 гг., когда высаженные в период с 1951-1955 г. лесные полосы достигли защитной высоты и их мелиоративное влияние начало проявляться в полном объеме.

Таблица 3 – Взаимосвязь между урожайностью озимой пшеницы и площадью защитных лесных полос (ЗЛН)

Table 3 – The relationship between winter wheat productivity and the area of protective forest belts (PFB)

Периоды Periods	Площадь ЗЛН к концу периода, га / ZLN area by the end of the period, ha	Урожайность, ц/га Productivity, kg / ha		Уравнение, коэффициент корреляции Equation, coefficient correlations	Факторы увеличения биотического потенциала агролесоландшафтов / Factors for increasing the biotic potential of agroforestry
		Средняя average	прибавка в сравнении с предыдущим периодом / increase compared to the previous period		
1933-1950	246	4,7	-	$y = 9,584x - 22,35$ $r = 1$	- начало агролесомелиоративного обустройства - beginning of agroforestry arrangement
1951-1970	3376	11,5	6,8	$y = 0,0041x + 1,3$ $r = 0,99$	- повышение лесистости пашни до 50-60% / increasing the forest cover of arable land up to 50-60%; - выполаживание и лесомелиорация овражно-балочных земель / flattening and land reclamation of ravine-gully lands
1971-2005	3354	21,0* 23,4**	9,5* 11,9**	$y = 0,018x - 33,7^{**}$ $r = 0,8^{**}$	- оптимизация структуры агролесоландшафтов в системе «лес-поле» / optimization of the structure of agroforestry in the forest-field system; - применение новых агротехнологий / application of new agricultural technologies; - применение новых сортов и гибридов сельскохозяйственных культур / the use of new varieties and hybrids of crops
2006-2018	2075	29,8	8,8	$y = -0,018x + 71,21$ $r = 0,99$	- оптимизация структуры агролесоландшафтов в системе «лес-поле» / optimization of the structure of agroforestry in the forest-field system; - улучшенные агротехнологии, основанные на адаптивно-ландшафтных системах земледелия / improved agricultural technologies based on adaptive landscape farming systems

* – фактические данные с учетом потери урожая от засух и суховеев /* - actual data, taking into account crop loss from droughts and dry winds; ** – данные с учетом поправок потерь урожая от засух и суховеев / ** - data adjusted for crop losses from droughts and dry winds.

С 1951 по 1970 гг. наращивались темпы агролесомелиорации. Защитная лесистость пашни Клетского района достигла оптимальных параметров 50-60 %. К 1970 г. площадь лесных полос составила 3376 га, а средняя урожайность озимой пшеницы достигла 11,5 ц/га, увеличившись в 1,7 раза по сравнению с 1960-ми годами. Проанализировав взаимосвязь между повышением продуктивности озимой пшеницы и площадью лесополос, установили прямую зависимость с коэффициентом корреляции $r=0,99$ (таблица 3), позволяющую прогнозировать состояние агролесоландшафтов и применяемых агротехнологий.

В целом с 1980 г. в условиях устойчивого развития агроэкосистем отмечается превышение средней урожайности сельхозкультур Клетского района по сравнению с показателями по области на 6-7 ц/га. В этот период особенно резко идет интенсификация производства, а повышение продуктивности увеличивается не только за счет лесомелиоративного влияния, но и в результате использования новых технологий в производстве. Периоды с 1977-1986 гг. и с 1996-2000 гг. характеризуются резким снижением урожайности из-за атмосферных и почвенных засух.

К концу периода 1971-2005 гг. площадь лесных насаждений составила 3354 га. Этот отрезок времени характеризуется стабильной урожайностью пшеницы, что позволяет предположить достижение определенного оптимального соотношения в системе «лес-поле», где лесомелиоративная защищенность агроландшафтов и современные агротехнологии позволяют получать до 45-50 ц/га продовольственного и фуражного зерна.

С 2006 г. происходит уменьшение площади лесных полос, а защищенность агроландшафтов понизилась до 40 % из-за гибели старовозрастных насаждений. Однако 35-летний период стабильного воспроизводства природно-ресурсного потенциала агроэкосистем, переход на ресурсосберегающие технологии позволили сохранить позитивный задел и обеспечить сохранность и воспроизводство почвенного плодородия, повышение продуктивности озимой пшеницы на уровне 35 ц/га даже при снижении площади лесных полос.

Заключение. Анализ формирования и функционирования агролесоландшафтов Клетского района в течение 85 лет показал, что с увеличением площади лесных полос возрастает их мелиоративное воздействие, приводящее к повышению урожайности сельхозкультур, сохранению и воспроизводству природно-ресурсного потенциала.

Библиографический список

1. Агроэкологические особенности технологий возделывания сельскохозяйственных культур в склоновых агроландшафтах / А.И. Шабаев, В.Ф. Пимахин, А.И. Фирсов, Н.И. Германцева, К.Е. Денисов, В.А. Шадских // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2012. №5. С. 50-52.
2. Белолобцев А.И., Суховеева О.Э., Асауляк И.Ф. Агроклиматическая оценка продуктивности озимой пшеницы на склоновых землях // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2012. №2. С. 46-57.
3. Возможность геоинженерной стабилизации глобальной температуры в XXI в. с использованием стратосферных аэрозолей и оценка возможных негативных последствий / Ю.А. Израэль, Е.М. Володин, С.В. Кострыкин, А.П. Ревокатова, А.Г. Рябошапка // Метеорология и гидрология. 2013. №6. С. 9-23.
4. Воронина В.П., Узолин А.И., Кулик А.В. Биологическая продуктивность пастбищных экосистем суходольных водосборов Среднего Дона // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 43-50.
5. Дубенок Н.Н. Приоритеты научного обеспечения развития мелиорации // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2014. № 1. С. 96-104.
6. Дубенок Н.Н., Танюкевич В.В., Журавлева А.В. Мелиоративный ресурс сосновых ползащитных лесонасаждений в условиях Среднего Дона // Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 4. С. 56-59.

7. Кретинин, В.М. Влияние агролесомелиорации на секвестрирование CO₂ в России XX в. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2 (30). С. 29-35.
8. Медведев И.Ф., Губарев Д.И., Графов В.П. Фациальная дифференциация земельных ресурсов как основа повышения экологизации агроландшафта // Земледелие. 2018. №1. С. 10-15.
9. Нут. Основные элементы технологии возделывания [Электронный ресурс] / Мин-во сельского хозяйства РФ, ФГБУ «Россельхозцентр» филиал по Волгоградской области. Волгоград, 2018. 5 с. Режим доступа: URL: <https://ksh.volgograd.ru/current-activity/cooperation/news/192876>. (Дата обращения: 14.06.2019 г.).
10. О качестве волгоградской пшеницы урожая 2018 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.zol.ru/n/2dc24>. (Дата обращения: 24.01.2019 г.).
11. Орлова И.В. Оценка уровня экологической сбалансированности структуры земельных угодий аграрно-развитых регионов Западной Сибири // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3-3. С. 1003-1008.
12. Опыт и стратегия защитного лесоразведения в Правобережье Среднего Дона Волгоградской области / А.Т. Барабанов, А.С. Манаенков, А.И. Узолин, А.В. Кулик // Нива Поволжья. 2017. №4. С. 17-23.
13. Оценка воздействия антропогенно трансформированных почв на рост и биопродуктивность сельхозкультур / В.П. Воронина, А.Ю. Бирюков, Р.В. Ведилин, А.В. Инякин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2 (42). С. 49-56.
14. Подлесных И.В., Зарудная Т.Я. К усовершенствованию теоретических основ противоэрозионной организации территории сельхозпредприятий для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов в системах земледелия Центрального Черноземья // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. №6. С. 13-18.
15. Совершенствование лесомелиоративных комплексов в условиях адаптивно-ландшафтной системы земледелия Центрального Черноземья / В.И. Михин, Е.А. Михина, Д.В. Михин, Е.Е. Кулаков, А.В. Скоробогатова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. №2-2 (13-2). С. 57-61.
16. Шабаетов А.И., Жолинский Н.М., Цветков М.С. Конструирование агроландшафтов и агроэкологический регламент адаптивных систем земледелия в Поволжье // Земледелие. 2014. №2. С. 7-10.
17. A linkage between the biophysical and the economic: Assessing the global market impacts of soil erosion / M. Sartoria, G. Philippidis, E. Ferrara, P. Borrelli, E. Lugato, L. Montanarella, P. Panagos // Land Use Policy. 2019. № 86. P. 299-312 <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.014>
18. 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>.
19. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production // Agriculture. 2013. №3(3). P. 443-463.
20. Ryana M., Donoghue C. O', Hynes S. Heterogeneous economic and behavioural drivers of the Farm afforestation decision // Journal of Forest Economics. 2018. Vol. 33. P. 63-74. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2018.11.002/>

Reference

1. Agroekologicheskie osobennosti tehnologij vozdel'nyaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur v sklonovykh agrolandshaftakh / A.I. Shabaev, V.F. Pimahin, A.I. Firsov, N.I. Germanceva, K.E. Denisov, V.A. Shadskih // Vestnik Saratovskogo gosagrouniversiteta im. N. I. Vavilova. 2012. №5. P. 50-52.
2. Belolyubcev A.I., Suhoveeva O. Je., Asaul'yak I.F. Agroklimaticheskaya ocenka produktivnosti ozimoy pshenicy na sklonovykh zemlyakh // Izvestiya Timiryazevskoy sel'skohozyajstvennoj akademii. 2012. №2. P. 46-57.
3. Vozmozhnost' geoinzhenernoj stabilizatsii global'noj temperatury v XXI v. s ispol'zovaniem stratosfernykh ajerozolej i ocenka vozmozhnykh negativnykh posledstvij / Yu. A. Izrael', E. M. Volodin, S. V. Kostykin, A. P. Revokatova, A. G. Ryaboshapko // Meteorologiya i gidrologiya. 2013. №6. P. 9-23.

4. Voronina V.P., Uzolin A.I., Kulik A.V. Biologicheskaya produktivnost' pastbishnyh jkositem suhodol'nyh vodosborov Srednego Dona// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3 (51). S. 43-50.
5. Dubenok N.N. Prioritety nauchnogo obespecheniya razvitiya melioracii// Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2014. № 1. P. 96-104.
6. Dubenok N.N., Tanyukevich V.V., Zhuravleva A.V. Meliorativnyj resurs osnovnyh polezaschitnyh lesonasazhdenij v usloviyah Srednego Dona// Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2016. № 4. P. 56-59.
7. Kretinin, V. M. Vliyanie agrolesomelioracii na sekvestirovanie SO₂ v Rossii HH v.// Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2013. № 2 (30). P. 29-35.
8. Medvedev I. F., Gubarev D. I., Grafov V. P. Facial'naya differenciaciya zemel'nyh resursov kak osnova povysheniya jekologizacii agrolandshafta// Zemledelie. 2018. №1. P. 10-15.
9. Nut. Osnovnye jelementy tehnologii vozdeyvaniya [Elektronnyj resurs] / Min-vo sel'skogo hozyajstva RF, FGBU "Rossel'hozcentr" filial po Volgogradskoj oblasti. Volgograd, 2018. 5 p. Rezhim dostupa: URL: <https://ksh.volgograd.ru/current-activity/cooperation/news/192876>. (Data obrascheniya: 14.06.2019 g.).
10. O kachestve volgogradskoj pshenicy urozhaya 2018 goda [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://www.zol.ru/n/2dc24>. (Data obrascheniya: 24.01.2019 g.).
11. Orlova I. V. Ocenka urovnya jekologicheskoy sbalansirovannosti struktury zemel'nyh ugodij agrarno-razvityh regionov Zapadnoj Sibiri //Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2013. Vol. 15. № 3-3. P. 1003-1008.
12. Opyt i strategiya zaschitnogo lesorazvedeniya v Pravoberezh'e Srednego Dona Volgogradskoj oblasti / A. T. Barabanov, A. S. Manaenkov, A. I. Uzolin, A. V. Kulik // Niva Povolzh'ya. 2017. №4. P. 17-23.
13. Ocenka vozdejstviya antropogenno transformirovannyh pochv na rost i bioproduktivnost' sel'hozkul'tur/ V.P. Voronina, A.Yu. Biryukov, R.V. Vedilin, A.V. Inyakin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 2 (42). P. 49-56.
14. Podlesnyh I. V., Zarudnaya T. Ya. K usovershenstvovaniyu teoreticheskikh osnov protivojerozionnoj organizacii territorii sel'hozpredpriyatij dlya formirovaniya jekologicheskij sbalansirovannyh agrolandshaftov v sistemah zemledeliya Central'nogo Chernozem'ya // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. №6. P. 13-18.
15. Sovershenstvovanie lesomeliorativnyh kompleksov v usloviyah adaptivno-landshaftnoj sistemy zemledeliya Central'nogo Chernozem'ya / V.I. Mihin, E.A. Mihina, D.V. Mihin, E.E. Kulakov, A.V. Skorobogatova //Aktual'nye napravleniya nauchnyh issledovanij XXI veka: teoriya i praktika. 2015. Vol. 3. №2-2 (13-2). P. 57-61.
16. Shabaev A.I., Zholinskij N.M., Cvetkov M.S. Konstruirovanie agrolandshaftov i agrojekologicheskij reglament adaptivnyh sistem zemledeliya v Povolzh'e// Zemledelie. 2014. №2. P. 7-10.
17. A linkage between the biophysical and the economic: Assessing the global market impacts of soil erosion / M. Sartoria, G. Philippidis, E. Ferrara, P. Borrelli, E. Lugatod, L. Montanarella, P. Panagos // Land Use Policy. 2019. № 86. P. 299-312 <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.014>
18. 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>.
19. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threatens food production// Agriculture. 2013. №3(3). P. 443-463.
20. Ryana M., Donoghue C. O', Hynes S. Heterogeneous economic and behavioural drivers of the Farm afforestation decision // Journal of Forest Economics. 2018. Vol. 33. P. 63-74. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2018.11.002>.

Информация об авторах

Кулик Анастасия Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8736-5464> kulik-a@vfanc.ru

Воронина Валентина Павловна, профессор Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3441-5314> v.p.voronina@mail.ru

Узолин Алексей Иванович, ведущий научный сотрудник Клетской научно-исследовательской агролесомелиоративной опытной станции – филиал ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 403560 Волгоградская обл., ст. Клетская, ул. Дымченко, д. 15), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5375-6894> s.erozii@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 581.116: 626.80:633.2

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-19

ТРАНСПИРАЦИОННЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ТРАВСТОЕВ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

TRANSPIRATION RATE OF HERBAGE IN THE DRY ZONE OF EUROPEAN RUSSIA

А.К. Кулик¹, кандидат сельскохозяйственных наук

М.В. Власенко¹, кандидат сельскохозяйственных наук

В.В. Бородычев^{2,3}, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

А.С. Хныкин¹, Р.Н. Балкушкин¹

**A.K. Kulik¹, M.V. Vlasenko¹, V.V. Borodichev^{2,3}, A.S. Hnikin¹,
R.N. Bulkushkin¹**

¹ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет

³Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А.Н. Костякова³, г. Волгоград

¹Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences¹, Volgograd

²Volgograd State Agricultural University

³All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after AN. Kostyakov³, Volgograd

Дата поступления в редакцию 06.05.2019

Дата принятия к печати 05.08.2019

Received 06.05.2019

Submitted 05.08.2019

Транспирационный коэффициент (ТК) меняется в процессе жизненного цикла растений и показывает отношение растительности к условиям водообеспеченности мест произрастания. Наиболее активно расходуется вода в период нарастания вегетационной массы. В период созревания репродуктивных органов ТК уменьшается. Объектом исследований являлись естественные и искусственные фитоценозы, произрастающие на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН (г. Волгоград), а также на ключевых участках Арчединско-Донских и Усть-Кундрюченских песков. В 2016 г. на гидрологическом комплексе ТК определялся исходя из сформированной на лизиметрах естественной растительности. На песке: *Agropyron repens* L., *Erigeron canadensis* L., *Polygonum aviculare* L., *Bromus arvensis* L., *Galium aparine*, *Chenopodium album* L., *Chenopodium album* L., *Lactuca serriola* L.; урожайность при этом была 2,1 т/га. ТК в этом случае составил 610. На легком суглинке (каштановая почва) произрастали: *Lactuca serriola* L., *Erigeron canadensis* L., *Polygonum aviculare* L., *Bromus arvensis* L., *Agropyron repens* L., *Chenopodium album* L., *Taraxacum officinale*, *Galium aparine*; урожайность составила 4,2 т/га. ТК в этом случае – 498. ТК биомассы яровой пшеницы сорта Камышинская-3, посеянной в апреле 2017 г. на лизиметрах ФНЦ агроэкологии РАН с легким суглинком (каштановая почва) и мелкозернистым пылеватым песком, составили со-

ответственно 493 и 515. Исследования показали, что транспирационные коэффициенты, рассчитанные по биомассе яровых культур, существенно выше озимых. Отсюда следует целесообразность по возможности смещать вегетацию культур в засушливой и острозасушливой зонах на осенне-весенние периоды. Это позволяет в наиболее засушливые месяцы (июль-август) исключать вегетацию или экономить влагу, когда у растений минимальный вегетативный аппарат.

The transpiration coefficient (TC) changes in the course of the plant life cycle and shows the relation of the vegetation to the water supply conditions of the growing sites. The most actively consumed water in the period of growth of the vegetative mass of plants. During the period of maturation of the reproductive organs, TC decreases. The object of research was the natural and artificial phytocenoses growing on the hydrological complex of the Federal Science Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Volgograd), as well as on key sites of the Archedinsko-Don and Ust-Kundruchenskiy sands. In 2016, the TC on the hydrological complex was determined based on the natural vegetation formed on the lysimeters. On sand: *Agropyron repens* L., *Erigeron canadensis* L., *Polygonum aviculare* L., *Bromus arvensis* L., *Galium aparine*, *Chenopodium album* L., *Chenopodium album* L., *Lactuca serriola* L.; the yield was 2.1 t / ha. TK in this case was 610. On light loam (chestnut soil), there were: *Lactuca serriola* L., *Erigeron canadensis* L., *Polygonum aviculare* L., *Bromus arvensis* L., *Agropyron repens* L., *Chenopodium album* L., *Taraxacum officinale*, *Galium aparine*; yield was 4.2 t / ha. The TK in this case is 498. TK of the biomass of spring wheat of the Kamyshinsky-3 variety, sown in April 2017 on the lysimeters of the FSC of Agroecology of the Russian Academy of Sciences with light loam (chestnut soil) and fine-grained silty sand, were 493 and 515, respectively. Coefficients calculated by the biomass of spring crops are significantly higher than winter crops. Hence, it is advisable, if possible, to shift the growing season of crops in arid and sharply arid zones during the autumn and spring periods. This allows in the driest months (July-August) to exclude the growing season or save moisture, when the plants have a minimal vegetative apparatus.

Ключевые слова: фитоценозы, урожайность фитоценозов, гидрологический комплекс, лизиметры, влажность зоны аэрации, транспирационный коэффициент (ТК), водный баланс.

Key words: phytocenoses, phytocenosis productivity, hydrological complex, lysimeters, aeration zone humidity, transpiration coefficient (TC), water balance.

Цитирование. Кулик А.К., Власенко М.В., Бородычев В.В., Хныкин А.С., Балкушкин Р.Н. Транспирационные коэффициенты травостоев сухостепной зоны Европейской территории России. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 152-160. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-19.

Citation. Kulik A.K., Vlasenko M.V., Borodichev V.V., Hnikin A.S., Bulkushkin R.N. Transpiration rate of herbage in the dry zone of European Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 152-160. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-19.

Введение. Песчаные массивы следует осваивать комплексно, т.е. подбирать уголья, наиболее приемлемые для определенного типа территорий (пастбища, сады, виноградники, лесные уголья и проч.), исходя из основных элементов водного баланса: осадков, физического испарения, транспирации, инфильтрации и гравитационного стока [4].

Транспирационный расход влаги и его количественный показатель, удельный расход (транспирационный коэффициент, ТК) является важнейшим элементом водного баланса фитоценозов. В засушливых и острозасушливых условиях водообеспеченность определяет прирост биомассы [1-3]. Соотношение между нормативным ТК и возможным количеством корnedоступной воды определяет биопродуктивность и экономическую эффективность пастбищных угодий, агрокультур и бонитет древостоя. Как отечественные, так и зарубежные ученые заинтересованы этим вопросом, особенно в последние годы, и рассчитывают транспирационные коэффициенты для многих сельскохозяйственных культур и лесных насаждений в разных условиях произрастания [6-11, 13]. Пакшина С.М., Ториков В.Е., Белоус Н.М. и Мельникова О.В. исследовали формирование урожая озимой пшеницы и ярового ячменя при определенных границах транспирации, обусловленных недостаточной и оптимальной доступностью растений поч-

венной влаги и питательных веществ [7]. Suvočarev K., Blanco O., Fac J. M. и др. оценивали транспирацию для планирования капельного орошения культур столового винограда в Испании [13]. В условиях Японии Nomiyama R., Yasutake D., Sago Y. и Kitano M. доказали, что предуборочное временное затопление посевов кукурузы способствует увеличению эвапотранспирации в 3,5 раза и росту урожая по сравнению с почвой в теплице [7]. Влияние технологии возделывания многолетних мятликовых трав на их транспирацию в условиях заливных лугов Брянской области изучали Пакшина С. М., Белоус Н. М., Смольский Е. В., Силаев А. Л. [6]. Все исследователи считают, что расход на транспирацию меняется в зависимости от состава растительности. И в большинстве случаев эти материалы характеризуют удельный расход воды за весь период вегетации.

Материалы и методы. Цель исследований – изучение водного режима и формирования урожая естественных и искусственных фитоценозов на песке и легком суглинке (каштановая почва) в условиях засушливого климата. Опыты по определению ТК травостоя были проведены на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН (г. Волгоград) в 2016 и 2017 гг. Исследования проводились в 2016 г. на молодой залежи и в 2017 г. на рядовых посевах яровой пшеницы сорта Камышинская-3, заложенных в апреле текущего года. В полевых условиях ТК определялся на ключевых участках Арчединско-Донских и Усть-Кундрюченских песков на среднemosных дерново-степных почвах (серопесках). Укосы трав проводились в сентябре на метровых площадках.

На гидрологическом комплексе были использованы крупногабаритные металлические лизиметры объёмом $20,5 \text{ м}^3$ и площадью $6,3 \text{ м}^2$ ($3,6 \times 1,75 \text{ м}$); глубиной 3,5 м в глубокой части и 3 м в мелкой. Лизиметры имеют водовыпуски в подземную галерею, где ежедневно, а в пиковый (ранневесенний) период, в случае необходимости, и ежедневно проводились измерения количества стекающей воды. Для опытов использовались два лизиметра:

1) лизиметр №4, наполненный лёгким суглинком (каштановая почва). Наименьшая влагоёмкость (НВ) составила 1 %, влажность завядания (ВЗ) – 6,7 %, плотность – $1,4 \text{ г/см}^3$;

2) лизиметр №5, наполненный мелкозернистым пылеватым песком (НВ – 6 %, ВЗ – 1,2 %, плотность – $1,5 \text{ г/см}^3$).

Материалы исследований получены с помощью следующего оборудования: дождемеры-накопители конструкции Н. Ф. Кулика, метеостанция WatchDog 2700, оптические датчики влажности. Влажность почвенных образцов, отобранных посезонно на лизиметрах, определялась термовесовым методом. Образцы брались скребковым буром (Патент РФ № 137613) в одно-, двукратной повторности через каждые 10 см. Транспирационный расход определялся водно-балансовым методом.

Результаты и обсуждение. В сухостепной зоне Европейской территории России (ЕТР) расположены более 2,5 млн га песчаных земель, используемых в большинстве случаев для пастбищ. Урожайность кормовых угодий для этих территорий зависит от годовой водообеспеченности растений. Однако для этих земель отсутствуют данные по удельному расходу воды и возможности оценить их потенциальную эффективность. Наличие данных по ТК и приросту надземной биомассы трав, в том числе яровых культур, позволяет определить ТК кормовыми угодьями в показателях водного баланса.

Метеорологические исследования 2015-2016 гидрологического года показали, что лето 2015 г. было крайне засушливым. Глубина иссушения почвогрунта достигла 120 см. Эта же глубина иссушения характерна для полевых условий под озимой пшеницей на чёрных парах в Волгоградской области. А так как запасы воды в этой толще формируют урожай, то можно обоснованно говорить, что этот показатель в весенний период может быть использован для прогноза урожая с учётом ожидаемых летних осадков.

В зимний период 2015-2016 гг. сухой слой был промочен. Влажность зоны аэрации возросла. В холодный период (ноябрь-март) 2015-2016 гг. выпало 233 мм осадков, что превысило среднегодовую норму на 50 мм. В начале апреля вся зона аэрации в лизиметрах была увлажнена до наименьшей влагоемкости (НВ) (таблица 1).

В вегетационный период 2016 г. выпало 271,9 мм, почвогрунт иссушился до 2 м. Потери воды в лизиметре №4 составили 184,8 м, в лизиметре №5 – 129,0 мм. Одновременно с этим продолжался гравитационный сток почвенной влаги. Он составил на суглинках 97,7 мм, на песках – 122,7 мм. Физическое испарение составило 150,0 мм. В соответствии с водным балансом транспирационный расход был равен 209,0 мм на суглинках и 128,2 мм на песках (таблица 2).

Таблица 1 – Влажность зоны аэрации в лизиметре №4 (лёгкий суглинок) и лизиметре №5 (песок) в летний период 2016 и 2017 гг., %

Table 1 – Humidity of the aeration zone in a lysimeter No. 4 (light loam) and a lysimeter No. 5 (sand) in the summer of 2016 and 2017, %

Глубина, см Depth, cm	Лизиметр №5 Lysimeter No. 5				Лизиметр №4 Lysimeter No. 4			
	2016 г		2017 г		2016 г		2017 г	
	апрель	октябрь	апрель	июль	апрель	октябрь	апрель	июль
0-5	4,9	0,3	3,3	0,1	14,7	2,9	13,0	1,4
10	4,3	0,5	5,3	0,4	16,0	4,9	15,1	3,4
20	4,6	1,3	–	2,0	15,5	5,8	15,4	5,1
30	5,0	1,5	–	2,2	15,8	7,2	15,5	6,3
40	4,9	2,2	–	2,4	15,1	8,9	15,7	6,4
50	5,5	2,4	3,4	2,5	16,2	7,9	15,5	6,8
60	5,8	2,4	3,9	2,8	14,9	7,9	14,8	6,9
70	6,6	2,5	4,1	3,2	14,4	7,2	14,2	6,8
80	7,4	2,6	4,5	3,3	15,5	8,9	14,9	7,5
90	8,6	2,3	4,3	3,3	16,1	8,8	16,1	8,0
100	–	2,4	4,6	3,2	15,8	8,8	12,7	9,2
110	6,9	2,2	4,7	3,5	14,0	12,1	12,4	9,1
120	6,4	2,6	5,1	4,0	18,7	11,4	9,2	8,9
130	9,6	2,9	6,2	–	15,6	10,7	9,4	9,5
140	9,0	3,0	6,1	4,2	16,1	10,0	9,8	9,9
150	8,5	3,1	5,3	3,8	18,9	9,5	9,9	10,9
160	7,4	3,2	5,5	3,8	15,2	9,0	12,5	10,7
170	8,4	2,7	4,8	4,4	15,9	9,3	11,2	10,8
180	10,1	4,2	5,5	3,6	15,8	10,7	11,0	11,1
190	7,1	3,1	6,3	3,1	14,8	11,3	10,3	10,6
200	7,1	3,4	12,2	10,2	15,4	10,0	10,9	10,7
Среднее Average	6,5	2,2	4,9	2,9	15,7	8,7	12,9	8,1

В предшествующий вегетационный период 2015 г. в лизиметрах оставались посевы озимой пшеницы. За исследуемый период на лизиметрах добавился следующий видовой состав растений:

- лизиметр №5 – пырей ползучий (*Agropyron repens* L.), мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), костёр полевой (*Bromus arvensis* L.), подмаренник цепкий (*Galium aparine*), марь белая (*Chenopodium album* L.), дрёма белая (*Chenopodium album* L.), латук дикий (*Lactuca serriola* L.);

- лизиметр №4 – латук дикий (*Lactuca serriola* L.), мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), костёр полевой (*Bromus arvensis* L.), пырей ползучий (*Agropyron repens* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), одуванчик (*Taraxacum officinale*), подмаренник цепкий (*Galium aparine*).

Таблица 2 – Водный баланс по молодой залежи на песках и суглинках за период вегетации (апрель-октябрь), 2016 г.

Table 2 – Water balance for the young deposits in the sands and loams for the growing season (April-October), 2016

Лизиметр Lysimeter	Осадки, мм Precipitation, mm	Изменение запасов вла- ги, мм / Change stocks moisture, mm	Гравитаци- онный сток, Мм Gravity drain, mm	Физическое испарение, мм / Physi- cal evapora- tion, mm	Транспи- рация, мм / Transpira- tion, mm	Урожай- ность, т/г Yield t / ha	Транспира- ционный коэффициент Transpiration coefficient a
№4, су- глинок No. 4, loam	271,9	-184,8	97,7	150,0	209,0	4,2	498
№5, песок No. 5, sand	271,9	-129,0	122,7	150,0	128,2	2,1	610

Фитомасса трав в воздушно-сухом состоянии по молодой залежи на суглинках составила 4,2 т/га, на песках – 2,1 т/га. Однако ТК оказались относительно близкими между собой: 498 на суглинках и 610 на песках.

В холодный период 2016-2017 гг. выпало 152,2 мм осадков. Это меньше среднегодовых осадков на 30 мм. Влажность зоны аэрации на песках увеличилась с 2,2 % до 4,9 %. На суглинках – с 8,7 % до 12,9 % (таблица 1). На песках произошло сквозное промачивание почвогрунта. На суглинках осадки достигли глубины 90 см. Далее грунты оставались сухими.

В апреле 2017 г. на обоих лизиметрах были произведены рядовые посевы яровой пшеницы сорта Камышинская-3.

В вегетационный период пшеницы 2017 года выпало 108,6 мм осадков (таблица 3). Расчётное физическое испарение составило 70,1 мм. Из-за более высокого плодородия почвогрунта на лизиметре №4 биомасса пшеницы достигла 3,5 т/га, на что было израсходовано 172,7 мм почвенной влаги. Часть этой влаги была израсходована из весенних влагозапасов, т. к. они уменьшились на 134,4 мм. При этом на гравитационный сток было израсходовано лишь 0,23 мм воды.

Таблица 3 – Водный баланс посевов яровой пшеницы на песках и суглинках за период вегетации (апрель-июль) 2017 г.

Table 3 - Water balance of spring wheat crops on sands and suglinka for the growing season (April-July) 2017

Лизиметр Lysimeter	Осадки, мм Precipitation, mm	Изменение запасов влаги, мм / Change stocks moisture, mm	Гравитационный сток, мм / Gravity drain, mm	Физическое испа- рение, мм / Physical evapora- tion, mm	Транспи- рация, мм Transpiration, mm
№4, суглинок No. 4, loam	108,6	-134,4	0,23	70,1	172,7
№5, песок No. 5, sand	108,6	-60,00	57,3	70,1	41,2

К столь низким показателям стока привёл и тот факт, что почвенная толща была иссушена травостоем по залежи 2016 г. На лизиметре №5 за это же время стекло 57,3 мм воды, запасы почвенной влаги уменьшились на 60 мм. На транспирацию ушло 41,2 мм, что позволило сформировать урожайность в 0,8 т/га.

Транспирационные коэффициенты биомассы яровой пшеницы представлены в таблице 4. Из таблицы видно, что в засушливый 2017 г. транспирационные коэффициенты на общую биомассу были близки к транспирационным коэффициентам травостоя по молодой залежи 2016 г. Однако транспирационные коэффициенты на зерно оказались очень высокими из-за отсутствия осадков в период налива зерна.

Таблица 4 – Транспирационные коэффициенты по биомассе яровой пшеницы на песках и суглинках, 2017 г.

Table 4 – Transpiration coefficients for the biomass of spring wheat on sand and loam, 2017

Лизиметр /Lysimeter	Транспирационный расход, мм/ Transpiration rate, mm	Урожайность, т/га/ Productivity, t / ha			Транспирационный коэффициент / Transpiration coefficient		
		Солома/ straw	зерно/ grain	общая/ general	на солому/ for straw s	на зерно/ for grain	на общую биомассу/ for total biomass
№4, суглинок No. 4, loam	172,7	2,8	0,7	3,5	617	2467	493
№5, песок No. 5, sand	41,2	0,7	0,1	0,8	589	4120	515

Транспирационные коэффициенты меняются в процессе жизненного цикла растений. Наиболее активно расходуется вода в период нарастания вегетационной массы растений. В период созревания репродуктивных органов ТК уменьшается. В том случае если вегетация растений смещается на осень и весну, ТК сокращается до 240 единиц.

Из 172,7 мм влаги, израсходованной пшеницей на транспирацию на лизиметре №4, сформировался урожай 3,5 т/га. Из этой величины 2,8 т/га пришлось на солому и 0,7 т/га на зерно. При этом ТК составил 493 на общую биомассу, 617 на солому и 2467 на зерно. На песчаном лизиметре №5 на транспирацию ушло 41,2 мм почвенной влаги. Из неё сформировался урожай 0,8 т/га (0,7 т/га соломы и 0,1 т/га зерна). Значения ТК были 515 на общую биомассу, 589 на солому и 4120 на зерно.

Вегетационный период 2017 г. был засушливым, однако на основании запасов влаги холодного периода и редких дождей удельный расход на фитомассу пшеницы оказался примерно таким же, как ТК травостоя во влажный 2016 год. ТК на зерно оказался чрезвычайно высоким из-за сухости почвы в период налива зерна. Можно предположить, что обильные (30-40 мм) осадки подняли бы урожай на песках до 1 т/га, а на суглинках – до 3 т/га, соответственно уменьшив ТК.

Проведённые опыты показали, что транспирационные коэффициенты, рассчитанные по биомассе яровых культур, существенно выше озимых. Так, транспирационные коэффициенты озимой пшеницы в 2015 г. составили на биомассу 200-300 единиц, а яровой в лучших условиях – 600 единиц [3]. Отсюда следует целесообразность по возможности смещать вегетацию агрокультур в засушливой зоне на осенне-весенние периоды. Также следует отметить, что во все периоды вегетации растений транспирационные коэффициенты существенно изменяются. В процессе оогенеза (жизни растений) наиболее низкие транспирационные коэффициенты можно ожидать в период налива зерна.

В полевых условиях ТК определялся на ключевых участках Арчединско-Донских и Усть-Кундрюченских песках. Определения проводились на среднемощных дерново-степных почвах (серопесках). Средний транспирационный расход, определённый балансовым методом, за период вегетации составлял 150-160 мм, прирост биомас-

сы – 2,5-2,8 т/га. Отсюда ТК на обследованных песчаных массивах Волгоградской и Ростовской областях составил 570-600. Эти исследования подтверждаются данными зарубежных исследователей Дж. Франса и Дж. Х.М. Торнли [14]. Как видно из полевых данных, ТК находится в диапазоне показаний, которые были получены нами на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН.

Заключение. Транспирационный коэффициент – важнейший показатель отношения фитоценоза к условиям водообеспеченности мест произрастания, но в большинстве случаев это величина условная. Общий расход воды определяется на биомассу части фитоценоза (надземная часть, зерно, стволовая древесина). Органика корневой системы не учитывается. Удельный расход воды при оптимальном увлажнении и минеральном питании довольно стабилен по природным зонам и может быть представлен нормативным показателем 600 ед. воды на 1 ед. органического вещества надземной фитомассы при колебании для степной зоны от 500 до 650 единиц. При делении фитомассы на составные части (стебли, плоды, зёрна) этот показатель возрастает, хотя эта величина условна: на часть фитомассы накладывается суммарный расход воды на вегетацию. Исследования свидетельствуют о большей эффективности выращивания в сухостепной зоне ЕТР озимых культур, чем яровых. Это позволяет исключать вегетацию растений в наиболее засушливые месяцы июль-август. Также экономится влага, когда в июле-августе у растений минимальный вегетативный аппарат.

Библиографический список

1. Власенко М.В. Транспирация многолетних кормовых видов в условиях засушливой среды // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. №4(44). С. 16-24.
2. Власенко М.В. Способность многолетних кормовых трав семейства Роасеас поддерживать транспирацию и оставаться засухоустойчивыми // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. №2(70). С. 224-230.
3. Кулик А.К. Моделирование формирования урожая озимой пшеницы на гидрологическом комплексе // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2016. №6. С. 29-32.
4. Кулик А.К. Власенко М.В. Эколого-гидрологическая оценка воздействия сельского и лесного хозяйства на песчаные земли верхнего Дона // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. №1(57). С. 89-94.
5. Франс Дж., Торнли Дж. Х.М. Математические модели в сельском хозяйстве. М.: Агропромиздат, 1987. С. 178-179.
6. Influences of technologies of cultivation of perennial bluegrass herbs on their transpiration in the conditions of water meadows / S.M. Pakshina, N.M. Belous, E.V. Smolsky, A.L. Silaev // Biosystems Diversity. 2017. Vol. 25. 1. P. 9-15.
7. Influence of transpiration on grain productivity / S. M. Pakshina, V. E. Torikov, N. M. Belous, O.V. Melnikova // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol. 7(1). P. 1486-1493 (in Russian).
8. Integrating agricultural and ecological goals into the management of species-rich grasslands: Learning from the flowering meadows competition in France / D. Magda, C. Marie de Sainte, S. Plantureux, C. Agreil, B. Amiaud, P. Mestelan, S. Mihout // Environmental Management. 2015. Vol. 56. P. 1053-1064. doi.org/10.1007/s00267-015-0553-6.
9. Phreatophytes under stress: Transpiration and stomatal conductance of saltcedar (Tamarix spp.) in a high-salinity environment / E. P. Glenn, P. L. Nagler, K. Morino, K. R. Hultine // Plant and Soil. 2013. Vol. 371. P. 655-672. doi.org/10.1007/s11104-013-1803-0.
10. Purdy S. E., Moyle P. B. Tate K. W. Montane meadows in the Sierra Nevada: Comparing terrestrial and aquatic assessment methods // Environmental Monitoring and Assessment. 2012. Vol. 184. P. 6967-6986. doi.org/10.1007/s10661-011-2473-0.
11. Surface energy balance model of transpiration from variable canopy cover and evaporation from residue-covered or bare soil systems: Model evaluation / L. O. Lagos, , D. L. Martin, S. B. Verma, S. Irmak, A. Irmak, D. Eisenhauer, A. Suyker // Irrigation Science, 2013. Vol. 31. P. 135-150. doi.org/10.1007/s00271-011-0298-9.

12. Tolerant pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) varieties to low soil P have higher transpiration efficiency and lower flowering delay than sensitive ones / F. Beggi, H. Falalou, A. Buerkert, V. Vadez // *Plant and Soil*. 2015. Vol. 389. P. 89-108. doi.org/10.1007/s11104-014-2338-8.

13. Transpiration of table grape (*Vitis vinifera* L.) trained on an overhead trellis system under netting / K. Suvočarev, O. Blanco, J. M. Faci, E. T. Medina, A. Martínez-Cob // *Irrigation Science*. 2013. Vol. 31. P. 1289-1302. doi.org/10.1007/s00271-013-0404-2.

14. Transpiration integrated model for root ion absorption under salinized condition / R. Nomiyama, D. Yasutake, Y. Sago, M. Kitano // *Biologia*. 2013. Vol. 68. P. 1113-1117. doi.org/10.2478/s11756-013-0255-6.

Reference

1. Vlasenko M. V. Transpiraciya mnogoletnih kormovyh vidov v usloviyah zasushlivoj sredy // *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2017. №4(44). P. 16-24.

2. Vlasenko M. V. Sposobnost' mnogoletnih kormovyh trav semejstva Poaceae podderzhivat' transpiraciyu i ostavat'sya zasuhoustojchivymi // *Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya*. 2018. №2(70). P. 224-230.

3. Kulik A. K. Modelirovanie formirovaniya urozhaya ozimoy pshenicy na gidrologicheskom komplekse // *Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2016. №6. P. 29-32.

4. Kulik A. K. Vlasenko M. V. }kologo-gidrologicheskaya ocenka vozdejstviya sel'skogo i le-snogo hozyajstva na peschanye zemli verhnego Dona // *Puti povysheniya jffektivnosti oroshaemogo zemledeliya*. 2015. №1(57). P. 89-94.

5. Frans Dzh., Tornli Dzh. H. M. Matematicheskie modeli v sel'skom hozyajstve. M.: Agropromizdat, 1987. P. 178-179.

6. Influences of technologies of cultivation of perennial bluegrass herbs on their transpiration in the conditions of water meadows / S.M. Pakshina, N.M. Belous, E.V. Smolsky, A.L. Silaev // *Bio-systems Diversity*. 2017. Vol. 25. 1. P. 9-15.

7. Influence of transpiration on grain productivity / S. M. Pakshina, V. E. Torikov, N. M. Belous, O.V. Melnikova // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2016. Vol. 7(1). P. 1486-1493 (in Russian).

8. Integrating agricultural and ecological goals into the management of species-rich grasslands: Learning from the flowering meadows competition in France / D. Magda, C. Marie de Sainte, S. Plantureux, C. Agreil, B. Amiaud, P. Mestelan, S. Mihout // *Environmental Management*. 2015. Vol. 56. P. 1053-1064. doi.org/10.1007/s00267-015-0553-6.

9. Phreatophytes under stress: Transpiration and stomatal conductance of saltcedar (*Tamarix* spp.) in a high-salinity environment / E. P. Glenn, P. L. Nagler, K. Morino, K. R. Hultine // *Plant and Soil*. 2013. Vol. 371. P. 655-672. doi.org/10.1007/s11104-013-1803-0.

10. Purdy S. E., Moyle P. B. Tate K. W. Montane meadows in the Sierra Nevada: Comparing terrestrial and aquatic assessment methods // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2012. Vol. 184. P. 6967-6986. doi.org/10.1007/s10661-011-2473-0.

11. Surface energy balance model of transpiration from variable canopy cover and evaporation from residue-covered or bare soil systems: Model evaluation / L. O. Lagos, D. L. Martin, S. B. Verma, S. Irmak, A. Irmak, D. Eisenhauer, A. Suyker // *Irrigation Science*, 2013. Vol. 31. P. 135-150. doi.org/10.1007/s00271-011-0298-9.

12. Tolerant pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) varieties to low soil P have higher transpiration efficiency and lower flowering delay than sensitive ones / F. Beggi, H. Falalou, A. Buerkert, V. Vadez // *Plant and Soil*. 2015. Vol. 389. P. 89-108. doi.org/10.1007/s11104-014-2338-8.

13. Transpiration of table grape (*Vitis vinifera* L.) trained on an overhead trellis system under netting / K. Suvočarev, O. Blanco, J. M. Faci, E. T. Medina, A. Martínez-Cob // *Irrigation Science*. 2013. Vol. 31. P. 1289-1302. doi.org/10.1007/s00271-013-0404-2.

14. Transpiration integrated model for root ion absorption under salinized condition / R. Nomiyama, D. Yasutake, Y. Sago, M. Kitano // *Biologia*. 2013. Vol. 68. P. 1113-1117. doi.org/10.2478/s11756-013-0255-6.

Информация об авторах

Кулик Алексей Константинович, зав. лабораторией гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: kulikak79@yandex.ru

Власенко Марина Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат с.-х. наук. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225> E-mail: vlasencomarina@mail.ru

Бородычев Виктор Владимирович, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.). Директор Волгоградского филиала Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костяков (Российская Федерация, 400002, Волгоградская обл, Волгоград г, Тимирязева, 9). Доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, Заслуженный деятель науки E-mail: vkoniigim@yandex.ru , т. +7 (8442) 41-15-05, 89064048042

Хныкин Александр Сергеевич, младший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97). E-mail: theraan@mail.ru

Балкушкин Роман Николаевич, младший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97). E-mail: balroman9612@yandex.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0987-6263> Researcher ID: X-9017-2018

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 635.34

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-20

АГРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИЗУЧЕНИЕ КУЛЬТУРЫ КАПУСТЫ В УСЛОВИЯХ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

GROBIOLOGICAL STUDY OF THE CULTURE OF CABBAGE IN THE CONDITIONS OF ASTRAKHAN REGION

Т.В. Мухортова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

Е.Г. Мягкова

А.Н. Бондаренко кандидат географических наук

О.В. Костыренко, младший научный сотрудник

Е.Н. Петров, младший научный сотрудник

T.V. Mukhortova, E.G. Myagkova, A.N. Bondarenko, O.V. Kostyrenko, E.N. Petrov

ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»,

Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный

Federal State Budget Scientific University

«Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences».

Astrakhan region, chernoyarsky district, sq. North

Дата поступления в редакцию 29.04.2019

Received 29.04.2019

Дата принятия к печати 13.08.2019

Submitted 13.08.2019

Приводятся данные о результатах сортоизучения белокочанной капусты в Астраханской области с учетом климатических особенностей региона. Почвенно-климатические условия Астраханской области являются экстремальными для ведения растениеводства, поэтому подбор оптимального сорта белокочанной капусты, максимально приспособленного к конкретным экологическим условиям, является важным условием снижения негативных последствий действия стресс-факторов. В ходе научно-исследовательской работы были использованы следующие методики: «Методика полевого опыта» Б. А. Доспехова, «Опытное дело в полеводстве» Г. Ф. Никитенко, «Методика полевого опыта» С. С. Литвинова. Также приводятся данные о коэффициенте водопотребления белокочанной капусты, фенологические наблюдения и биометрические измерения.

Определено влияние сортовых особенностей на урожайность и структуру урожая. Материал для изучения был предоставлен Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ «ФНЦО»). Выделены наиболее перспективные сорта капусты при возделывании на капельном орошении. Наиболее эффективно использовали воду два среднеспелых сорта – Слава 1305 и Слава 231 – при коэффициенте потребления 43,7 и 61,3 м³/кг, соответственно. Эти же сорта показали урожайность: Слава 1305 – 105 т/га и Слава 231 – 81 т/га. Намеченное направление исследований направлено на повышение эффективности производства белокочанной капусты в конкретной почвенно-климатической зоне. В перспективе изучение агробиологического потенциала сортов белокочанной капусты по комплексу хозяйственно ценных признаков направлено на выделение нового исходного материала для селекционных целей.

The article presents data on the results of the variety study of white cabbage in the Astrakhan region, taking into account the climatic characteristics of the region. Soil and climatic conditions of the Astrakhan region are extreme for crop production, so the selection of the optimal assortment of white cabbage, maximally adapted to specific environmental conditions, is an important condition for reducing the negative effects of stress factors. In the course of research work the following methods were used: "Method of field experience" B. A. Dospekhov, «Experimental work in the field G. F. Nikitenko, «method of field experience» S. S. Litvinov. The article also provides data on the coefficient of water consumption of cabbage, phenological observations and biometric measurements. The influence of varietal characteristics on the yield and structure of the crop was determined. Material for the study was provided by the Federal state budget scientific institution «Federal scientific center for vegetable» (Federal state budgetary institution "FICO"). The most promising varieties of cabbage are identified during cultivation on drip irrigation. Most efficiently used the water of two mid-season varieties – Fame and Glory 1305 231 when the consumption ratio of 43,7 61,3 m³/kg, respectively. These varieties have shown productivity: Glory 1305 – 105 t/ha and the Glory of 231 – 81 t/ha. Planned area of research aimed at improving the efficiency of production of cabbage in the specific soil-climatic zone. In the future, the study of the agrobiological potential of varieties of cabbage on a complex of economically valuable traits is aimed at the allocation of a new source material for breeding purposes.

Ключевые слова: сорт капусты, капуста белокочанная, капельное орошение капусты, водопотребление капусты, фенология, урожайность капусты.

Key words: variety of cabbage, white cabbage, drip irrigation of cabbage, cabbage water consumption, phenology, cabbage productivity.

Цитирование. Мухортова Т.В., Мягкова Е.Г., Бондаренко А.Н., Костыренко О.В., Петров Е.Н. Агробиологическое сортоизучение культуры капусты в условиях Астраханской области *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 160-166. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-20.

Citation. Mukhortova T.V., Myagkova E.G., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V., Petrov E.N. Grobiological study of the culture of cabbage in the conditions of Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 160-166. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-20.

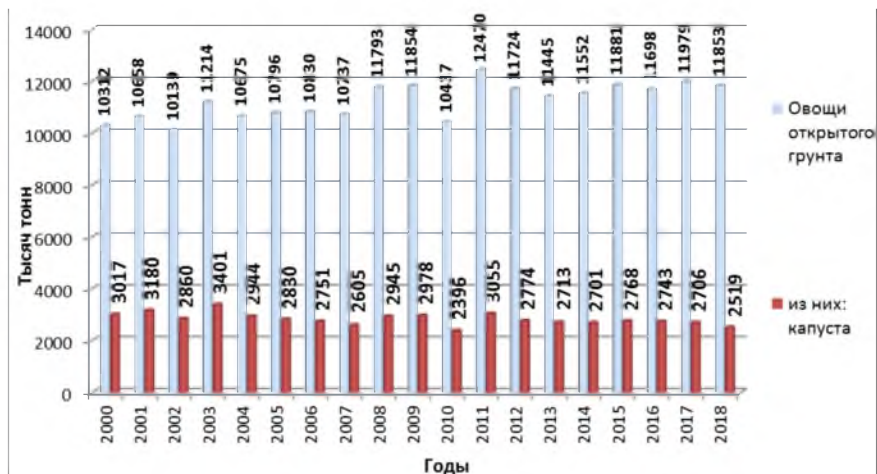
Введение. Возделывание овощей является одной из основных задач сельского хозяйства Нижневолжского региона [1-2].

Культура капусты всегда являлась одной из главных овощных культур [3, 4, 5, 7, 8, 9].

Современные сорта и гибриды белокочанной капусты отличаются большим разнообразием, в настоящее время в Госреестре находится 436 сортов и гибридов белокочанной капусты. Отличаются они по срокам созревания и назначению, а также формой, размером листьев и плотностью кочана. По срокам созревания капуста белокочанная подразделяется на: сверхранние (вегетационный период (65-100 суток), раннеспелые (100-115 суток), среднеранние (115-130 суток), среднеспелые (130-145 суток), среднепоздние (145-160 суток), позднеспелые (160 и более суток).

Среди овощных культур капуста занимает одно из ведущих мест как по площадям, которые отводятся под нее, так и по масштабам употребления.

Из рисунка 1 видно, что динамика валового сбора капусты в открытом грунте на протяжении последних лет имеет примерно одинаковую тенденцию. Максимальный валовый сбор капусты был зафиксирован в 2003 г. – 3401 тыс. т, минимальный – в 2010 г. – 2396 тыс. т. В структуре валового сбора всех овощей открытого грунта доля валового сбора капусты составляет более 20 %. Эта тенденция сохраняется на всем рассматриваемом временном промежутке.



Note: Овощи открытого грунта – Open field vegetables. Из них: капуста – Of which: cabbage

Рисунок 1 – Валовый сбор овощей и капусты (открытой грунт) в РФ

в хозяйствах всех категорий, тыс. т

Figure 1 – Gross harvest of vegetables and cabbage (open ground) in the Russian Federation in farms of all categories, thousand tons

В связи с тем, что капуста принадлежит к числу важнейших овощных растений, представляется актуальным агробиологическое сортоизучение белокочанной капусты с целью выявления сортов и гибридов, проявляющих хозяйственно ценные признаки в конкретных почвенно-климатических условиях.

Впервые в условиях аридной зоны Северо-Западного Прикаспия в течение 2016-2018 гг. проводилось агробиологическое сортоизучение коллекции капусты селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства РАН».

Были изучены и выделены перспективные сорта капусты, отработаны ресурсосберегающие технологии возделывания, отработаны приемы и способы полива, проведена водосберегающая оценка выращивания сортов капусты белокочанной при капельном способе полива.

Целью изучения явилось выделение сортообразцов капусты белокочанной, обладающих комплексом хозяйственно-ценных признаков и адаптационным потенциалом в условиях резко континентального климата полупустынной зоны Астраханской области в условиях капельного способа полива.

Для осуществления поставленной цели планировалось решение следующих задач:

- оценить влияние агроклиматических условий на продукционные процессы и урожайность изучаемых образцов;
- определить реакцию сортов на капельный способ полива, дать оценку сортам по коэффициенту водопотребления;
- выделить наиболее скороспелые, продуктивные сорта.

Материалы и методы. Полевой опыт закладывался на орошаемом участке в условиях зоны светло-каштановых почв при капельном способе полива. Схема размещения капусты при посадке рассады в грунт следующая: расстояние между поливными шлангами – 140 см, посадочная борозда – на расстоянии 20 см от поливного шланга. У

раннеспелых, среднеспелых и позднеспелых сортов капусты расстояние между растениями – 40 см, у кольраби Венской белой – 20 см. Расположение растений в шахматном порядке через поливной шланг. Густота посадки при таком размещении растений 40,0 тыс. шт./га. Под сортом было занято 13 м длины поливного шланга с размещением на этой площади 59 растений. Это служило элементарной делянкой каждого из 10 изучаемых сортов. Коллекция включала следующие сорта: Зимовка 1474, Амагер 611, Подарок 2500, Подарок 2500, Слава 1305, Слава 231, Белорусская 455, Номер первый Грибовский 147, Июньская 3200, Экстра Р1, Венская белая 1350 (кольраби).

Для выполнения поставленных задач проводились следующие полевые учеты и наблюдения с использованием методики полевого опыта Доспехова Б.А., 1985 г. и методики опытного дела в овощеводстве и опытного дела в полеводстве под редакцией Литвинова С.С. 2011, Никитенко Г.Ф., 1982. [6]:

- проводился контроль за предполивной влажностью почвы в течение вегетационного периода, определялось суммарное водопотребление капусты по формуле А.Н. Костякова [7] и коэффициент водопотребления;
- фенологические наблюдения проводились на 10 учетных растениях каждого образца капусты. Отмечалось начало фазы у 10 % растений и полная фаза у 75 %;
- учет биологической урожайности с учетных растений проводился при достижении технической спелости с 1 м²;
- определялась структура урожая: диаметр кочана капусты, масса кочана.

Результаты и обсуждение. В результате исследований были получены следующие данные. Посев семян капусты в грунт был проведен при наступлении оптимальных температурных условий при среднесуточной температуре воздуха +16 °С. На 7-й день были получены 100 % всходы. За время роста рассады было внесено удобрение 40 г азофоски на 1 м², что позволило получить хорошо сформированную и укоренившуюся рассаду.

По результатам проведенных исследований, представленным в таблице 1, видно, что межфазный период от образования розеток до роста кочана у раннеспелых сортов Слава 1305, Слава 231, Белокочанная подарок 2500 составил 16 суток, у позднеспелых сортов Зимовка 1474, Амагер 611 – 20 суток.

Таблица 1 – Прохождение фенологических фаз у сортообразцов капусты белокочанной

Table 1 – The passage of phenological phases in varieties of cabbage

№	Образец Sample	Образование Розеток Education Outlets		Образование Кочана Education head of cabbage		Техническая спелость – уборка Technical ripeness - cleaning		Вегетационный период, дней Vegetation period, days
		10 %	75 %	10 %	75 %	10 %	75 %	
1	Зимовка 1474	25.06	4.07	24.07	30.07	16.09	25.09	150
2	Амагер 611	30.06	6.07	25.07	1.08	16.09	25.09	150
3	Подарок 2500	12.06	20.06	7.07	15.07	10.08	21.08	100
4	Слава 1305	12.06	20.06	7.07	15.07	10.08	21.08	100
5	Слава 231	12.06	20.06	7.07	15.07	10.08	21.08	100
6	Белорусская 455	30.06	6.07	25.07	1.08	16.09	25.09	150
7	Номер первый Грибовский 147	10.06	17.06	3.07	10.07	1.08	10.08	92
8	Июньская 3200	10.06	17.06	3.07	10.07	1.08	10.08	92
9	Экстра Р1	10.06	17.06	3.07	10.07	1.08	10.08	92
10	Венская белая 1350 кольраби	-	-	12.06	20.06	10.07	17.07	72

Период от роста кочана до технической спелости у раннеспелых сортов составил 28 суток, у среднеспелых сортов капусты – 33 суток, у позднеспелых – 54. Кольраби Венская белая – сорт скороспелый. Вегетационный период длился 73 суток, период вегетации позднеспелых образцов составил 150 суток, среднеспелых – 100 суток, раннеспелых – 92 суток.

Водопотребление коллекции капусты. Способом полива капусты являлось капельное орошение. В период посадки и приживаемости растений капусты было проведено 4 полива поливной нормой 114 м³/га. В фазу образования розеток потребовалось 13 поливов, что обеспечивалось при суммарной продолжительности работы системы капельного орошения в течение 52 часов. В период роста кочана до технической спелости водопотребление капусты повышалось. За это время было проведено 22 полива. Для поддержания порога предварительной влажности почвы 80-85 % НВ в расчетном слое проведено 39 поливов, поливной нормой 114 м³/га. Оросительная норма составила 4446 м³/га. Продолжительность работы системы капельного орошения составила 156 часов. В период посадки и приживаемости растений капусты было проведено 4 полива поливной нормой 114 м³/га. В фазу образования розеток было проведено 13 поливов. С периода роста кочана до технической спелости водопотребление капусты повышалось. За это время было проведено 22 полива.

Наиболее эффективно использовали воду два среднеспелых образца: Слава 1305, Слава 231 при коэффициенте водопотребления 43,7-61,3 м³/га. При экономном использовании воды была получена высокая урожайность у капусты Слава 1305 – 144 т/га, Слава 231 – 153 т/га.

Урожайность капусты. Уборку урожая капусты проводили при полной технической спелости. Табличные данные дают полное представление о динамике формирования и созревания урожая капусты. Наибольшая масса плода была получена у 3-х сортов: Слава 231 – 3,4 кг, Амагер 611 – 3,2 кг, Слава 1305 – 3,2 кг, у остальных образцов на уровне 1,9-2,9 кг.

Из таблицы 3 видно, что все сорта изучаемой коллекции сформировали высокую биологическую урожайность при капельном способе орошения, от 63 т/га у сорта Номер первый Грибовский до максимального 153 т/га у сорта Слава 231. Проведенное сортоизучение коллекции капусты селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства РАН» выявило следующие наиболее продуктивные и перспективные образцы: Слава 231, Слава 1305, Амагер 611. Уборку урожая капусты проводили при полной технической спелости. Наибольшая масса кочана была получена у 2-х сортов: Слава 1305 – 3,5 кг и Слава 231 – 2,7 кг, несколько ниже у сортов Зимовка 147 У – 2,05, Амагер 611 – 2,17 кг, у остальных образцов на уровне 1,96-1,4 кг (таблица 2).

Таблица 2 – Биологическая урожайность сортов капусты
при капельном орошении, т/га, среднее 2016-2018 гг.

Table 2 – Biological productivity of cabbage varieties during drip irrigation, t / ha, average 2016-2018

№	Образец Sample	Масса, кг Weight, kg	Диаметр, м Diameter, m	Биологическая урожайность, т/га Biological productivity, t / ha
1	Зимовка 1474	2,4	0,174	108
2	Амагер 611	3,2	0,182	144
3	Подарок 2500	2,8	0,143	126
4	Слава 1305	3,2	0,203	144
5	Слава 231	3,4	0,182	153
6	Белорусская 455	2,6	0,140	117
7	Номер первый Грибовский 147	1,4	0,142	63
8	Июньская 3200	1,9	0,140	85
9	Экстра Р1	2,9	0,198	130
10	Венская белая 1350 (кольраби)	0,4	0,09	18

На основании данных таблицы 2 выполним корреляционный анализ (таблица 3).

Таблица 3/ Table 3

	Масса, кг Weight, kg	Диаметр, м Diameter, m	Биологическая урожайность, т/га Biological productivity, t / ha
Масса, кг/Weight, kg	1		
Диаметр, м/Diameter, m	0,85	1	
Биологическая урожайность, т/га Biological productivity, t / ha	0,99	0,85	1

По данным множественного корреляционного анализа можно сказать, что факторы «диаметр» и «масса» имеют тесную положительную корреляционную связь – 0,85. Урожайность с массой, а также урожайность и диаметр также тесно коррелируют. На основании проведенного анализа можно сказать, что сорта, находящиеся в изучении, по всем параметрам показали хорошие результаты.

Заключение. Проведенное сортоизучение капусты при режиме капельного орошения выявило следующие перспективные сорта, обладающие различной скороспелостью и пригодные для различных видов переработки: Слава 1305, Слава 231, Амагер 611 с уровнем биологической урожайности от 144,0 до 153,0 т/га, при коэффициенте водопотребления – 43,7-61,3 м³/га.

Библиографический список

1. Ахмедов А.Д., Кравцов А.А. Фотосинтетическая продуктивность капусты на светлокаштановых почвах волго-донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 238-346.
2. Бородычев В.В., Щепотько Н.А. Вопросы капельного орошения и фертигации белокочанной капусты в Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. №14 (49). С. 167-175.
3. Гаджимустапаева Е.Г. Продуктивность сортов и гибридов капусты цветной в зависимости от срока посева и высадки // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 5. С. 46-49. DOI: <https://DOI.org/10.30850/vrsn/2018/5/46-49>.
4. Ирклов И.И., Костенко Г.А., Монахос Г.Ф. Технология производства белокочанной капусты // Картофель и овощи. 2014. №1. С. 3-9.
5. Казахмедов Р.Э., Магомедова М.А. Особенности генеративного развития сортов капусты белокочанной озимой в условиях юга России и его гормональная регуляция // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 38-40. DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2018/4/38-40>.
6. Литвинов С.С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ВНИИ овощеводства, 2011. 648 с.
7. Селиванова М.В. Влияние минеральных удобрений и биологически активных веществ на продуктивность капусты белокочанной // Проблемы и перспективы развития АПК России. 2017. С. 69-72.
8. Chase E., A. Susan. Cabbage Stump.— (III.)// Journal of Education. 2019. № 42. P. 158-159. DOI: 10.1177/002205749504200909.
9. Routoula Eleni. The sweet smell of sweat and cabbage // Nature Reviews Chemistry. 2019. DOI: 10.1038/s41570-019-0112-4.

Reference

1. Ahmedov A.D., Kravcov A.A. Fotosinteticheskaya produktivnost' kapusty na svetlo-kashtanovykh pochvakh volgo-donskogo mezhdurech'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 4 (44). P. 238-346.
2. Borodychev V.V., Schepot'ko N.A. Voprosy kapel'nogo orosheniya i fertigacii belokochan-noy kapusty v Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. №14 (49). P. 167-175.
3. Gadzhimustapaeva E. G. Produktivnost' sortov i gibridov kapusty cvetnoj v zavisimosti ot sroka poseva i vysadki // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2018. № 5. P. 46-49. DOI: <https://DOI.org/10.30850/vrsn/2018/5/46-49>.

4. Irkov I.I., Kostenko G.A., Monahos G.F. Tehnologiya proizvodstva belokochannoj kapusty // Kartofel' i ovoschi. 2014. №1. P. 3-9.
5. Kazahmedov R.Je., Magomedova M.A. Osobennosti generativnogo razvitiya sortov kapusty belokochannoj ozimoj v usloviyah yuga Rossii i ego gormonal'naya regulyaciya // Vestnik rossijskoj sel'skoxozyajstvennoj nauki. 2018. № 4. P. 38-40. DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2018/4/38-40>.
6. Litvinov S. S. Metodika polevogo opyta v ovoschevodstve. M.: VNII ovoschevodstva, 2011. 648 p.
7. Selivanova M. V. Vliyanie mineral'nyh udobrenij i biologicheskij aktivnyh ve-schestv na produktivnost' kapusty belokochannoj // Problemy i perspektivy razvitiya APK Rossii. 2017. P. 69-72.
8. Chase E., A. Susan. Cabbage Stump. (III.)// Journal of Education. 2019. № 42. P. 158-159. DOI: 10.1177/002205749504200909.
9. Routoula Eleni. The sweet smell of sweat and cabbage // Nature Reviews Chemistry. 2019. DOI: 10.1038/s41570-019-0112-4.

Информация об авторах

Мухортова Тамара Васильевна, к.с.-х.н., н.с. лаборатории агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» 416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORCID ID № 0000-0002-0709-1844)

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

Мягкова Елена Георгиевна. Зав. отделом земледелия и комплексной мелиорации. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» 416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORCID ID № 0000-0002-0631-9253)

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

Петров Евгений Николаевич м.н.с. лаборатории агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» 416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORCID ID /0000-0001-9704-9991)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.42

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-21

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПЕСЧАНЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ КАК ОБЪЕКТА ФИТОМЕЛИОРАЦИИ

THE MODERN CONDITION OF THE SANDLANDS OF THE NORTHERN CASPIAN AS AN OBJECT OF PHYTOMELIORATION

Л.П. Рыбашлыкова, кандидат сельскохозяйственных наук

С.Ю. Турко, кандидат сельскохозяйственных наук

В.И. Петров, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

L. P. Rybashlykova, S.Yu. Turko, V. I. Petrov

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

*Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation
of Russian Academy of Science, Volgograd*

Дата поступления в редакцию 02.07.2019
Received 02.07.2019

Дата принятия к печати 12.09.2019
Submitted 12.09.2019

Изучение эдафических факторов и определение их роли в формировании пастбищных фитоценозов является актуальной задачей. Важнейшей характеристикой почв при этом является granulometricheskij состав. Он оказывает влияние на рост и развитие растений и на целый ряд важных свойств почвы: пористость, водопроницаемость, высоту капиллярного поднятия, величину по-

глутительной способности, водный, воздушный и тепловой режим почвы, усадку и набухание. В 2018 г. из всего разнообразия свойств почв были изучены солевой, плодородный и гранулометрический составы, а также дана современная характеристика почвенно-растительного покрова песчаных земель Северного Прикаспия. Объектами исследований являлись участки, заложенные в Харабалинском районе Астраханской области (эфемеровое пастбище, переходная зона, белопольное пастбище). На ключевых участках был проведен сравнительный анализ результатов исследования. Почвенный покров участков представлен зональными светло-каштановыми и бурыми полупустынными почвами без наличия солончаковых пятен. Нами выделены в основном легкосуглинистые и супесчаные разновидности почв с содержанием физической глины в верхнем горизонте (A= 0-0,2 м) под эфемерами 10,8 %, под полыньниками 11,3 %, в переходной зоне 14,6 %. Исследования показали, что содержание гумуса в почве исследуемых участков невелико и находится в пределах 0,24-0,61 %. Валовое содержание водно-растворимых солей очень низкое по всему профилю). Соли Cl⁻ не превышают 0,01 %, HCO₃⁻ – 0,07 %, Ca²⁺ и Mg²⁺ – 0,02 %. Для обеспечения повышенной эффективности фитоценоза как части экосистемы, состоящей из эдафотоп (почвенная среда), климатоп (климатические условия), целесообразно проводить фитомелиоративные работы на пастбищных землях и очагах дефляции, площадь которых угрожающе растет в связи с перегрузкой пастбищ скотом, аридизацией климата и чрезмерным антропогенным воздействием.

The study of edaphic factors and the determination of their role in the formation of pasture phytocenoses is an important task. The most important characteristic of the soil is the grain size distribution. It influences the growth and development of plants and a number of important soil properties: porosity, water permeability, height of capillary rise, size of absorptive capacity, water, air and thermal conditions of the soil, shrinkage and swelling. In 2018, out of the diversity of soil properties, their salt, fertile, and particle size distribution was studied, and a modern characteristic of the soil and vegetation cover of the sandy lands of the Northern Pre-Caspian region was given. The objects of research were the plots laid down in the Kharabalinsky district of the Astrakhan region (ephemeral pasture, transitional zone, white-grass pasture). At key sites, a comparative analysis of the research results was conducted. The soil cover of the plots is represented by zonal light chestnut and brown semi-desert soils without solonchak spots. We have identified mainly light loamy and sandy soil varieties with a physical clay content in the upper horizon (A = 0-0,2 m) under ephemera 10,8%, under wormwood 11,3%, in the transition zone 14,6%. Studies have shown that the content of humus in the soil of the studied areas is small and is in the range of 0,24-0,61%. Gross content of water-soluble salts is very low throughout the profile). Cl⁻ salts do not exceed 0,01%, HCO₃⁻ - 0,07%, Ca²⁺ + and Mg²⁺ - 0,02%. To ensure the increased efficiency of the phytocenosis as part of an ecosystem consisting of the edaphotop (soil environment), climatope (climatic conditions), it is advisable to carry out phytomeliorative work on grazing lands and foci of deflation, whose area is growing threateningly due to overloading pastures with livestock, aridization of climate and excessive anthropogenic impact.

Ключевые слова: пастбища Северного Прикаспия, почвенный покров пастбищ, гранулометрический состав почв, водно-солевой режим почв, деградация почв, фитомелиоративные работы.

Key words: pastures of the Northern Caspian region, pasture soil cover, soil grain size distribution, soil water-salt regime, soil degradation, phyto-reclamation work.

Цитирование. Рыбашлыкова Л.П., Турко С.Ю., Петров В.И. Современное состояние песчаных земель Северного Прикаспия как объекта фитомелиорации. *Известия НВ АУК*. 2019. 3 (55). 166-174. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-21.

Citation. Rybashlykova L. P., Turko S.Yu., Petrov V. I. The current state of Northern Caspian sandy lands a phytomelioration object. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp*. 2019. 3 (55). 166-174. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-21.

*Работа выполнена по теме Государственного задания № 0713-2018-0002.
«Разработать научные основы, новые методы, модели и технологии эффективного
лесомелиоративного освоения и многоцелевого использования низкопродуктивных
и деградированных земель засушливой зоны РФ» ФНЦ агроэкологии РАН*

Введение. Песчаные массивы Северного Прикаспия используются в основном как пастбища для мелкого и крупного рогатого скота, лошадей, верблюдов. За последние десятилетия эти пастбища подверглись сильнейшей перегрузке скотом. Многолетнее бессистемное использование естественных травостоев привело к процессу деградации: выпадают ценные кормовые растения на все больших территориях, распространяются сорняки, весенние эфемеры и эфемероид мятлик [3, 4, 11, 12, 13]. Легкие супесчаные почвы в результате перевыпаса и разбития этих почв крупными площадями быстро превращаются в подвижные барханные пески [9, 10, 14]. В комплексе мер по развитию овцеводства особое внимание уделяется фитомелиорации естественных кормовых угодий, особенно в аридных зонах [7].

Для успешного осуществления приемов фитомелиорации пастбищ необходимо знать и учитывать особенности почв и местных физико-географических и хозяйственных условий региона [1, 2, 5, 8].

Цель наших исследований – изучить современное состояние пастбищ и исследовать особенность водно-солевого режима почвогрунта зоны восстановительной сукцессии растительного покрова (белопольного, эфемерового пастбища и буферной зоны).

Материалы и методы. Научно-исследовательская работа проводилась в Харабалинском районе Астраханской области в 2018 г., где были обследованы белопольные и эфемеровые пастбища. Состав и структура почвенного покрова изучались на ключевых участках (рисунок 1).



Рисунок 1 – Ключевые участки исследований в Харабалинском районе, Астраханской области (Космокарта) (масштаб в 1 см : 50 км)

Figure 1 – Key research areas in the Kharabalinsky district, Astrakhan region (Kosmokarta) (scale 1 cm : 50 km)

Выбор опытных участков, мест бурения скважин для определения влажности почвы осуществлялся по методике Б.А. Доспехова. Определение валового содержания солей почвогрунтов исследуемых объектов проводилось титриметрическим анализом (Аринушкина Е.В.), в почвенной лаборатории ФНЦ агроэкологии РАН. Водно-физические свойства почвогрунта – расчет влажности завядания (ВЗ) – проводился с использованием методики А.С. Манаенкова [6]. Влажность завядания (ВЗ %) рассчитывалась по формуле: $VZ = e - 0,37 + 0,078x$ ($P = 3,3 \%$).

Результаты и обсуждение. Климат Астраханской области характеризуется резкой континентальностью. По степени засушливости он уступает лишь среднеазиатским пустыням и полупустыням. Среднегодовое количество атмосферных осадков в регионе не превышает 200 мм, а в засушливые годы снижается до 50 мм. Амплитуда сезонных колебаний температуры воздуха 84-88 °С. Преобладают сильные восточные и северо-восточные сухие ветры, вызывающие иссушение и дефляцию почв. Почвы подзоны полупустыни сформированы на мощной толще осадочных пород, образованных в результате многовековых аллювиальных отложений древней и современной реки Волга в условиях трансгрессий и регрессий Каспийского моря [15, 16]. Светло-каштановые и бурые полупустынные разной степени солонцеватости почвы занимают доминирующее положение в почвенном покрове степной части.

Для характеристики современного состояния почвенно-растительного покрова в Харабалинском районе Астраханской области на участке «Берли» в весенний период 2018 г. были заложены объекты исследования. На ключевых участках (эфмеровое пастбище, переходная зона, белопольное пастбище) изучены солевой, механический и гранулометрический составы почв. Почвенный покров участков исследования представлен зональными светло-каштановыми и бурыми полупустынными почвами без наличия солонцеватых пятен. Бурые полупустынные почвы представляют автоморфный тип почв полупустынной зоны.

Распространены почвы на слабоволнистой и полого наклонной равнине. Микрорельеф представлен мелкими западинами и бугорками выбросов землероев. Растительный покров представлен ксерофитными и эфмерными травами: полынью белой с примесью злаков, ромашника, молочая, бурачка. При этом травостой угнетен, изрежен и между растениями имеются пятна открытой почвы. Грунтовые воды залегают на глубине 10-15 метров и участия в почвообразовании не принимают. Профиль почв имеет четкую дифференциацию на генетические горизонты.

В генезисе и развитии плодородия почв огромная роль принадлежит как гумусовым веществам, так и неразложившимся органическим остаткам, а также промежуточным молекулярным органическим соединениям.

Морфологическое описание почвенного разреза на участке «Берли» приводится в таблице 1.

Нами выделены в основном легкосуглинистые и супесчаные разновидности почв с содержанием физической глины в верхнем горизонте (A= 0-0,2 м) под эфмерами 10,8 %, под полыньниками – 11,3 %, в переходной зоне – 14,6 %. Наибольшее количество частиц с диаметром менее 0,01 мм находится в слое (0,4-0,8 м), то есть в иллювиально-карбонатном горизонте. В целом в почве, во всех горизонтах, преобладают частицы диаметром 0,25-0,05 мм (опасные в ветроэрозионном отношении).

В результате лабораторного анализа было установлено, что содержание гумуса в почве исследуемых участков невелико и находится в пределах 0,24...0,61 %. Валовое содержание водно-растворимых солей очень низкое по всему профилю. Солей Cl^- не превышает 0,01 %, HCO_3^- – 0,07 %, Ca^{2+} и Mg^{2+} – 0,02 % (таблица 2, рисунок 2).

Таблица 1 – Характеристика морфологических признаков почвы опытного участка

Table 1 – Characterization of morphological features of the soil of the experimental plot

Горизонт почвы/ Soil horizon	Описание горизонта /Horizon description
$A_{\text{пах}} \frac{0,00...0,20}{0,20} \text{ м}$	Сухой, бурый, однороден по окраске, песчаный, слабоуплотненный, мелкопористый, переход в нижний горизонт постепенный / Dry, brown, uniform in color, sandy, slightly densified, finely porous, gradual transition to the lower horizon
$B_1 \frac{0,20...0,35 \text{ м}}{0,15}$	Сухой, бурый, однороден по окраске, песчаный, уплотнен, мелкопористый, переход заметный / Dry, brown, uniform in color, sandy, compacted, finely porous, noticeable transition
$B_2 \frac{0,35...0,65 \text{ м}}{0,30}$	Слегка увлажнен, бурый плотный, легкосуглинистый, пористый, переход постепенный / Lightly moistened, dense brown, light loamy, porous, gradual transition
$BC \frac{0,65...1,20 \text{ м}}{0,55}$	Увлажненный, песчаный, слабоуплотнен, мелкозернистый / Moist, sandy, slightly densified, fine-grained

Таблица 2 – Содержание гумуса и гранулометрический состав почв на ключевых участках, %

Table 2 – Humus content and particle size distribution of soils in key areas, %

Глубина взятия образца, см/ Depth of sampling, cm	Содержание гумуса, %/ Humus content, %	Содержание фракции, % Fraction content,%						ФГ, %
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	
Эфемеровое пастбище /Ephemeral pasture								
0-5	0,46	1,96	88,50	3,79	0,68	1,13	3,94	5,75
20	0,40	1,01	81,42	7,05	0,48	2,71	7,33	10,52
40	0,30	0,80	69,99	9,66	1,89	2,91	14,75	19,55
60	0,48	0,59	64,10	12,64	2,75	6,83	13,09	22,67
80	0,43	0,51	54,40	15,47	3,25	7,40	15,97	29,62
100	0,10	0,79	84,86	3,46	1,17	1,13	8,59	10,89
120	0,10	1,02	88,40	1,37	1,32	0,77	7,12	9,21
140	0,05	1,68	88,17	1,53	0,73	0,66	7,33	8,62
160	0,05	0,69	88,76	1,12	1,25	0,61	7,57	9,43
Переходная зона /Transition zone								
0-5	0,61	1,12	81,84	8,04	2,21	4,26	2,53	9,00
20	0,34	1,29	75,13	8,96	1,22	3,46	9,94	14,62
40	0,53	0,53	55,59	15,13	3,98	7,19	17,58	28,75
60	0,40	0,61	62,23	11,71	2,97	7,43	15,05	25,45
80	0,21	1,29	78,33	5,15	1,02	4,22	9,99	15,23
100	0,20	1,27	81,21	4,78	0,45	2,31	9,98	12,74
120	0,20	2,21	82,50	3,04	0,93	1,86	9,46	12,25
140	0,19	0,37	75,25	7,47	1,13	3,13	12,65	16,91
160	0,10	1,13	85,54	4,04	0,20	0,65	8,44	9,29
Белополынное пастбище /Wormwood Pasture								
0-5	0,30	2,43	87,80	3,02	1,40	0,49	4,86	6,75
20	0,12	2,72	84,55	1,46	0,52	0,56	10,19	11,27
40	0,24	1,79	82,36	4,27	0,69	0,80	10,08	11,57
60	0,24	2,67	77,15	6,44	1,27	0,85	11,42	13,74
80	0,24	3,83	74,93	6,96	0,74	1,39	12,15	14,28
100	0,20	3,84	78,70	4,57	1,26	0,77	10,86	12,89
120	0,14	2,88	83,19	2,27	0,97	1,02	9,67	11,66
140	0,15	1,35	83,64	3,25	0,37	1,22	10,17	11,76
160	0,15	3,02	84,54	2,06	0,81	0,80	8,77	10,38

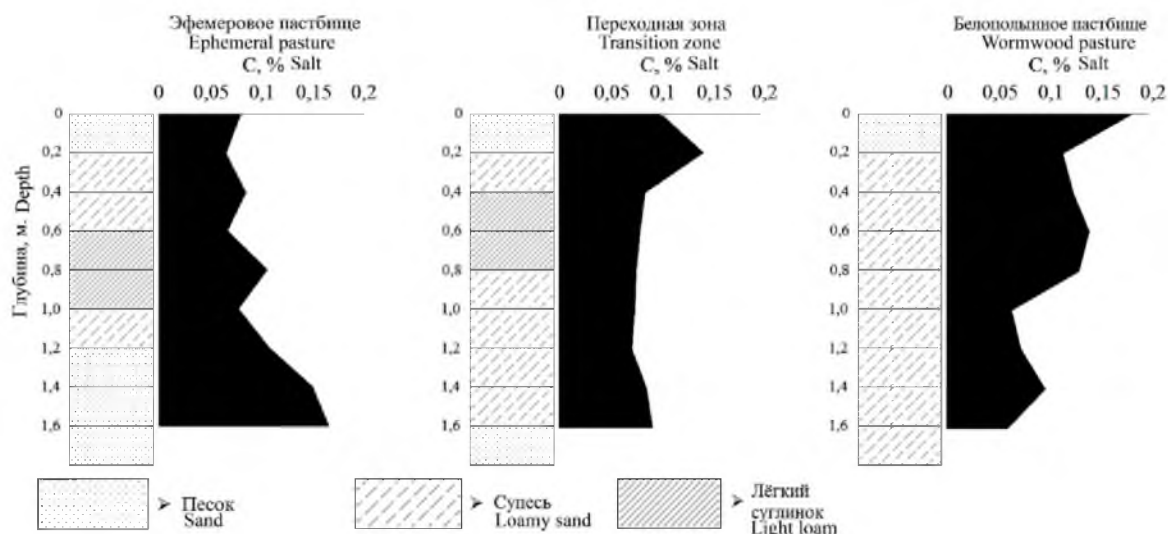


Рисунок 2– Валовое содержание водно-растворимых солей (C, %) в почвогрунте

Figure 2– Gross content of water-soluble salts (C,%) in soil

Плотный остаток водной вытяжки в верхнем полуметровом слое почвы не превышает 0,1 %. Реакция водной вытяжки (рН) в слое почвы 0-1,5 м нейтральная и составляет 6-7.

Таблица 3 – Динамика влажности почвы и запасов продуктивной влаги на ключевых участках, май 2018 г.

Table 3 – Dynamics of soil moisture and reserves of productive moisture in key areas, May 2018

Горизонт, см Horizon, cm	Эфемеровое пастбище Ephemeral pasture				Переходная зона Transitional zone				Белополюнное пастбище Wormwood Pasture			
	В, %	ВЗ, %	Пр.В %	Д.В, мм	В, %	ВЗ, %	Пр.В %	Д.В, мм	В, %	ВЗ, %	Пр.В %	Д.В, мм
0 – 5	3,00	1,08	1,92	1,44	2,43	1,39	1,04	0,78	2,22	1,17	1,05	0,79
5 – 20	3,29	1,57	1,72	3,87	3,58	2,16	1,42	3,19	2,23	1,66	0,57	1,27
20 – 40	9,20	3,17	6,03	18,08	11,02	6,50	4,52	13,55	3,26	1,70	1,56	4,67
40 – 60	11,53	4,05	7,48	22,45	9,09	5,03	4,06	12,19	5,85	2,02	3,83	11,50
60 – 80	9,51	6,96	2,55	7,65	6,16	2,27	3,89	11,68	5,72	2,10	3,62	10,85
80 – 100	4,63	1,62	3,01	9,04	5,32	1,87	3,45	10,36	5,93	1,89	4,04	12,13
100 – 120	3,18	1,42	1,76	5,29	4,23	1,80	2,43	7,30	5,98	1,72	4,26	12,79
120 – 140	3,26	1,35	1,91	5,72	5,61	2,58	3,03	9,08	5,39	1,73	3,66	10,98
140 – 160	4,01	1,44	2,57	7,71	3,09	1,43	1,66	4,99	5,14	1,55	3,59	10,76
0-60	-	-	-	45,84	-	-	-	29,71	-	-	-	18,23
60-100	-	-	-	39,14	-	-	-	34,23	-	-	-	34,48
0-160	-	-	-	81,25	-	-	-	73,12	-	-	-	75,74

Примечание – В – валовая влажность почв %; ВЗ – влажность завядания %; Пр.В – продуктивная влажность %, Д.В. – содержание доступной почвенной влаги мм.

Запасы почвенной влаги определялись в мае до глубины – 1,6 м и в сентябре до глубины 3,0 м. В весенний период глубина сухого горизонта почвогрунта не распространялась глубже 0,2 м на эфемеровом пастбище и в переходной зоне. Бурение (25.05) среди густой невысокой полыни показало, что верхний 0,4 м слой супесчаной почвы почти иссушен, но ниже влажность грунта остается высокой. К началу сентября почвогрунт оказал-

ся сухим до глубины 0,5 м. Средняя валовая почвенная влажность (%) в слое 0-160 см составила в мае 5,5 %, в сентябре – 4 %, в слое 160-300 см – 6-7 %, на белопольном пастбище – 4,7 %. Повышенная сумма июльских осадков (62,7 мм) не сказалась на увлажнении. Осадки второй половины лета, когда им предшествует длительный период без дождей, не успевают глубоко просачиваться в иссушенную почву и быстро испаряются.

Таким образом, результаты исследований показали, что в мае 2018 г. содержание доступной почвенной влаги на эфемеровом пастбище около 81 мм, в переходной зоне – около 73 мм, на белопольном пастбище – 76 мм. В сентябре содержание доступной почвенной влаги в слое 0-160 см на эфемеровом пастбище 58 мм, в переходной зоне – 50 мм, на белопольном пастбище – 48 мм. На эфемеровом пастбище и в переходной зоне влаги больше, чем на белопольном пастбище. Это объясняется потреблением продуктивной влаги полынью белой.

Заключение. Анализ гранулометрического состава зональных светло-каштановых и бурых полупустынных почв выявил, что в горизонте (от 0-5 до 60 см) наибольшую долю составляют фракции размером 0,25-0,05 мм. Так, на эфемеровом пастбище они достигают 88,76 %, в переходной зоне – 85,54 %; на белопольном пастбище – 84,54 %. Исследования водно-солевого режима супесчаных почв территории показали, что в их профиле отсутствуют признаки накопления солей. Это подтверждается низкими значениями сухого остатка. Зона аэрации промочена на значительную глубину. Основным препятствием формирования продуктивного растительного покрова является продолжительная засуха и повышенная пастбищная нагрузка. Для обеспечения повышения эффективности фитоценоза, как части экосистемы, состоящей из эдафотопы (почвенная среда), климатопы (климатические условия), целесообразно проводить фитомелиоративные работы на пастбищных землях и очагах дефляции.

Библиографический список

1. Беляков А.М., Кошелев А.В. О деградации и дефляции почв Нижнего Поволжья // Эволюция и деградация почвенного покрова: сборник научных статей по материалам V Международной научной конференции. 2017. С. 189-191.
2. Васильев Ю.И., Сарычев А.Н., Волошенкова Т.В. Моделирование продукционной составляющей озимой пшеницы с учетом колебаний влажностно-термического режима // Вестник РАСХН. 2014. №6. С. 9-11.
3. Власенко М.В., Турко С.Ю. Перспективы развития селекции и семеноводства многолетних кормовых лугопастбищных трав в аридных условиях Нижнего Поволжья // Вестник мясного скотоводства. 2015. Вып. 3(91). С. 119-125.
4. Власенко М.В., Турко С.Ю. Методическая основа исследования влияния эдафического фактора на биоценотические процессы в искусственных кормовых ценозах // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия/ РосНИИПМ, Новочеркасск, 2015. Вып. 1(57). С. 104-110.
5. Кретинин В.М. Полевые и лабораторные материалы для составления красной книги почв волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 81-85.
6. Манаенков А.С. Лесомелиорация арен засушливой зоны. 2-е издание переработанное и дополненное / ВНИАЛМИ. Волгоград, 2018. 428 с.
7. Петров В.И., Кулик А.К., Власенко М.В. Агроресурсный потенциал и фитомелиоративная реконструкция пастбищных угодий Волгоградского Заволжья // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 1 (65). С. 111-116.
8. Петров В.И., Кулик А.К., Власенко М.В. Гидрохимический анализ заросших песков бажиганского массива с глубоким и близким залеганием грунтовых вод // Аграрная Россия. 2018. № 9. С. 3-8.
9. Радочинская, Л.П., Кладиев А.К., Рыбашлыкова Л.П. Интродуцированные виды трав и их сорта для улучшения деградированных пастбищ Восточного Предкавказья // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 1(78). С. 61-68.

10. Рыбашлыкова Л.П., Сивцева С.Н. Интродуцированные виды трав и их сорта для улучшения деградированных пастбищ Восточного Предкавказья // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2018. № 1(13). С.35–41.

11. Турко С.Ю., Власенко М.В., Петров В.И. Имитационное моделирование функционирования системы «пастбище – животные» // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). С. 101-108.

12. Турко С.Ю., Трубакова К.Ю. Математическое моделирование в оптимизации использования пастбищ // Вестник Башкирского ГАУ. 2017. № 2 (42). С. 30-34.

13. Турко С.Ю., Трубакова К.Ю. Моделирование функционирования пастбищ в целях прогнозирования их состояния при хозяйственной эксплуатации // Вестник Башкирского ГАУ. 2018. №1 (45). С. 33-38.

14. Yan Q, Zhu J, Zheng X & Jin C. Causal effects of shelter forests and water factors on desertification control during 2000–2010 at the horqin sandy land region, China //Journal of Forestry Research. 2015. Vol. 26. No 1. P. 33-45. DOI:10.1007/s11676-014-0012-x.

15. Sapanov M. K., Sizemskaya M. L., Akhmedenov K. M. Reclamation Stades and Modern Use of Arid Lands in the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2015. Vol. 5. No 3. P 188-193.

16. Sapanov M. K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region //Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No 1. P. 13-21.

Reference

1. Belyakov A. M., Koshelev A. V. O degradacii i deflyacii pochv Nizhnego Povolzh'ya // jevoluciya i degradaciya pochvennogo pokrova: sbornik nauchnyh statej po materialam V Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. 2017. P. 189-191.

2. Vasil'ev Yu. I., Sarychev A. N., Voloshenkova T. V. Modelirovanie produkcionnoj sostavlyayushej ozimoy pshenicy s uchetoм kolebanij vlazhnostno-termicheskogo rezhima // Vestnik RASXN. 2014. №6. P. 9-11.

3. Vlasenko M. V., Turko S. Yu. Perspektivy razvitiya selekcii i semenovodstva mnogoletnih kormovyh lugopastbischnyh trav v aridnyh usloviyah Nizhnego Povolzh'ya // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2015. Vyp. 3(91). P. 119-125.

4. Vlasenko M. V., Turko S. Yu. Metodicheskaya osnova issledovaniya vliyaniya [daficheskogo faktora na biocenoticheskie processy v iskusstvennyh kormovyh cenozaх // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya/ RosNIIPM, Novoчерkassk, 2015. Vol. 1(57). P. 104-110.

5. Kretinin V. M. Polevye i laboratornye materialy dlya sostavleniya krasnoj knigi pochv Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 1 (45). P. 81-85.

6. Manaenkov A.S. Lesomelioraciya aren zasushlivoj zony. 2-e izdanie pererabotannoe i dopolnennoe / VNIALMI. Volgograd, 2018. 428 p.

7. Petrov V.I., Kulik A.K., Vlasenko M.V. Agrolesursnyj potencial i fitomeliorativnaya rekonstrukciya pastbischnyh ugodij Volgogradskogo Zavolzh'ya // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2017. № 1 (65). P. 111-116.

8. Petrov V. I., Kulik A. K., Vlasenko M. V. Gidrohimičeskij analiz zarosshih peskov bazhiganskogo massiva s glubokim i blizkim zaleganiem gruntovyh vod // Agramaya Rossiya. 2018. № 9. P. 3-8.

9. Radochinskaya, L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Introducirovannye vidy trav i ih sorta dlya uluchsheniya degradirovannyh pastbisch Vostochnogo Predkavkaz'ya // Aridnye jekosistemy. 2019. Vol. 25. № 1(78). P. 61-68.

10. Rybashlykova L. P., Sivceva S. N. Introducirovannye vidy trav i ih sorta dlya uluchsheniya degradirovannyh pastbisch Vostochnogo Predkavkaz'ya // Vestnik Marijskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sel'skohozyajstvennye nauki. jekonomicheskie nauki. 2018. № 1(13). P. 35-41.

11. Turko S. Yu., Vlasenko M. V., Petrov V. I. Imitacionnoe modelirovanie funkcionirovaniya sistemy “pastbische - zhivotnye” // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 3 (43). P. 101-108.

12. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Matematicheskoe modelirovanie v optimizacii ispol'zovaniya pastbisch // Vestnik Bashkirskogo GAU. 2017. № 2 (42). P. 30-34.

13. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Modelirovanie funkcionirovaniya pastbishch v celyah prognozirovaniya ih sostoyaniya pri hozyajstvennoj jkspluatacii // Vestnik Bashkirskogo GAU. 2018. №1 (45). P. 33-38.

14. Yan Q, Zhu J, Zheng X & Jin C. Causal effects of shelter forests and water factors on desertification control during 2000–2010 at the horqin sandy land region, China // Journal of Forestry Research. 2015. Vol. 26. No 1. P. 33-45. DOI: 10.1007/s11676-014-0012-x.

15. Sapanov M. K., Sizemskaya M. L., Akhmedenov K. M. Reclamation Stades and Modern Use of Arid Lands in the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2015. Vol. 5. No 3. P 188-193.

16. Sapanov M. K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2018. Vol. 8. No 1. P. 13-21.

Информация об авторах

Рыбашлыкова Людмила Петровна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (РФ, 400062, Волгоград, проспект Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3675-6243> ludda4ka@mail.ru

Турко Светлана Юрьевна, научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (РФ, 400062, Волгоград, проспект Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2546-4755> turkosvetlana73@mail.ru

Петров Владимир Иванович, главный научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (РФ, 400062, Волгоград, проспект Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0493-1219> petrov-v@vfanc.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 582.093:581.52(571.5)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-22

РЕАКЦИЯ КУСТАРНИКОВЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ МОНГОЛЬСКОЙ ФЛОРЫ НА ВОЗДЕЙСТВИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ

THE REACTION OF THE SHRUBBY SPECIES OF MONGOLIAN FLORA ON THE INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS EASTERN TRANSBAIKALIA

¹Е.А. Банщикова, младший научный сотрудник

²О.Ф. Буторова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹E.A. Banshchikova, ²O.F. Butorova

¹Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения РАН, г. Чита

²Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева,
г. Красноярск

¹Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch RAS, Chita

²Siberian State University of Science and Technology named after academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk

Дата поступления в редакцию 07.05.2019

Дата принятия к печати 05.08.2019

Received 07.05.2019

Submitted 05.08.2019

Основной целью данного исследования являлось изучение реакции кустарниковых видов растений монгольской флоры на модельном участке (в дендрарии) Ингодинского лесного стационара Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук (ИПРЭК СО РАН) на воздействие региональных климатических факторов Восточного Забайкалья. Методической базой послужили регулярные многолетние фенологические наблюдения за сезонным ростом и развитием интродуцентов. В данной статье представлены результаты 5-летних фенологических наблюдений за сезонной жизнью кустарниковых растений-

интродуцентов в условиях Восточного Забайкалья на модельном участке – дендрарии ИПРЭК СО РАН. Были изучены основные фенологические показатели вегетационного периода у четырех представителей монгольской флоры из семейства *Rosaceae*: абрикос сибирский (*Armeniaca sibirica* Lam.), миндаль черешковый (*Amygdalus pedunculata* Pallas), рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia* A. Braun), спирея шелковистая (*Spiraea sericea* Turcz.). Графическим представлением проведенных исследований явилось составление фенологических спектров, характеризующих экологический и адаптационный потенциалы наблюдаемых растений. Также были проанализированы погодные данные основных метеорологических параметров за 2014-2018 гг. (среднемесячные показатели по температуре и сумме осадков). Особое внимание было уделено выявлению варьирования фенологических дат начала и окончания вегетационного периода, наблюдаемого у всех представленных видов. Среди представителей монгольской флоры наиболее вариабельными по срокам наступления основных фенологических фаз является *Armeniaca sibirica*, *Amygdalus pedunculata* и *Sorbaria sorbifolia*. Минимальной индивидуальной изменчивостью отличаются *Spiraea sericea*. Установлено, что у изучаемых фенофаз наибольшей индивидуальной изменчивостью отмечаются фазы «расцветивание осенних листьев», «начало и окончание листопада». На основе полученных данных было выявлено, что изучаемые виды древесных растений, произрастающие в дендрарии Ингодинского лесного стационара, относительно спокойно реагируют на перепады температур воздуха, а также на засушливые периоды года, растения своевременно проходят фенологические фазы, включая одревеснение побегов и окончание листопада.

The main purpose of this study was to study the reaction of shrub species of Mongolian flora on the model site (in the arboretum) Institute of natural resources, ecology and Cryology the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (INREC SB RAS) on the impact of regional climatic factors of the Eastern Transbaikalia. Regular long-term phenological observations of seasonal growth and development of introducents served as a methodological basis. This article presents the results of 5-year phenological observations of the seasonal life of shrub plants-introducents in the conditions of Eastern Transbaikalia in the model area – arboretum INREC SB RAS. The main phenological parameters of the vegetation period in four representatives of the Mongolian flora from the *Rosaceae* family: Siberian apricot (*Armeniaca sibirica* Lam) were studied using the methods.), almonds petiolate (*Amygdalus pedunculata* Pallas), mountain ash (*Sorbaria sorbifolia* A. Braun), spirea silky (*Spiraea sericea* Turcz.). A graphical representation of the studies was the preparation of phenological spectra characterizing the ecological and adaptive potential of the observed plants. Also, weather data of the main meteorological parameters for 2014-2018 (monthly averages of temperature and precipitation) were analyzed. Particular attention was paid to the identification of the variation of phenological dates of the beginning and end of the growing season observed in all species. Among the representatives of the Mongolian flora the most variable in terms of the onset of the main phenological phases is *Armeniaca sibirica*, *Amygdalus pedunculata* and *Sorbaria sorbifolia*. Minimum individual variability differ *Spiraea sericea*. It was found that the studied phenological stages the highest individual variability is marked phase "colorization autumn leaves," "the beginning and the end of the fall". On the basis of the obtained data it was revealed that the studied species of woody plants growing in the arboretum of the Ingodinsky forest establishment, relatively calmly react to changes in air temperatures, as well as to the dry periods of the year, the plants undergo phenological phases in a timely manner, including the lignification of shoots and the end of leaf fall.

Ключевые слова: дендрарии, Восточное Забайкалье, индикаторы климата, фенология.

Key words: arboretum, Eastern Transbaikalia, climate indicators, phenology.

Работа выполнена в рамках Государственного задания IX.137.1.1 «Биоразнообразие природных и природно-техногенных экосистем Забайкалья (Центральной Азии) как индикатор динамики региональных изменений климата»

Цитирование. Банщикова, Е.А., Буторова, О.Ф. Реакция кустарниковых видов растений монгольской флоры на воздействие климатических факторов Восточного Забайкалья. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 174-184. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-22.

Citation. Bانشchikova, E.A., Butorova, O.F. The reaction of the shrubby species Mongolian flora on the influence of climatic factors Eastern Transbaikalia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 174-184. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-22.

Введение. Растительный покров России довольно разнообразен, что, прежде всего, обусловлено значительной протяжённостью её территории с севера на юг (где формируется широтная зональность растительного покрова, связанная с закономерным увеличением количества тепла при продвижении к югу) и с запада на восток (особенности растительного покрова определяются уменьшением количества выпадающих осадков по направлению с запада на восток). Особенности состава и структуры растительного покрова отдельных географических регионов России определяются также рельефом, почвой, геологической историей, воздействием человека [2].

Изучение видового разнообразия растений в определенной местности позволяет выявить некоторые их биологические особенности, экологию растений. Очень важно учитывать экологические особенности климатипов при интродукции, так как различные климатипы совершенно по-разному приспосабливаются к новым климатическим условиям за пределами естественного ареала. Это обуславливает необходимость изучения адаптационных способностей интродуцентов и отбора наиболее ценных экземпляров с целью их сохранения и размножения [6].

Целью данной работы явилось изучение реакции кустарниковых видов растений монгольской флоры на модельном участке (в дендрарии) Ингодинского лесного стационара Института природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук (ИПРЭК СО РАН) на воздействие региональных климатических факторов Восточного Забайкалья. Ранее некоторые представители монгольской флоры были интродуцированы с разных городов нашей страны на территорию модельного участка с целью их исследования.

Изучение монгольской флоры в целом и её отдельных представителей, произрастающих в условиях Восточного Забайкалья, заставляет обратить внимание на её видовое многообразие. Растительность Монголии весьма пестра и представляет собой смесь горной, степной и пустынной с включениями сибирской тайги в северных районах [4].

Особенности фенологического развития учитываются при оценке перспективности использования древесных растений в новых условиях. Реакцию растений на изменения климата изучают посредством постоянных фенологических наблюдений [3]. В период роста и развития растений-интродуцентов отображается их реакция на региональные природно-климатические условия. Выявление границ толерантности той или иной фенологической фазы в зависимости от погодных условий позволяет установить степень приспособленности вида к местным условиям произрастания [9].

Модельный участок, на котором проводятся интродукционные работы, располагается на Ингодинском лесном стационаре и имеет площадь 2,8 га. Расположен стационар в соответствии с Приказом Минсельхоза Российской Федерации от 04.02.2009 г. № 37 «Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации» в южно-сибирской горной зоне, в Забайкальском горном лесном районе в 40 км на юго-запад от г. Читы, на правом берегу среднего течения р. Ингода (приток р. Амур) и нижнего течения р. Каково, на юго-западном склоне хребта Черского (51°51' с.ш., 113°10' в.д.) на высоте 700-800 м над уровнем моря, постепенно переходящего в надпойменную террасу. Общая площадь земельного участка стационара – 5,8 га (рисунок 1).

По лесорастительному районированию Восточного Забайкалья территория модельного участка – дендрария относится к Забайкальскому горному лесному району с жесткими природно-климатическими условиями: неравномерным распределением осадков в го-

дичном цикле (годовое количество осадков составляет 310-340 мм, из которых в мае-июне выпадает всего 20-40 мм, в августе-сентябре – до 230 мм); большими колебаниями температуры в течение года и вегетационного периода (среднегодовая температура воздуха – отрицательная ($-2,7^{\circ}\text{C}$), в марте-апреле температура воздуха в течение суток колеблется от минус $15-20^{\circ}\text{C}$ до $+10-15^{\circ}\text{C}$, в сентябре-октябре – от минус $10-15^{\circ}\text{C}$ до плюс $15-20^{\circ}\text{C}$; наличием поздне-весенних (май-июнь) и ранне-осенних (август-сентябрь) заморозков (продолжительность безморозного периода составляет 65-75 дней) и низкой относительной влажностью воздуха весной (в апреле-июне 15-25 %) [10].

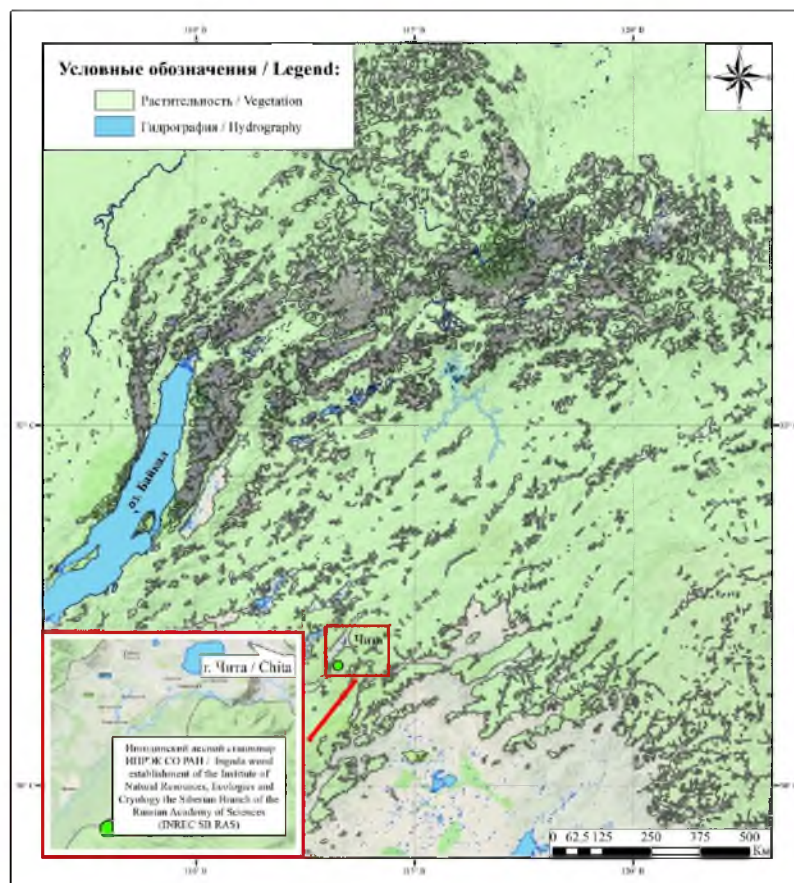


Рисунок 1 – Схема расположения Ингодинского лесного стационара ИПРЭК СО РАН на территории Восточного Забайкалья

Figure 1 – Location scheme of the Ingodinsky Forest Station of Federal State Budgetary Institution of Science

Материалы и методы. В результате многолетней интродукционной работы в дендрарии Ингодинского лесного стационара собрана большая коллекция деревьев и кустарников различного географического происхождения, которая в настоящее время является хорошей базой для углубления исследований по интродукции и акклиматизации. В перечень произрастающих в дендрарии различных интродуцентов входят представители монгольской флоры, среди которых объектами исследований послужили следующие красивоцветущие, плодово-ягодные виды из семейства розоцветные (*Rosaceae*): абрикос сибирский (*Armeniaca sibirica* Lam.), миндаль черешковый (*Amygdalus pedunculata* Pallas), рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia* A. Braun), спирея шелковистая (*Spiraea sericea* Turcz.) и другие.

Регулярные многолетние исследования за сезонным ростом и развитием интродуцентов проводили по общепринятым методикам фенологических наблюдений [5, 11]. Для написания данной статьи были использованы результаты фенологических наблюдений за последние пять лет (2014-2018 гг.). В ходе проведения наблюдений у изучаемых растений анализировали следующие фенологические фазы: набухание вегетативных почек, их распускание, разворачивание первых листьев, полное облиствение, цветение (начало, массовое, конец), формирование плодов и семян, их созревание, расцветивание осенних листьев, начало и окончание листопада. Началом вегетационного периода принято считать с момента наступления фазы «распускание вегетативных почек», окончанием – фазу «конец листопада» [12].

Изучение зависимости развития растений от условий окружающей среды, а также взаимосвязь с региональными климатическими параметрами проводилось по исследованиям [13, 14, 15].

Результаты и обсуждение. *Armeniaca sibirica* – восточно-азиатский лесостепной вид. Ареал дизъюнктивный. Вне России отмечен в Северной, Восточной и Юго-Восточной Монголии, в Китае – в бассейне р. Суангри, в отрогах хребта Циньлин. В России произрастает в Республике Бурятия и Приморском крае. Встречается в южных и юго-восточных районах Забайкальского края. Исключительно зимостоек, засухоустойчив, светолюбив, малотребователен к почве и влаге. Произрастает на южных макросклонах хребтов на высоте 600-900 м н.у.м., на горно-каштановых мучнисто-карбонатных почвах. Образует сообщества кустарниковых зарослей, растет в травянистых степных сообществах и в светлохвойных лесах на крутых каменистых и щебенистых склонах преимущественно южной экспозиции. Цветет до распускания листьев, в первой-второй декадах мая. Плоды созревают в августе, часто лопаются и опадают. Мякоть съедобная. Размножается семенами, дает поросль от пня. Реликтовый, краснокнижный вид, имеющий категорию и статус 2 – уязвимый вид. Декоративен [1, 7].

Amygdalus pedunculata отмечен в Восточной Сибири, Монголии. Произрастает по степным и южным каменистым склонам, скалам с разреженными зарослями. Обитает преимущественно на почвах с большим количеством соединений кальция, а также в местах выхода таких веществ, как мел, мергели и известняки. Светолюбив, засухоустойчив, способен переносить длительную засуху и длительное влияние высоких температур, относительно зимостоек. Листья начинают расти после цветения. Размножается семенами и порослью. Используется в народной медицине [1; 8].

Sorbaria sorbifolia распространен в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке и Северной Монголии. Морозостойкий, быстрорастущий, газо-, засухоустойчивый. Предпочитает плодородные почвы, способен переносить несильное затенение. Произрастает в лесу, по берегам рек и ручьев, в россыпях небольшими группами, образует заросли. Вегетационный период начинается в самом начале весны. Период цветения – июнь-июль. Семена созревают в августе. Листопад происходит в октябре. Размножается семенами, корневыми отпрысками, корневыми черенками и одревесневшими черенками побегов. Хуже укореняется в слишком закисленном и обедненном грунте. Благодаря высоким фитонцидным свойствам, растение обладает мощным иммунитетом к различным заболеваниям и паразитирующим вредителям. Медонос. Декоративный кустарник одиночных и групповых посадок.

Spiraea sericea – произрастает в лесостепном и лесном поясах на открытых каменистых, степных и закустаренных склонах, в разреженных сухих лесах. Распространен в Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, Северной Монголии, в Маньчжурии. Цветет – май-июнь. Плоды созревают в конце августа. Размножается семенами, летни-

ми черенками, корневыми отпрысками, пневой порослью. Растение зимостойкое, засухоустойчивое, солеустойчивое, светолюбивое, теневыносливое, среднетребовательное к почве и влаге, дымостойкое и газоустойчивое. Хорошо переносит городские условия. Закрепителль почв. Медонос. Используется в озеленении как декоративное растение в одиночных и групповых посадках, живых изгородях в период цветения, плодоношения и осеннего расцвечивания листьев [1, 7].

Анализ погодных данных основных метеопараметров за 5-летний вегетационный период (2014-2018 гг.) показал, что в 2014 г., несмотря на резкое повышение температуры воздуха в апреле на 4,7 °С выше нормы; в мае, особенно в первой декаде, температура воздуха была ниже, чем в 2015-2018 гг. на 3,3-4,4 °С в сочетании с недостаточным количеством осадков. Наиболее теплым и влажным был май в 2017-2018 гг.

Июнь характеризовался прохладной в 2016 г. и сухой погодой в 2014 г. В июле отмечено повышение температуры воздуха на 3,6 °С по сравнению с нормой при пониженном количестве осадков. Зато в 2018 г. осадков выпало в 2,2 раза больше среднего многолетнего значения.

Характеристика погодных условий приведена ниже (рисунок 2).

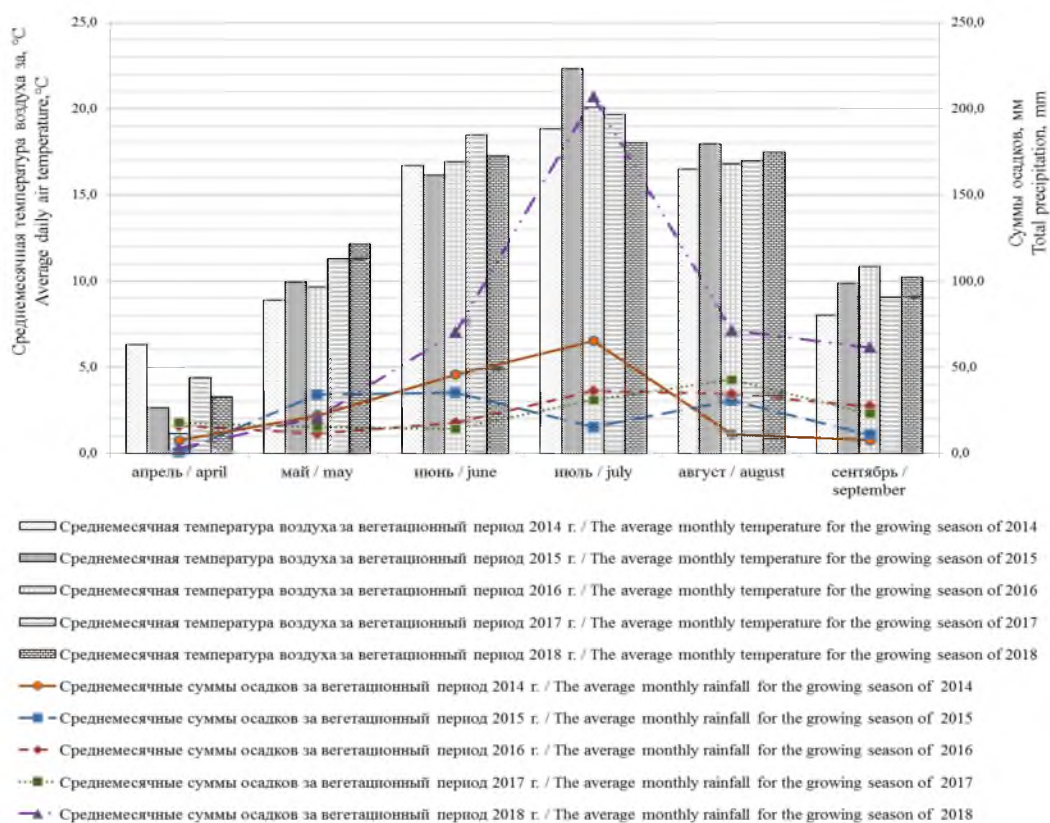


Рисунок 2 – Характеристика погодных условий за вегетационные периоды 2014-2018гг.

Figure 2 – Characteristics of weather conditions for the growing periods of 2014-2018.

В результате проведенных фенологических наблюдений в дендрарии за представителями монгольской флоры установлено, что в зависимости от вегетационного периода значительно изменяются сроки и продолжительность фенологических фаз. Отмечено, что фазы «весеннее набухание вегетативных почек», их «распускание» и «появление первых листьев» наблюдается в первую очередь у *Spiraea sericea* и *Sorbaria sorbifolia* и продолжается со второй декады апреля по вторую декаду мая, затем – у *Amygdalus pedunculata* и

Armeniaca sibirica (с третьей декады апреля по вторую декаду июня). Период от начала вегетации (фаза «набухание вегетативных почек») до зацветания имеет различные промежутки у представителей семейства *Rosaceae* и варьирует в пределах (в порядке увеличения): от 20 до 30 суток (*Amygdalus pedunculata*), от 25 до 35 суток (*Spiraea sericea*) и самый длительный 77-98 суток (*Sorbaria sorbifolia*). Необходимо отметить известный всем факт, что у *Armeniaca sibirica* вначале распускаются генеративные почки (и фиксируется фаза «начало цветения»), а затем вегетативные (фаза «распускание первых листьев», период которой длится от 15 до 20 суток), в тот момент, когда у многих растений происходит период сокодвижения, набухания и распускания листьев. В момент фенологических наблюдений в разные годы случалось так, что упомянутые две фазы протекали либо последовательно, либо параллельно. Следующая фиксируемая фаза «цветение» у изучаемых видов длилась практически одинаково (в порядке последовательности): в период с конца апреля и до конца мая в течение 18-20 дней цветет *Armeniaca sibirica*; с конца мая – начала июня от 15 до 20 дней цветет *Amygdalus pedunculata*; одновременно с ним – *Spiraea sericea* (10-26 дней) иногда до середины июня (например, как в 2016 году); позже всех зацветает *Sorbaria sorbifolia* – с начала июля и до середины августа (20-25 дней). Фаза «формирование плодов и семян» у плодово-ягодных видов происходит после цветения в конце мая – начале июня, довольно непродолжительно в течение двух недель, и затем наступает фаза «созревание плодов и семян», наблюдаемая в период с середины июня по первую декаду сентября. Общее количество затрачиваемого времени на эти две фазы: у *Armeniaca sibirica* – 45-60 суток, *Amygdalus pedunculata* – 70-85 суток. Период фазы «формирование плодов и семян» начинается у *Spiraea sericea* с начала июня (например, как в 2018 г.) или же с конца июня (как в 2014 и 2016 гг.), плавно переходя в фазу «созревание плодов и семян», продолжительность которой длится от 1,0 до 1,5 месяца. К началу сентября вызревшие семена осыпаются. У *Sorbaria sorbifolia* формирование плодов и семян происходит с начала августа (например, как в 2015 г.) и может длиться до конца августа. Полное созревание плодов завершается к концу сентября. Высохшие отцветшие соцветия могут продержаться на ветвях всю зиму до следующего года, поэтому с эстетической стороны в практике озеленения, как правило, их удаляют.

Одной из завершающей фазой вегетационного периода является «осенняя окраска листьев», которая была отмечена: у *Armeniaca sibirica* в третьей декаде августа (2014 г.) и начале сентября (2015-2018 гг.), длительность которой не превышала 14 суток; у *Amygdalus pedunculata* – со второй декады августа по первую декаду сентября (2014 и 2016 гг.), либо с первой декады сентября по вторую декаду сентября (2015, 2017 и 2018 гг.) с продолжительностью от 7 до 15 суток; *Sorbaria sorbifolia* в этой фазе оказался наиболее переменчивым – с третьей декады августа по первую декаду сентября (2016 г.), с первой декады по вторую декаду сентября (2014, 2018 гг.), со второй по третью декаду сентября (2015, 2017 гг.) в течение от 8 до 17 суток; у *Spiraea sericea* было отмечено более раннее расцвечивание листьев – в середине августа (2014-2016 гг.) по началу сентября в течение трех недель, в остальные годы длительность этой фазы заметно сместилась на начало сентября и сократилась до одной недели.

Финальной фазой периода вегетации считается листопад, начало которого было нестабильно у *Amygdalus pedunculata* и *Sorbaria sorbifolia* – то в первой декаде сентября, то в третьей, в зависимости от года. *Armeniaca sibirica* отмечен практически одинаковыми датами наступления «начала» и «окончания» этой фазы (за исключением 2014 г.), с протяженностью в одну неделю. Листопад у *Spiraea sericea* начинается намного позже и длится дольше всех представленных видов растений – с середины сентября до середины октября, занимая чуть меньше двух недель.

По данным натурных наблюдений и периодического фиксирования фенодат, были построены фенологические спектры исследуемых видов. Опираясь на полученный результат и обобщённые знания, подобное наглядное представление о сроках прохождения основных фенофаз позволяет в практике озеленения, формировать смешанные композиции из красивоцветущих древесных и кустарниковых растений, декоративных в разные периоды вегетации – цветения, осеннего расцветивания листьев и др. (рисунок 3).

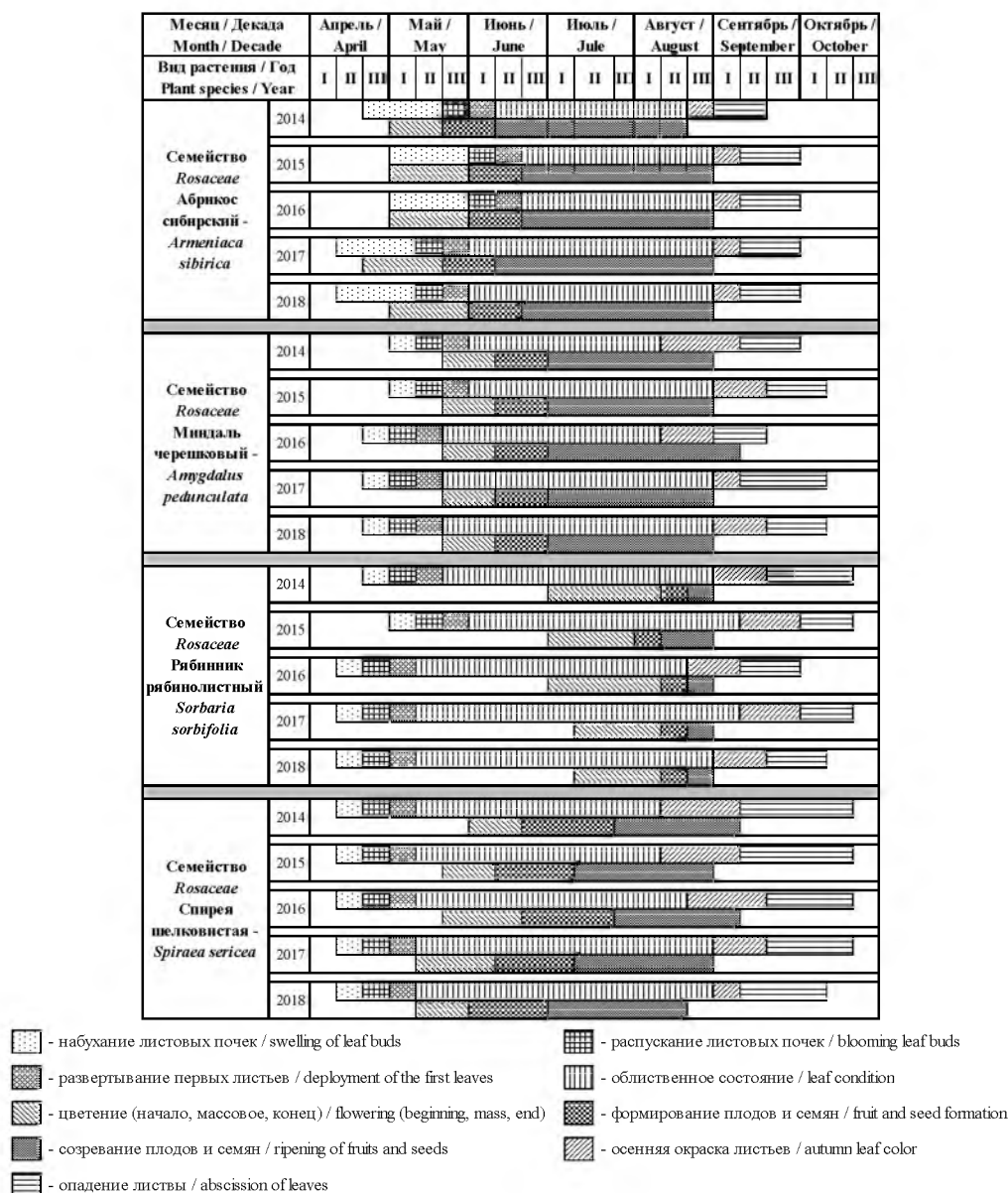


Рисунок 3 – Фенологические спектры кустарниковых видов растений монгольской флоры на модельном участке (в дендрарии) Ингодинского лесного стационара (ИПРЭК СО РАН)

Figure 3 – Phenological spectra of shrub species of plants of the Mongolian flora at the model site (in the arboretum) of the Ingodinsky forest hospital

В сентябре 2016 года температура и относительная влажность воздуха были немного выше, чем в другие годы и на феноспектре у некоторых представителей хорошо заметно некоторое смещение конечных фенофаз, таких как «осенняя окраска листьев» и «опадение листьев» (*Sorbaria sorbifolia* и *Spiraea sericea*).

Анализируя индивидуальную фенологическую изменчивость представителей монгольской флоры за последние пять лет, было выявлено следующее, что наступление первоначальных фаз вегетационного периода, таких как «набухание вегетативных почек», «распускание вегетативных почек», «развертывание первых листьев» и «начало облиственного состояния» стабильное только у *Spiraea sericea*. Устойчивым периодом зацветания отличается *Amygdalus pedunculata*, как и началом формирования и созревания плодов, семян. Следующие фенологические фазы «осенняя окраска листьев» и «опадение листьев» также имеют постоянства по годам. Например, наиболее неизменным по продолжительности и окончанию фаз являются особи вида *Armeniaca sibirica*.

Заключение. Таким образом, варьирование фенодат начала и окончания вегетационного периода наблюдается у всех представленных видов. Наиболее вариабельными по срокам наступления основных фенологических фаз за период с 2014 по 2018 гг. среди представителей монгольской флоры является *Armeniaca sibirica*, *Amygdalus pedunculata* и *Sorbaria sorbifolia*. Минимальной индивидуальной изменчивостью отличаются *Spiraea sericea*. Наибольшей индивидуальной изменчивостью характеризуются фенофазы «расцветивание осенних листьев», «начало и окончание листопада». Как показали исследования, изучаемые виды древесных растений, произрастающие в дендрарии Ингодинского лесного стационара, относительно спокойно реагируют на перепады температур воздуха, а также на засушливые периоды года, растения своевременно проходят фенологические фазы, включая одревеснение побегов и окончание листопада.

Библиографический список

1. Бобринев В.П., Пак Л.Н., Банщикова Е.А. Древесная флора Забайкальского края / Забайкал. гос. ун-т. Чита, 2016. 215 с.
2. Большая Российская библиотека [Электронный ресурс]. Режим допуска: URL: <https://bigenc.ru/text/3038905> (18.03.19).
3. Бухарова Е.В., Куркина И.И. Мониторинг фенологических явлений в жизни растений в Баргузинском заповеднике // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география, 2018. № 1. С. 9-26.
4. Геворкян И.С. Краткий очерк растительного и животного мира Монголии [Электронный ресурс] // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. 2015. Т. 8. – Вып. 2. Режим доступа: 2227-9490e-aprov_e-ast8-2.2015.101. С. 7-15.
5. Изучение фенологии яблони на коллекционном участке Ботанического сада имени Вс. М. Крутовского / О.Ф. Буторова, Н.П. Братилова, М.В. Репях, Н.А. Гурьева // Международный технико-экономический журнал, 2017. № 2. С. 137-141.
6. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н., Томошевич М.А. Очередные задачи интродукции древесных растений в Азиатской России // Сибирский экологический журнал. 2011. № 2. С. 147-170.
7. Коропачинский И. Ю., Встовская Т. Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2012. 707 с.
8. Красная книга России [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://ecoportal.info/mindal-chereshkovyj> (29.03.19).
9. Лазарева С.М. Использование методик обработки данных фенологических наблюдений (на примере представителей семейства *Pinaceae* Lindl.) // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология, 2011. Т. 4. № 2. С. 56-65.
10. Пак Л.Н. Итоги интродукции амурской дендрофлоры в дендрарии Ингодинского стационара // Вестник ИрГСХА. 2011. № 44-2. С. 113-120.
11. Семенютина А.В., Соломенцева А.С. Рост и фенологическое развитие интродуцированных видов шиповников (*Rosa L.*) в условиях Волгоградской области // Лесной журнал. 2018. № 5. С. 105-115.
12. Феноиндикация изменений климата за период 1976-2015 гг. в Центральной части Европейской территории России: береза бородавчатая (повислая) (*betula verrucosa ehrh. (b. pendula roth.)*), черемуха обыкновенная (*padus avium mill*), рябина обыкновенная (*sorbus*

aucuparia l.), липа мелколистная (*tilia cordata* mill)/ А.А. Минин, Э.Я. Ранькова, Е.Г. Рыбина, Ю.А. Буйволов, И.И. Сапельникова, Т.Д. Филатова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2017. Т. 28. № 3. С. 5-22.

13. Phenology, climate, and adaptation: how does dipterocarps respond to climate? / Nurul L. Winarni, Dewi R. Kurniasari, Diny Hartiningtias, Meyner Nusalawo, Niken Sakuntaladewi // Indonesian Journal of Forestry Research. 2016. № 2. P. 129-141.

14. Predicting apricot phenology using meteorological data / Mirjana Ruml, Dragan Milatovic, Todor Vulie, Ana Vukovic // Int J. Biometeorol. 2011. № 55. P. 723-732.

15. Sarah E. Ward, Mark Schulze, Bitty Roy. A long-term perspective on microclimate and spring plant phenology in the Western Cascades // Ecosphere. 2018. № 9 (10). P. 19.

Reference

1. Bobrinev V. P., Pak L. N., Banschikova E. A. Drevesnaya flora Zabajkal'skogo kraja / Zabajkal. gos. un-t. Chita, 2016. 215 p.

2. Bol'shaya Rossijskaya biblioteka [Elektronnyj resurs]. Rezhim dopuska: URL: <https://bigenc.ru/text/3038905> (18.03.19).

3. Buharova E. V., Kurkina I. I. Monitoring fenologicheskikh yavlenij v zhizni rastenij v Barguzinskom zapovednike// Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya, geografiya, 2018. № 1. P. 9-26.

4. Gevorkyan I. S. Kratkij ocherk rastitel'nogo i zhivotnogo mira Mongolii [Elektronnyj resurs] // Elektronnoe nauchnoe izdanie Al'manah Prostranstvo i Vremya. 2015. T. 8. Vol. 2. Rezhim dostupa: 2227-9490e-aprov_e-ast8-2.2015.101. P. 7-15.

5. Izuchenie fenologii yablони na kollekcionnom uchastke Botanicheskogo sada imeni Vs. M. Krutovskogo / O. F. Butorova, N. P. Bratilova, M. V. Repyah, N. A. Gur'eva // Mezhdunarodnyj tehniko-jekonomicheskij zhurnal, 2017. № 2. P. 137-141.

6. Koropachinskij I. Yu., Vstovskaya T. N., Tomoshevich M. A. Ocherednye zadachi introdukcii drevesnyh rastenij v Aziatskoj Rossii // Sibirskij jekologicheskij zhurnal. 2011. № 2. P. 147-170.

7. Koropachinskij I. Yu., Vstovskaya T. N. Drevesnye rasteniya Aziatskoj Rossii. Novosibirsk: Akademicheskoe izdatel'stvo "Geo", 2012. 707 p.

8. Krasnaya kniga Rossii [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: URL: <https://ecoportal.info/mindal-chereshkovyj> (29.03.19).

9. Lazareva S. M. Ispolzovanie metodik obrabotki dannyh fenologicheskikh nablyudenij (na primere predstavitelej semejstva Pinaceae Lindl.) // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya. Jekologiya, 2011. Vol. 4. № 2. P. 56-65.

10. Pak L. N. Itogi introdukcii amurskoj dendroflory v dendrarii Ingodinskogo stacionara // Vestnik IrGSXA. 2011. № 44-2. P. 113-120.

11. Semenyutina A. V., Solomenceva A. S. Rost i fenologicheskoe razvitie introducirovannyh vidov shipovnikov (*Rosa* L.) v usloviyah Volgogradskoj oblasti // Lesnoj zhurnal. 2018. № 5. P. 105-115.

12. Fenoidikaciya izmenenij klimata za period 1976-2015 gg. v Central'noj chasti Evropejskoj territorii Rossii: bereza borodavchataya (povislaya) (*betula verrucosa* ehrh. (b. pendula roth.)), cheremuha obyknovennaya (*padus avium* mill), ryabina obyknovennaya (*sorbus aucuparia* l.), lipa melkolistnaya (*tilia cordata* mill)/ A. A. Minin, Je. Ya. Ran'kova, E. G. Rybina, Yu. A. Bujvolov, I. I. Sapel'nikova, T. D. Filatova // Problemy jekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya jekosistem. 2017. Vol. 28. № 3. P. 5-22.

13. Phenology, climate, and adaptation: how does dipterocarps respond to climate? / Nurul L. Winarni, Dewi R. Kurniasari, Diny Hartiningtias, Meyner Nusalawo, Niken Sakuntaladewi // Indonesian Journal of Forestry Research. 2016. № 2. P. 129-141.

14. Predicting apricot phenology using meteorological data / Mirjana Ruml, Dragan Milatovic, Todor Vulie, Ana Vukovic // Int J. Biometeorol. 2011. № 55. P. 723-732.

15. Sarah E. Ward, Mark Schulze, Bitty Roy. A long-term perspective on microclimate and spring plant phenology in the Western Cascades // Ecosphere. 2018. № 9 (10). P. 19.

Информация об авторах

Банщикова Екатерина Анатольевна, младший научный сотрудник лаборатории «Географии и регионального природопользования» Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (РФ, 672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16а), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7206-4893>
kait1986@mail.ru

Буторова Ольга Федоровна, профессор кафедры «Селекции, лесных культур и озеленения» Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева (РФ, 660037, г. Красноярск, пр. им. Газеты Красноярский рабочий, 31), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8575-7464>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 633.11 «321».631.582

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-23

**ВЛИЯНИЕ ЗВЕНЬЕВ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ
ФАКТОРЫ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ**

**INFLUENCE OF THE LINKS OF FIELD CROP ROTATION
ON THE BIOLOGICAL FACTORS OF SOIL FERTILITY**

Е.А. Данилец, аспирант

О.И. Власова, доктор сельскохозяйственных наук

E.A. Danilets, O.I. Vlasova

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education

«Stavropol State Agrarian University»

Дата поступления в редакцию 21.03.2019

Дата принятия к печати 12.08.2019

Received 21.03.2019

Submitted 12.08.2019

Нецелесообразное возделывание озимой пшеницы приводит к снижению качества получаемой продукции. Цель исследований – изучить влияние предшественников озимой пшеницы на биологические факторы почвенного плодородия и увеличить рентабельность производства зерна. Исследование проводилось в 2015-2018 гг. на полевых участках крестьянского фермерского хозяйства «Юрченко», расположенного в Александровском районе Ставропольского края, в зоне неустойчивого увлажнения на темно-каштановых почвах. Озимая пшеница в хозяйстве возделывается по чистому пару, зернобобовым культурам, льну и в повторном посеве. В исследовании использовались полевые и лабораторные методы исследования. Выявлено, что повторные посевы озимой пшеницы засорены в большей степени, чем при возделывании ее по другим предшественникам. Целлюлозолитическая активность почвы по чистому пару является наименьшей – 48,9 %, что связано с малым количеством растительных остатков. Самая высокая в повторном посеве – 77,7 %, так как растительных остатков по этому предшественнику достаточно много, в своем составе они содержат целлюлозу и геммицеллозу, что является объектом питания для целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Урожайность и качество зерна являются самыми низкими. Качество зерна по чистому пару выше, чем по гороху, что связано с накоплением в почве по чистому пару питательных веществ, необходимых для получения качественного зерна. Усовершенствование севооборота в крестьянском фермерском хозяйстве «Юрченко» Александровского района Ставропольского края, расположенного в зоне неустойчивого увлажнения на темно-каштановых почвах, позволит оптимизировать биологические факторы плодородия почвы и, как следствие, получать более высокие урожаи. Научно обоснованное размещение озимой пшеницы в севообороте позволит получать более высокие урожаи и улучшить качество возделываемой культуры с наименьшими затратами.

Inappropriate cultivation of winter wheat leads to a decrease in the quality of the products the Purpose of research is to study the effect of winter wheat precursors on the biological factors of soil fertility and increase the profitability of grain production. The study was conducted in 2015-2018 in the field areas of the peasant farm "Yurchenko", located in the Alexander district of the Stavropol territory, in the zone of

unstable moisture on dark chestnut soils. Winter wheat on the farm is cultivated on pure steam, legumes, flax and in re-sowing. The study used field and laboratory methods. It is revealed that repeated crops of winter wheat are clogged to a greater extent than when it is cultivated according to other predecessors. Cellulolytic activity of soil on a clean pair is the smallest, 48,9 per cent, which is associated with a small number of plant residues. The highest in re – sowing is 77,7 %, since there are a lot of plant residues on this predecessor, in their composition they contain cellulose and hemicellulose, which is the object of nutrition for cellulose-destroying microorganisms. Yield and quality of grain is the lowest, and a clean pair and peas. grain quality on a clean pair higher than peas, due to accumulation in the soil on a clean pair of nutrients needed to obtain high-quality grain. Improvement of crop rotation in the peasant farm «Yurchenko» Alexandrovsky district of the Stavropol territory located in the zone of unstable moisture on dark chestnut soils will optimize the biological factors of soil fertility and as a result obtain higher yields. Scientifically based placement of winter wheat in the crop rotation will allow to obtain higher yields and improve the quality of the cultivated crop at the lowest cost.

Ключевые слова: озимая пшеница, засоренность посевов, урожайность озимой пшеницы, звенья севооборота.

Key words: winter wheat, weed infestation, yield, links of crop rotation.

Цитирование. Данилец Е.А., Власова О.И. Влияние звеньев полевого севооборота на биологические факторы плодородия почвы. *Известия НВ АУК*, 2019. 3(55). 184-191. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-23.

Citation. Danilets E.A., Vlasova O.I. Influence of the links of field crop rotation on the biological factors of soil fertility. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 184-191. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-23.

Введение. Важнейшей государственной задачей во все времена и во всем мире является производство зерна. В наше время вопрос о рентабельном производстве озимой пшеницы является весьма актуальным. Для достижения этой цели необходимо соблюдать технологию возделывания культур, севооборот и повышать плодородие почвы [1, 9, 6].

Основоположники учения о почвах В.В. Докучаев и П.А. Костычев, отмечая зависимость урожайности растений от климатических, геоморфологических и почвенных условий, предлагали оценивать плодородие по сумме свойств почвы и урожайности. Большой вклад в развитие учения о плодородии внесли В.Р. Вильямс, С.П. Кравков, А.Н. Соколовский.

По современным представлениям, плодородие – способность почвы удовлетворять потребности растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством воздуха и тепла и благоприятной физико-химической средой для нормального роста и развития, т.е. способность почвы обеспечивать рост и воспроизводство растений всеми необходимыми условиями [2, 5].

Плодородие почвы заключается в возможности обеспечивать растения факторами жизни. Различают факторы и показатели (условия) почвенного плодородия. Факторы плодородия – это необходимые факторы жизни и роста растений: элементы азотного и зольного питания растений, вода, воздух и тепло и др. [3, 4].

Условия плодородия – это совокупность свойств и режимов, сложное взаимодействие которых определяет возможность обеспечения растений земными факторами, т.е. конкретные показатели почвенных режимов: температурного, водно-воздушного, питательного, физико-химического, биохимического, солевого, окислительно-восстановительного [7, 8, 10, 11].

При этом элементы агротехнологий оказывают существенное влияние на формирование агроценоза озимой пшеницы, в частности на фитосанитарное состояние [13, 14, 12, 15].

Материалы и методы. Исследование проводилось в 2015-2018 гг. на полевых участках крестьянского фермерского хозяйства «Юрченко», расположенного в Александровском районе Ставропольского края, предприятие находится в зоне неустойчи-

вого увлажнения и специализируется на производстве продукции растениеводства. Озимая пшеница в хозяйстве возделывается по следующим предшественникам: чистому пару, зернобобовым культурам, льну и в повторном посеве.

Крестьянско-фермерское хозяйство «Юрченко» расположено во второй агро-климатической зоне, главной особенностью которой является довольно жаркое лето с небольшим количеством осадков. Средняя температура в июле составляет +22 – +23 градуса. Максимальные показатели составили +43,5 градусов, умеренно мягкая зима, средняя температура января - 4 – -5 градусов. Минимальные значения составили 23 градуса. Снежный покров неуверенный и может достигать 10 – 15 см. Зима протекает на фоне пасмурных с низкой облачностью дней. Часто выпадают осадки в виде мокрого снега и дождя. Весна наступает в первых числах марта и на всем протяжении сопровождается ясными и солнечными днями. Общее количество солнечных дней в районе составляет до 315 – 320 в году.

Почвы исследуемых участков – темно-каштановые, которые характеризуются средним содержанием гумуса (5,2–5,9 %), средней нитрификационной способностью (16–30 мг/кг), средним содержанием подвижного фосфора (18-28 мг/кг по Мачигину), и повышенным – обменного калия (240-290 мг/кг). Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах почвы нейтральная, pH находится в пределах 6,1-6,7. Содержание общего азота – 0,23-0,25 %, общего фосфора – 0,13-0,15 %, общего калия – 2,2-2,4 %. По содержанию марганца почва среднеобеспеченная – 18 мг/кг почвы, содержание подвижного цинка низкое – 0,7 мг/кг, подвижного бора высокое – 2,86 мг/кг, содержание серы составляет 13,4 мг/кг почвы.

Содержание в почвах КФХ «Юрченко» тяжёлых металлов не превышает ПДК и равно: меди – 12,38 мг/кг, цинка – 59 мг/кг, кобальта – 4 мг/кг, стронция – 8,5 мг/кг, свинца – 16 мг/кг почвы.

Результаты и обсуждение. Одним из важных показателей биологических факторов плодородия почвы является засоренность посевов сорными растениями.

Проанализировав таблицу 1, мы можем сделать вывод о том, что при повторном посеве сорняков гораздо больше, чем по другим предшественникам, и составляет 120 шт./м², но эти сорняки в основном однолетние и двудольные, которые достаточно легко устраняются гербицидами при возделывании озимой пшеницы. Наименьшее количество сорняков по чистому пару – 37 шт./м². По озимой пшенице, посеянной повторно, имеется значительное количество злаковых сорняков.

Таблица 1 – Засоренность посевов озимой пшеницы в зависимости от предшественников (2015-2018 гг.)

Table 1 – Weediness of winter wheat crops depending on predecessors (2015 - 2018)

Предшественник Predecessor	Количество сорных растений, шт./м ² Number of weeds, pcs / m ² Total weeds						Всего сорняков Total weeds
	Однолетние сорняки Perennial weeds			Многолетние сорняки perennial weeds			
	Всего Total	в том числе including		Всего	в том числе including		
		Злако- вые cereal	Двудольные dicotyle- donous		Злаковые cereal	Двудольные dicotyle- donous	
Озимая пшеница Winter wheat	114	11	103	6	2	4	120
Лен Linen	62	3	59	15	-	15	77
Горох Peas	87	4	83	9	-	9	96
Чистый пар Pure steam	37	3	34	5	-	5	42

Это негативно влияет на производство культуры, так как этот вид сорняков сложно уничтожить на участках, где возделывается озимая пшеница, из-за принадлежности к одному семейству.

Из таблицы 2 видно, что по всем предшественникам преобладающее количество было амброзии полыннолистной – от 33 шт./м² в повторных посевах до 13 шт./м², в поле чистого пара. Это сорное растение расходует очень много воды на образование единицы сухого вещества (в среднем в 2 раза больше, чем зерновые колосовые), что приводит к иссушению почвы. В результате резко снижается плодородие почвы. Наиболее часто от сорного растения амброзия страдают посевы зерновых колосовых, зернобобовых, гречихи и пропашные культуры, особенно подсолнечник. При недостаточном уходе за посевами этих культур амброзия перерастает их и сильно заглушает, что приводит к резкому снижению или к полной гибели урожая. Засоренность посевов гороха крайне затрудняет уборку. Вьюнок полевой являлся преобладающим по льну и гороху.

Таблица 2 – Видовой состав сорных растений на озимой пшеницы по различным предшественникам (2015-2018 гг.)

Table 2 – Species composition of weeds on winter wheat according to various predecessors (2015-2018)

Сорные растения шт./м ² Weed Pieces / m ²	Предшественник Precursor			
	Озимая пшеница Winter wheat	Лен Linen	Горох Peas	Чистый пар Pure steam
Амброзия полыннолистная (Ambrosiaartemisifolia)	33	20	23	13
Вьюнок полевой (Convolvulusarvensis)	1	21	29	8
Марь белая (лебеда) (Chenopodiumalbum)	21	16	34	4
Овсяг (Овес пустой) (Avenafatua)	10	2	4	3
Хориспора нежная (Chorisporatenella)	7	6	-	1
Бодяк полевой (осот) (Cirsiumarvense)	1	1	-	-
Подмарейник цепкий (Galiumaparine)	11	7	2	10
Пастушья сумка (Capsellabursa-pastoris)	21	4	3	2
Яснотка пурпуровая (Lamiumpurpureum)	14	-	-	1
Мокрица (звездчатка средняя) (Stellariamedia)	1	-	1	-
Всего, шт.	120	77	96	42

Уничтожение вьюнка – очень сложный и длительный процесс, на полное искоренение может потребоваться 3-4 года. Однократные механические и химические обработки лишь усугубляют засоренность, так как они провоцируют прорастание вегетативных почек корневой системы. К тому же период всходов вьюнка сильно растянут во времени. Это существенно снижает эффективность химических обработок гербицидами. Преобладающая по гороху и в повторном посеве марь белая колоссально засоряет посевы всех сельскохозяйственных культур, а особенно пропашные культуры. Марь белая высокочувствительна к большинству применяемых гербицидов. Сорняк легко

уничтожается после всходов и почвенными гербицидами. Овсяг, находящийся в повторном посеве, сильно иссушает почву, является резерватом болезней и вредителей растений (шведская муха, нематода, головня). Принадлежность к одному семейству затрудняет борьбу с этим видом сорного растения.

Целлюлозолитическая активность может служить характеристикой трансформации органического вещества и определять уровень плодородия почв и продуктивность биоты.

В таблице 3 представлена целлюлозолитическая активность почвы, % убыли хлопчатобумажного волокна в КФХ «Юрченко».

Таблица 3 – Целлюлозолитическая активность почвы, % убыли хлопчатобумажного волокна (2015-2018 гг.)

Table 3 – Cellulolytic activity of the soil, % loss of cotton fiber (2015-2018)

Показатель Indicator	2015-2018 гг.
Повторный посев Re-sowing	77,7
Лен Linen	54,8
Горох Peas	66,3
Чистый пар Pure steam	48,9

Проанализировав таблицу 3, мы можем сделать вывод о том, что целлюлозолитическая активность почвы по чистому пару является наименьшей – 48,9 %, что связано с малым количеством растительных остатков. Самая высокая в повторном посеве – 77,7 %, так как растительных остатков по этому предшественнику достаточно много, в своем составе они содержат целлюлозу и геммицеллюлозу, что является объектом питания для целлюлозоразрушающих микроорганизмов. По льну целлюлозолитическая активность 54,8 %, что незначительно выше, чем по чистому пару, так как по этому предшественнику количество растительных остатков значительно меньше, чем по гороху и повторному посеву. Лен – культура иссушающая почву, что также снижает целлюлозолитическую активность. По гороху целлюлозолитическая активность – 66,3 %, незначительно ниже, чем в повторном посеве, это связано со значительным количеством растительных остатков при возделывании этой культуры.

В последние годы в аграрном производстве наблюдается сокращение разнообразия культур в севооборотах, идет насыщение их подсолнечником, кукурузой, пшеницей и ячменем. К тому же большинство хозяйств пренебрегает законами земледелия и не компенсируют питательные элементы, вынесенные из почвы урожаем и побочной продукцией.

Известно, что солому зерновых культур как побочную продукцию растениеводства можно применять для компенсации потерь гумуса.

В случае оставления соломы на поле с добавлением компенсационной дозы азота происходит резкое усиление биологической и ферментной активности. Почва обогащается аминокислотами, витаминами и другими биологически активными веществами, за счет которых улучшается аэрация и питательный режим, увеличивается количество целлюлозы и, как следствие, количество микроорганизмов, в результате улучшается структура почвы. Солома — важный источник пополнения питательных веществ в почве, которым не следует пренебрегать в условиях дефицита удобрений, особенно органических.

Величина поступающих в почву пожнивных и корневых остатков после отчуждения с полей урожая определяется весьма многочисленными факторами, а именно культурой и сортом, густотой посева или посадки культур, высотой оставляемой стерни и других пожнивных остатков, видами и нормами применявшихся удобрений, типом, подтипом, степенью эродированности почв и системой их обработки, погодными усло-

виями и другими факторами, влияющими на развитие надземной и подземной биомассы растений. При этом не всегда имеет место прямая зависимость между величиной урожая зерна и соломы, надземной и подземной частью биомассы.

Таблица 4 – Влияние предшественников озимой пшеницы на накопление пожнивных остатков, т/га (2015-2018 гг.)

Table 4 – Effect of winter wheat precursors on the accumulation of crop residues, t/ha (2015-2018)

	Повторный посев Re-sowing	Лен Flax	Горох Peas	Чистый пар Pure steam
Фаза всходов / Sprouting phase	2,85	1,29	1,98	0,74
Фаза кушения / Tillering phase	1,78	0,88	1,33	0,51
Фаза колошения / Earing phase	1,01	0,43	0,69	0,35
Фаза полной спелости/ Ripeness phase	0,35	0,19	0,27	0,11

Проанализировав таблицу 4, мы видим, что в повторном посеве количество пожнивных остатков больше, чем по другим предшественникам, и составляет 2,85 в фазу всходов, 1,78 – в фазу кушения, 1,01 – в колошение, 0,35 т/га – в полную спелость.

Наименьшее количество пожнивных остатков накапливалось по чистому пару, так как за время возделывания чистого пара пожнивные остатки перегнивают 0,74 в фазу всходов, 0,51 – в фазу кушения, 0,35 – в колошение, 0,11 т/га – в полную спелость.

В фазе всходов по всем предшественникам количество пожнивных остатков выше, чем в фазе полной спелости, так как за время возделывания озимой пшеницы под воздействием климатических условий и технологических обработок пожнивные остатки перегнивают, давая питание возделываемой культуре.

Таблица 5 – Урожайность и качество зерна по различным предшественникам (2015-2018 гг.)

Table 5 – Productivity and grain quality for various predecessors (2015-2018)

Показатель Indicator	Урожай- ность, т Productivity, t	Масса 1000 зерен Weight 1000 grains	Количество клейковины Quantity Gluten Free	Качество Клейковины Quality Gluten Free	Содержание Белка Content squirrel
Озимая пшеница Win- ter wheat	4,3	768,3	15,8	62,3	11,3
Лен Linen	4,7	783,0	17,3	66,3	11,7
Горох Peas	5,2	801,7	18,5	67,7	11,6
Чистый пар Pure steam	5,1	785,0	19,4	70,7	12,3

Анализ данных, представленных в таблице 5, показывает, что в повторном посеве урожайность и качество зерна являются самыми низкими, а по чистому пару и гороху урожайность зерна незначительно отличается друг от друга, в то время как качество зерна по чистому пару выше, чем по гороху, что связано с накоплением в почве по чистому пару питательных веществ, необходимых для получения качественного зерна. В повторном посеве ухудшается как качество зерна, так и его урожайность, что связано с истощением почвы и накоплением болезней, вредителей и трудновыводимых сорняков, принадлежащих к одному видовому составу при возделывании озимой пшеницы повторно на одном сельскохозяйственном участке.

Заключение. Усовершенствование севооборота в зоне неустойчивого увлажнения на темно-каштановых почвах Ставропольского края позволит оптимизировать биологические факторы плодородия почвы и, как следствие, получать более высокие урожаи. Научно-обоснованное размещение озимой пшеницы в севообороте позволит получить более высокие урожаи и улучшить качество возделываемой культуры с наименьшими затратами.

Библиографический список

1. Акимова О.И. Влияние предшественников на формирование элементов продуктивности озимой пшеницы в летне-осенний период // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2016. № 1 (42). С. 7-13.
2. Вольтерс И.А., Трубачева Л.В., Тивиков А.И. Влияние непаровых предшественников на агрофизические факторы плодородия // Вестник АПК Ставрополя. 2012. № 3(7). С. 20-23.
3. Вольтерс И. А. Власова О. И., Трубачева Л. В. Агроценоз озимой пшеницы, возделываемой по пропашным и зернобобовым предшественникам на черноземе обыкновенном в зоне неустойчивого увлажнения // Вестник АПК Ставрополя. 2012. Т. 6. № 2. С. 18-21.
4. Дридигер В.К., Стукалов Р.С. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания и минеральных удобрений в зоне неустойчивого увлажнения ставропольского края // Бюллетень Ставропольского научно-исследовательского института сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 76–87.
5. Овчинников А.С., Борисенко И.Б., Плескачев Ю.Н. Программирование урожайности сельскохозяйственных культур при возделывании их с применением инновационных технологий: монография / М-во сел. хоз-ва Рос. Федерации, Волгогр. гос. с.-х. акад. Волгоград, 2011.
6. Парахин Н.В., Мельник А.Ф. Влияние предшественника на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 4 (20). С. 248-252.
7. Плескачев Ю.Н., Сухова О.В. Засоренность посевов полевых севооборотов в зависимости от обработки почвы Волгоградской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (101). С. 17-21.
8. Плескачев Ю.Н. Мисюряев В.Ю., Максимова Н.С. Агроэкологическая типизация земель степной и сухостепной зон Нижнего Поволжья // Экономика природопользования. 2012. № 6. С. 58-71.
9. Повышение устойчивости агроэкосистемы в условиях Центрального Предкавказья / О.И. Власова, Г.Р. Дорожко, В.М. Передериева, И.А. Вольтерс, А.И. Тивиков // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 1 (17). С. 185-190.
10. Роль предшественников и погодных условий в влагообеспеченности твердой озимой пшеницы / А.С. Попов, Г.В. Овсянникова, Н.Е. Самофалова, Е.Д. Кривошеева // Зерновое хозяйство России. 2015. № 5. С. 46-50.
11. Change in microbiological activity under the effect of biological factors of soil fertility in the CentralFore-Caucasuschernozems / O.I. Vlasova, V.M. Perederieva, I.A. Volters, A.I. Tivikov, L.V. Trubacheva // Biology and Medicine. 2015. Т. 7. № 5. С. BM-146-15.
12. Rediscovery of Indian dwarf wheat (*Triticum aestivum* L. ssp. *sphaerococcum* (Perc.) MK.) an ancient crop of the Indian subcontinent. / Mori N. [et al] // Genetic Resources and Crop Evolution. 2013. Vol. 60. Iss. 6. P. 1771 –1775.
13. Statistical evaluation of the efficiency of winter wheat production / O. G. Makarchuk, M. O. Musienko, V. S. Sokotun, K. L. Shulga // Научный взгляд. 2016. № 6 (27). С. 20-25.
14. Yields of field crops and sod-podzolic soil fertility of west Ural depending on fertilizer system / A. Kosolapova, V. Yamaltdinova, E. Mitrofanova, D. Fomin, I. Teterlev // Perm Agricultural Scientific Research Institute, Department of Husbandry and Agrochemistry, 614532, Lobanovo, Perm Region, Russia Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2016. 22 (No 3). P. 381–385 Agricultural Academy.
15. Wrzaszcz W., Zegar J. S., Prandecki K. Soil fertility and Economic efficiency – the case of polish Agriculture Institute of Agricultural and Food Economics // National Research Institute, 00-002 Warsaw, Poland Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2015. 21 (No 3). P. 467-478 Agricultural Academy.

Reference

1. Akimova O.I. Vliyanie predshestvennikov na formirovanie jlementov produktivnosti ozimoy pshenicy v letne-osennij period // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V. R. Filippova. 2016. № 1 (42). P. 7-13.
2. Vol'ters I.A., Trubacheva L. V., Tivikov A. I. Vliyanie neparovyh predshestvennikov na agrofizicheskie faktory plodorodiya // Vestnik APK Stavropol'ya. 2012. № 3(7). P. 20-23.

3. Vol'ters I.A., Vlasova O.I., Trubacheva L.V. Agrocenoz ozimoy pshenicy, vzdelyvaemoj po propashnym i zernobobovym predshestvennikam na chernozeme obyknovennom v zone neustojchivogo uvlazhneniya // Vestnik APK Stavropol'ya. 2012. T. 6. № 2. P. 18-21.
4. Dridiger V.K., Stukalov R.S. Produktivnost' ozimoy pshenicy v zavisimosti ot tehnologii vozde-lyvaniya i mineral'nyh udobrenij v zone neustojchivogo uvlazhneniya stavropol'skogo kraya // Byulleten' Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sel'skogo hozyajstva. 2015. № 7. P. 76-87.
5. Ovchinnikov A.S., Borisenko I.B., Pleskachjov Yu.N. Programmirovaniye urozhajnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur pri vzdelyvanii ih s primeneniem innovacionnykh tehnologij: mono-grafiya / M-vo sel. hoz-va Ros. Federacii, Volgogr. gos. s.-h. akad. Volgograd, 2011.
6. Parahin N. V., Mel'nik A. F. Vliyanie predshestvennika na produktivnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenicy // Vestnik APK Stavropol'ya. 2015. № 4 (20). P. 248-252.
7. Pleskachev Yu. N., Suhova O. V. Zasorennost' posevov polevykh sevooborotov v zavisimos-ti ot obrabotki pochvy Volgogradskoj oblasti // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo uni-versiteta. 2013. № 3 (101). P. 17-21.
8. Pleskachjov Yu. N. Misyuryaev V. Yu., Maksimova N. S. Agrojekologicheskaya tipizaciya zemel' stepnoj i suhostepnoj zon Nizhnego Povolzh'ya // Jekonomika prirodnopol'zovaniya. 2012. № 6. S. 58-71.
9. Povyshenie ustojchivosti agro[kosistemy v usloviyah Central'nogo Predkavkaz'ya / O. I. Vlasova, G. R. Dorozhko, V. M. Perederieva, I. A. Vol'ters, A. I. Tivikov // Vestnik APK Stavropol'ya. 2015. № 1 (17). P. 185-190.
10. Rol' predshestvennikov i pogodnykh uslovij v vlagoobespechennosti tverdoj ozimoy psheni-cy / A. S. Popov, G. V. Ovsyannikova, N. E. Samofalova, E. D. Krivosheeva // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2015. № 5. P. 46-50.
11. Change in microbiological activity under the effect of biological factors of soil fertility in the CentralFore-Caucasuschernozems / O.I. Vlasova, V.M. Perederieva, I.A. Volters, A.I. Tivikov, L.V. Trubacheva // Biology and Medicine. 2015. Vol. 7. № 5. P. BM-146-15.
12. Rediscovery of Indian dwarf wheat (*Triticumaestivum* L. ssp. *sphaerococcum* (Perc.) MK.) an ancient crop of the Indian subcontinent. / Mori N. [et al] // Genetic Resources and Crop Evo-lution. 2013. Vol. 60. Iss. 6. P. 1771 –1775.
13. Statistical evaluation of the efficiency of winter wheat production / O. G. Makarchuk, M. O. Musienko, V. S. Sokotun, K. L. Shulga // Наукoвий oгляд. 2016. № 6 (27). P. 20-25.
14. Yields of field crops and sod-podzolic soil fertility of west Ural depending on fertilizer system / A. Kosolapova, V.Yamaltdinova, E. Mitrofanova, D. Fomin, I. Teterlev // Perm Agricultural Scientific Research Institute, Department of Husbandry and Agrochemistry, 614532, Lobanovo, Perm Region, Rus-sia Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2016. 22 (No 3). P. 381–385 Agricultural Academy.
15. Wrzaszcz W., Zegar J. S., Prandecki K. Soil fertility and Economic eEfficiency – the case of polish Agriculture Institute of Agricultural and Food Economics// National Research Institute, 00-002 Warsaw, Poland Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2015. 21 (No 3). P. 467-478 Agricul-tural Academy.

Информация об авторах

Власова Ольга Ивановна, заведующий кафедрой общего земледелия, растениеводства и селекции им. профессора Ф.И. Бобрышева ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», (355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический 12), доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
e-mail: olastgau@mail.ru

Данилец Екатерина Александровна, аспирант кафедры общего земледелия, растениеводства и селекции им. профессора Ф.И. Бобрышева ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», (355017, Ставропольский край, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический 12),
e-mail: ekaterina.danilecz.91@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

УДК 633.34:631.5(470.45)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-24

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ И РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ
НА БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА СОИ**
**INFLUENCE OF DIFFERENT VARIETIES AND IRRIGATION REGIMES
ON THE BIO-ENERGY EFFICIENCY OF SOYBEAN PRODUCTION****Т.С. Кошкарлова**, младший научный сотрудник**В.В. Толоконников**, доктор сельскохозяйственных наук**Г.П. Канцер**, научный сотрудник**Н.М. Плющева**, младший научный сотрудник**T.S. Koshkarova, V.V. Tolokonnikov, G.P. Kantser, N.M. Plushcheva***Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград, Россия**The All-Russian scientific research institute of the irrigated agriculture, Volgograd, Russia*Дата поступления в редакцию 07.07.2019
Received 07.07.2019Дата принятия к печати 15.09.2019
Submitted 15.09.2019

Трудности отечественного производства сои в определённой мере связаны с участвовавшими к настоящему времени засухами, охватывающими до 80 % сельскохозяйственных территорий. Возделывание сои на орошаемых землях способствует росту её урожайности до 3-5 т/га зерна. В то же время мелиорация характеризуется значительной энергоёмкостью среди других отраслей сельскохозяйственного производства, усиливающейся на фоне диспаритета и колебаний цен, связанных со средствами производства сельскохозяйственной продукции и её стоимостью. Сорта и поливная вода – основа в технологии возделывания сои. В связи с этим особую актуальность представляют исследования, направленные на подбор наиболее отзывчивых на оросительную воду сортов и совершенствование режима орошения. Для исследований взяты адаптированные сорта волгоградской селекции, характеризующиеся различными сроками созревания: очень скороспелый ВНИИОЗ 86, скороспелый Волгоградка 2 и среднескороспелый ВНИИОЗ 31. Режим орошения разработан в соответствии с продолжительностью основных периодов роста и развития растений: 70 % НВ и 80 % НВ – в период «всходы – начало цветения», 80 % – в период «массовое цветение – начало созревания», 70 % – во время «начало созревания – полная спелость», за контроль принят режим орошения 80-80-80 % НВ. Результаты исследований показали, что на возделывание раннего сорта ВНИИОЗ 86 в среднем затрачивается наименьшее количество совокупной энергии – 43,3, чем у сортов с продолжительными сроками созревания – 45,1-46,1 ГДж из-за увеличения норм полива. Значительная часть затрат – (41,7-47,6 %) приходится на механизацию орошения сельскохозяйственного производства с ГСМ (31,2-33,4 %), удобрения (14,3-17,9 %). Среди сортов наибольшим количеством накапливаемой энергии в урожае зерна – до 51,9 ГДж/га – характеризуются новый сорт Волгоградка 2 и ВНИИОЗ 31. Коэффициент энергетической эффективности достигает у них 1,13. Низкие энергетические показатели отмечены у сорта ВНИИОЗ 86. Поэтому его возделывание без совершенствования приёмов мелиорации энергетически невыгодно (0,9). Дифференциация режима орошения способствовала росту урожайности у сортов – до 2,42-3,23 т/га зерна, повышению энергии в урожае зерна – до 43,8-58,5 ГДж/га, её приращению – до 0,7-13,5 ГДж/га и увеличению коэффициента энергетической эффективности – до 1,01-1,31, по сравнению с контрольным вариантом – 80-80-80 % НВ.

The difficulties of domestic production of soybeans to a certain extent are associated with the increasing droughts to date, covering up to 80% of agricultural areas. Cultivation of soybean on irrigated land contributes to the growth of its yield up to 3-5 t / ha of grain. At the same time, land reclamation is characterized by considerable energy intensity among other branches of agricultural production, which is intensifying against the background of disparity and price fluctuations associated with the means of agricultural production and its value. Varieties and irrigation water are the basis of soybean cultivation technology. In this regard, of particular relevance are studies aimed at selecting the most responsive varieties of irrigation water and improving the irrigation regime. For research, adapted varieties of Volgograd breeding were used, characterized by different ripening terms: very early maturity «VNIIOZ 86», early maturing «Volgogradka 2» and medium short mature «VNIIOZ 31». Irrigation mode was developed in accordance with

the duration of the main periods of plant growth and development: 70% HB and 80% HB in the period «Seedlings - the beginning of flowering», 80% - during the period of mass flowering - the beginning of ripening, 70% - during the «beginning of ripening - full ripeness», the irrigation regime is 80-80-80% HB. The research results showed that on the cultivation of early varieties of «VNIIOZ 86», on average, the smallest amount of total energy is expended – 43,3 than for varieties with long ripening periods – 45,1 – 46,1 GJ due to an increase in irrigation rates. A significant part of the costs - (41,7-47,6%) accounted for irrigation mechanization of agricultural production with fuel and lubricants (31,2-33,4%), fertilizers (14,3-17,9%). Among the varieties, the largest amount of accumulated energy in the grain harvest - up to 51,9 GJ / ha is characterized by the new variety «Vologradka 2» and «VNIIOZ 31». The energy efficiency coefficient reaches 1,13 in them. Low energy indices were observed in the variety «VNIH 86». Therefore, its cultivation without improving reclamation techniques is energetically not profitable (0,9). Differentiation of the irrigation regime contributed to an increase in the yield of varieties - up to 2,42-3,23 t / ha of grain, an increase in energy in the grain yield - up to 43,8-58,5 GJ / ha, its increment - up to 0,7-13, 5 GJ / ha and an increase in the energy efficiency ratio - up to 1.01-1.31, compared with the control option - 80-80-80% HB.

Ключевые слова: биоэнергетическая эффективность производства сои, соя, сорта сои, режимы орошения сои, урожайность сои, сроки созревания сои.

Key words: bioenergy production efficiency of soybean, soybean, soybean varieties, soybean irrigation regimes, soybean yield, soybean ripening time.

Цитирование. Кошкарлова Т.С., Толоконников В.В., Канцер Г.П., Плющева Н.М. Влияние различных сортов и режимов орошения на биоэнергетическую эффективность производства сои. *Известия НВ АУК.* 3(55). 192-198. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-24.

Citation. Koshkarova T. S., Tolokonnikov V. V., Kanzer G. P., Plusheva N. M. Influence of different varieties and irrigation regimes on bio-energy efficiency of soybean production. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019.192-198. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-24.

Введение. Значительное расширение посевных площадей сои в мировом земледелии (более 120 млн. га) сопровождается получением высокой урожайности (около 2,8 т/га). Рост отечественного производства сои (2,8 млн га) сдерживается формированием невысокого уровня урожайности – 1,55 т/га зерна, что в определённой мере связано с различным проявлением засушливости климата, характерной для 80 % сельскохозяйственных территорий нашей страны [2, 10].

Соя является очень отзывчивой на улучшение условий произрастания сельскохозяйственной культурой и в первую очередь, на применение орошения, способствующего увеличению зерновой продуктивности до 3-5 т/га зерна. Однако мелиорация характеризуется значительной энергоёмкостью производства в сравнении с другими отраслями сельскохозяйственного производства [3].

В России за предыдущие годы сложилась непростая экономическая ситуация, оказывающая влияние на колебание цен, связанных с сельскохозяйственной продукцией. Такое положение усложняет проведение оценки экономической эффективности используемых агротехнологий, тем более связанных с экономией ресурсов. Стагнация технического прогресса усиливает эти трудности, увеличивает диспаритет цен на энергоресурсы, семена, удобрения, средства защиты растений и т. п. В связи с этим особую актуальность приобретает проведение энергетической оценки таких средств производства, как использование рекомендуемых сортов и агрометеорологических приёмов возделывания сои.

Материалы и методы. Энергетическая оценка эффективности производства продукции растениеводства связана с сопоставлением энергии, содержащейся в вегетативной массе урожая, с издержками антропогенной энергии [9, 4]. Для проведения этой оценки определяли и сравнивали такие показатели, как коэффициенты энергетической эффективности, затраты совокупной энергии и энергоёмкости полученной продукции.

Для выявления энергетической эффективности технологии производства в ФГУП «Орошаемое» ФГБНУ ВНИИОЗ применялись различные по срокам созревания сорта, внесенные в Госреестр и переданные в ГСУ (очень скороспелый ВНИИОЗ 86,

скороспелый Волгоградка 2 и среднескороспелый ВНИИОЗ 31). Режимы орошения согласовывались с периодами роста и развития растений: 70-80-70 % НВ (80 % НВ – от массового цветения до начала созревания), 80-80-70 % НВ (80 % НВ – от всходов до начала созревания), 80-80-80 % НВ – на протяжении всей вегетации.

Использовали методику биоэнергетической оценки технологий производства растениеводческой продукции с применением соответствующих биоэнергетических коэффициентов и технологических карт возделывания сои. Содержание энергии в одной тонне сухого вещества составляет 18,10 ГДж/га. Затраты на подачу оросительной воды – 5,74 МДж/м³.

Результаты и обсуждение. Важнейшей задачей агротехнологии нашего времени является повышение коэффициента использования энергии фотосинтетической активной радиации (ФАР) посевами сельскохозяйственных растений и, первую очередь, за счёт увеличения экологической и энергетической эффективности регулирования техногенными энергетическими потоками в форме удобрений, средств защиты растений, машинно-тракторного парка и т.п. [8].

Результаты наших исследований показали, что статьи затрат совокупной энергии изменяются в зависимости от группы спелости сорта и предполивного режима орошения (таблица 1).

Таблица 1 – Калькуляция затрат совокупной энергии при возделывании сортов сои с орошением

Table 1 – Calculation of total energy costs in the cultivation of soybean varieties with irrigation

Сорт Grade	Режимы орошения, % НВ Grade Modes irrigation,% НВ	Затраты совокупной энергии, %/ Cost of total,%				
		Орошение Irrigation	Механизация и ГСМ Mechanization and fuel and lubricants	Удобрение Fertilizers	Прочие Other	Всего затрат (100 %), ГДж/га Total costs (100%), GJ / ha
ВНИИОЗ 86	70-80-70	41,7	33,1	17,9	7,3	42,5
	80-80-70	42	33,3	17,6	7,2	43,1
	80-80-80	42,2	33,4	17	7,4	43,9
Волгоградка 2	70-80-70	43,6	32,4	17	7	44,4
	80-80-70	44	32,4	16,7	7	45
	80-80-80	44,5	32,3	16,2	7	45,8
ВНИИОЗ 31	70-80-70	45,6	31,9	15,8	6,9	45,7
	80-80-70	46,4	31,6	15,1	6,9	46,6
	70-80-70	47,6	31,2	14,3	6,9	47,9

Ранний сорт ВНИИОЗ 86 характеризуется наименьшими затратами совокупной энергии в среднем по вариантам режимов орошения – 43,3 ГДж/га, чем сорта с более продолжительными сроками созревания: Волгоградка 2 (45,1 ГДж/га) и ВНИИОЗ 31 (46,7 ГДж/га), что связано с возрастанием норм полива по мере созревания сортов и корректировки их режима орошения [5].

Анализ основных статей калькуляции затрат совокупной энергии показал, что самая значительная их часть – 41,7-47,6 % – приходится на орошение. Высокая доля энергетических затрат – 31,2-33,4 % – связана с механизацией сельскохозяйственного процесса и расходов на ГСМ (5,8-6,3 %), а также с повышенными нормами внесения удобрений (14,3-17,9 %). Небольшая доля приходится на средства защиты растений (3,4-3,6 %) и семена (2,6-3,2 %). Самые низкие затраты энергии – 0,6-0,7 % – отнесены на трудовые резервы, поскольку возделывание сои тесно связано с механизированными процессами.

Совершенствование режима орошения (70-80-70% НВ и 80-80-70% НВ) в наших исследованиях привело к значительному уменьшению затрат совокупной энергии – до 42,5-46,6 ГДж/га, по сравнению с общепринятым режимом орошения – 80-80-80% НВ (43,9-47,9 ГДж/га).

Результаты исследований показали, что эффективное использование энергии в условиях орошения зависит от экономного потребления оросительной воды и снижения её потерь [7, 1]. В период глобального изменения климата, ощущения недостатка энергетических ресурсов, перехода отечественного сельского хозяйства на значительное импортозамещение особую роль приобретает внедрение в практику растениеводства адаптированных к конкретным условиям данной местности сортов, характеризующихся повышенной эффективностью использования различных ресурсов. Среди сортов региональной волгоградской селекции наибольшим урожаем (2,82-2,87 т/га) и количеством накапливаемой энергии в урожае зерна – до 51,9 ГДж/га – характеризуются сорта Волгоградка 2 и ВНИИОЗ 31 (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние сорта на энергетическую эффективность производства сои в условиях орошения (при 80-80-80 % НВ) (2013-2015 гг.)

Table 2 – The influence of the variety on the energy efficiency of soybean production under irrigation conditions (at 80-80-80% НВ) (2013-2015)

Показатель / Indicator	Сорт Grade		
	ВНИИОЗ 86	Волгоградка 2	ВНИИОЗ 31
Урожайность, т/га при НСР ₀₅ – 0,02 т/га Productivity, t / ha at НСР ₀₅ - 0.02 t / ha	2,17	2,87	2,82
Затраты совокупной энергии, ГДж/га Total energy costs, GJ / ha	43,9	45,8	47,9
Энергия в зерне урожая, ГДж/га Energy in the grain of the crop, GJ / ha	39,3	51,9	51
Приращение энергии с урожаем, ГДж/га Energy increment with yield, GJ / ha	- 4,6	6,1	3,1
Коэффициенты энергетической эффективности Energy efficiency factors	0,9	1,13	1,06

Ранние сорта недостаточно оправдывают вложение энергетических средств на их возделывание. Сорта с более продолжительными сроками созревания выделяются значительным приращением энергии с урожаем и коэффициентом энергетической эффективности, особенно новый сорт Волгоградка 2.

Самые низкие энергетические показатели отмечены у сорта ВНИИОЗ 86. Поэтому производство его зерна в условиях орошения без совершенствования агрометеорологических приёмов возделывания энергетически невыгодно [11, 12].

Анализ биоэнергетических показателей возделывания сортов сои с учётом водопотребления растений по основным периодам их роста и развития показал, что регулированием водного режима почвы можно добиться получения значительной биоэнергетической эффективности (таблица 3).

Дифференциация режима орошения по периодам развития сои способствовала значительному возрастанию урожайности, накоплению энергии в урожае зерна, приращению этой энергии и увеличению коэффициента энергетической эффективности по сравнению с постоянным режимом орошения на протяжении всего вегетационного периода.

Наиболее значительными коэффициентами энергетической эффективности характеризуются сорт Волгоградка 2 при дробных режимах орошения (до 1,31) и сорт ВНИИОЗ 31 при назначении предполивного режима орошения (80-80-70 % НВ), что значительно выше, чем на варианте применения постоянно высокого режима орошения (80-80-80 % НВ).

Результаты исследований показали, что возделывание с орошением очень скороспелого сорта сои ВНИИОЗ 86 энергетически оправдано только при использовании дифференцированных режимов орошения, способствующих получению экономически выгодного урожая и коэффициента энергетической эффективности выше единицы.

Таблица 3 – Влияние режима орошения на энергетическую эффективность производства сортов сои в условиях орошения (2013-2015 гг.)

Table 3 – The effect of the irrigation regime on the energy efficiency of the production of soybean varieties under irrigation conditions (2013-2015)

Сорт Grade	Режим ороше- ния Mode Irrigation	Показатель Indicator				
		Урожай- ность, т/га Product- ivity, t / ha	Затраты сово- купной энер- гии, ГДж/га Total energy consumption, GJ / ha	Энергия в зерне уро- жая, ГДж/га Energy in the grain of the crop, GJ / ha	Приращение энергии с уро- жаем, ГДж/га Energy incre- ment with the crop, GJ / ha	Коэффициент энергетиче- ской эффек- тивности Energy effi- ciency coeffi- cient
ВНИИОЗ 86	70-80-70	2,51	42,5	45,4	2,9	1,06
	80-80-70	2,42	43,1	43,8	0,7	1,01
	80-80-80	2,17	43,9	39,3	- 4,6	0,9
Волгоградка 2	70-80-70	3,18	44,4	57,6	13,2	1,3
	80-80-70	3,23	45	58,5	13,5	1,31
	80-80-80	2,87	45,8	51,9	6,1	1,13
ВНИИОЗ 31	70-80-70	3,0	45,7	54,3	8,6	1,19
	80-80-70	3,19	46,6	57,7	11,1	1,24
	80-80-80	2,82	47,9	51	3,1	1,06
НСР ₀₅ , А		0,02				
НСР ₀₅ , В		0,03				
НСР АВ		0,03				

Заключение. Уровень биоэнергетической эффективности производства сои в условиях орошения тесно связан со сроками созревания сортов и особенностями их водопотребления при совершенствовании режима орошения. Доля энергетических затрат на орошение достигает 42,2-47,6 % совокупной энергии, а суммарные затраты у сортов с продолжительными сроками созревания увеличиваются до 47,9 ГДж/га по сравнению с очень скороспелым сортом ВНИИОЗ 86 – до 43,9 ГДж/га. Поэтому важно проводить жёсткий подбор сортов и регламент назначения режима орошения. Энергетически выгодно возделывать сорта Волгоградка 2 и ВНИИОЗ 31, характеризующиеся высокими показателями биоэнергетической эффективности и весьма затратно возделывание раннего сорта сои ВНИИОЗ 86. Дифференциация режима орошения способствовала существенному росту у сортов уровней урожайности (2,42-3,23), накопления энергии в зерне урожая (43,8-58,5 ГДж/га), приращения энергии (0,7-13,5 ГДж/га) и коэффициента энергетической эффективности (1,01-1,31). Наиболее энергетически выгодно при этом возделывание сорта Волгоградка 2 (до 1,31) и ВНИИОЗ 31 (до 1,24). Сорт сои ВНИИОЗ 86 энергетически целесообразно возделывать только при дифференцированном режиме орошения (до 1,06).

Библиографический список

1. Боровой Е.П., Белик О.А., Бородычев В.В. Функционирование соевого симбиоза при капельном орошении на тяжелосуглинистых почвах // Плодородие. 2009. № 2 (47). С. 33-34.
2. Вишнякова М.А., Шувалов С.В. Почему ООН объявила 2016-й год Международным годом зернобобовых// Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2016. Т. 177. Вып. № 3. С. 103-108.
3. Зверев С.В., Сесикашвили О.Ш., Булах Ю.Г. Соя. Переработка и применение // Веау-Bassin. 2018. 177 с.
4. Качество семян сои в зависимости от гербицидов, применяемых при различной густоте стояния растений / Ф.Б. Омаров, А.А. Айтемиров, М.А. Магомедова, Н.Х. Гамидова, У.М. Магомедов //Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 2. С. 152-158.
5. Лукомец В.М., Зеленцов С.В. Методы селекции сои и льна // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 2. С. 19-23.

6. Матвейчук П.Н., Лысенко Н.Н., Прудникова Е.Г. Передовой опыт возделывания сои в производственных условиях ООО «Дубовицкое» Орловской области // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 1 (29). С. 47-55.

7. Методы селекции и семеноводства сои в условиях орошения / В.В. Толоконников, А.А. Новиков, Т.С. Кошкарлова, С.В. Иленева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 86-90.

8. Bertham, R. R. Y. H., Arifin Z., Nusantara A. D. The improvement of yield and quality of soybeans in a coastal area using low input technology based on biofertilizers// International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 2019. 9(3). P. 787-791. doi:10.18517/ijaseit.9.3.6247

9. Saion K., Nishimure K., Kuroda T. Comparison of leaf Photosynthesis between wild and cultivated types of soybean //Plant production science. 2004. Vol. 3. P. 277-279.

10. Soy cultivation technology with gravity drip irrigation in south and Southeast Kazakhstan / R. Yelnazarkyzy, S. B. Kenenbayev, S. V. Didorenko, V. V. Borodychev // Journal of Ecological Engineering. 2019. 20(7). P. 39-44. doi:10.12911/22998993/109862

11. Soy in Brazil: Past, present and future. / F. W. R. Júnior, C. T. Forte, M. A. Scariot, J. Mulinari, L. Galon, A. J. Mossi, H. Treichel //Soybeans: Cultivation, nutritional properties and effects on health. 2017. P. 153-176. Retrieved from www.scopus.com.

12. Soy protein: Impacts, production, and applications / M. Thrane, P. V. Paulsen, M. W. Orcutt, T. M. Krieger // Sustainable protein sources. 2016. P. 23-45. doi:10.1016/B978-0-12

Reference

1. Borovoj E. P., Belik O. A., Borodychev V. V. Funkcionirovanie soevogo simbioza pri kapel'nom oroshenii na tyazhelosuglinistyh pochvah // Plodorodie. 2009. № 2 (47). P. 33-34.

2. Vishnyakova M. A., Shuvalov S. V. Pochemu OON ob'yavila 2016-j god Mezhdunarodnym godom zernobobovyh// Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2016. T. 177. Vol. № 3. P. 103-108.

3. Zverev S. V., Sesikashvili O. Sh., Bulah Yu. G. Soya. Pererabotka i primenenie // BeauBassin. 2018. 177 p.

4. Kachestvo semyan soi v zavisimosti ot gerbicidov, primenyaemyh pri razlichnoj gustote stoyaniya rastenij / F. B. Omarov, A. A. Ajtemirov, M. A. Magomedova, N. H. Gamidova, U. M. Magomedov //Byulleten' nauki i praktiki. 2019. T. 5. № 2. P. 152-158.

5. Lukomec V. M., Zelencov S. V. Metody selekcii soi i l'na // Vestnik rossijskoj sel'sko-hozyajstvennoj nauki. 2019. № 2. P. 19-23.

6. Matvejchuk P. N., Lysenko N. N., Prudnikova E. G. Peredovoj opyt vozdel'nyaniya soi v proizvodstvennyh usloviyah ООО “Dubovickoe” Orlovskoj oblasti // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 1 (29). P. 47-55.

7. Metody selekcii i semenovodstva soi v usloviyah orosheniya / V. V. Tolokonnikov, A. A. Novikov, T. S. Koshkarova, S. V. Ileneva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 3 (47). P. 86-90.

8. Bertham, R. R. Y. H., Arifin Z., Nusantara A. D. The improvement of yield and quality of soybeans in a coastal area using low input technology based on biofertilizers// International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 2019. 9(3). P. 787-791. doi:10.18517/ijaseit.9.3.6247

9. Saion K., Nishimure K., Kuroda T. Comparison of leaf Photosynthesis between wild and cultivated types of soybean //Plant production science. 2004. Vol. 3. P. 277-279.

10. Soy cultivation technology with gravity drip irrigation in south and Southeast Kazakhstan / R. Yelnazarkyzy, S. B. Kenenbayev, S. V. Didorenko, V. V. Borodychev // Journal of Ecological Engineering. 2019. 20(7). P. 39-44. doi:10.12911/22998993/109862

11. Soy in Brazil: Past, present and future. / F. W. R. Júnior, C. T. Forte, M. A. Scariot, J. Mulinari, L. Galon, A. J. Mossi, H. Treichel //Soybeans: Cultivation, nutritional properties and effects on health. 2017. P. 153-176. Retrieved from www.scopus.com.

12. Soy protein: Impacts, production, and applications / M. Thrane, P. V. Paulsen, M. W. Orcutt, T. M. Krieger // Sustainable protein sources. 2016. P. 23-45. doi:10.1016/B978-0-12

Информация об авторах:

Кошкарлова Татьяна Сергеевна, ФГБНУ ВНИИОЗ (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), младший научный сотрудник

<https://orcid.org/0000-0001-8402-1420> koshkarova_ts@vniioz.ru

Толоконников Владимир Васильевич, ФГБНУ ВНИИОЗ(РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

<https://orcid.org/0000-0001-5457-0947> vniioz@yandex.ru

Канцер Галина Павловна, ФГБНУ ВНИИОЗ (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), научный сотрудник

<https://orcid.org/0000-0003-2942-1442> vniioz@yandex.ru

Плющева Надежда Михайловна, ФГБНУ ВНИИОЗ(РФ, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), младший научный сотрудник

<https://orcid.org/0000-0001-8570-4952> vniioz@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 556.12(470.45)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-25

**ПРИЧИНЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, ОСОБЕННОСТИ И ПРОГНОЗ
ВЫПАДЕНИЯ ОСАДКОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
REASONS FOR DISTRIBUTION, FEATURES AND FORECAST
OF SEDIMENT LOSS ON THE TERRITORY OF THE VOLGOGRAD REGION**

С.Ю. Турко¹, кандидат сельскохозяйственных наук

В.В. Бородычев^{2,3}, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

М.В. Власенко¹, кандидат сельскохозяйственных наук

А.К. Кулик¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Ю.И. Васильев¹, доктор сельскохозяйственных наук

S.Yu. Turko¹, V.V. Borodichev^{2,3},

M.V. Vlasenko¹, A.K. Kulik¹, Yu.I. Vasiliev¹

¹ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

³Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А.Н. Костякова³, г. Волгоград

¹*Federal Research Centre of Agroecology, Complex Melioration and Forest Reclamations RAS,
Volgograd*

²*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

³*All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after AN. Kostyakov, Volgograd*

Дата поступления в редакцию 01.08.2019

Received 01.08.2019

Дата принятия к печати 15.09.2019

Submitted 15.09.2019

Цель работы – рассмотрение причин, особенностей и прогноз выпадения осадков на территории Волгоградской области. Были использованы материалы метеорологических станций, литературные данные, результаты наблюдений на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН (г. Волгоград), пакет статистических программ и авторская программа на языке Basic. Авторами был проведен анализ современного представления о факторах, влияющих на распределение осадков по земной поверхности на территории Волгоградской области, сделана попытка объяснения их вариации. Исследованиями подтверждается, что атмосферные осадки являются основным источником влаги для стока и испарения. Выпадение осадков определяется двумя важнейшими факторами: состоянием нижних слоев атмосферы и местоположением территории. Определенную роль играют: рельеф, удален-

ность от океанов и горные структуры, вызывающие образование восходящих потоков и формирующие азональные области на Земле. В результате работы была установлена закономерность цикличности выпадения осадков на основе многолетних наблюдений метеорологических станциями Волгоградской области и приведен алгоритм прогноза осадков на перспективу. Выявлено несколько характерных областей на тренде: периоды с 1955 г. по 1973 г. (переходная область), с 1910 г. по 1951 г. и с 1973 г. по 2008 г. (области с явно выраженными циклическими процессами выпадения осадков). Анализ тренда выпадающих осадков говорит о наличии синхронности, периодичности и цикличности процессов. Исследования имеют практическое направление. Прогноз выпадения осадков позволяет моделировать режимы рек, в том числе и риски наступления наводнений, сводя к минимуму социальные и экономические потери. Также возможно прогнозировать ежегодный смыв от стока талых, ливневых вод и осуществлять меры по предотвращению эрозионных процессов.

The purpose of the work is to consider the causes, characteristics and forecast of precipitation in the Volgograd region. We used the materials of meteorological stations, literature data, the results of observations at the hydrological complex of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Volgograd), a package of statistical programs, and an author program in the Basic language. The authors analyzed the current understanding of the factors influencing the distribution of precipitation over the earth's surface in the Volgograd region, an attempt was made to explain their variations. Studies confirm that precipitation is the main source of moisture for runoff and evaporation. Precipitation is determined by two major factors: the state of the lower atmosphere and the location of the territory. A certain role is played by the relief, remoteness from the oceans, and mountain structures that cause the formation of ascending flows and form azonal regions on the Earth. As a result of the work, the regularity of the cyclical precipitation was established on the basis of long-term observations by meteorological stations of the Volgograd region and an algorithm for forecasting precipitation for the future is presented. Several characteristic areas on the trend have been identified: periods from 1955 to 1973 (transition region), from 1910 to 1951, and from 1973 to 2008 (areas with pronounced cyclic precipitation processes). An analysis of the trend of precipitation indicates the presence of synchronism, periodicity and cyclical processes. Research has a practical direction. The forecast of precipitation allows you to simulate river regimes, including the risks of floods, minimizing social and economic losses. It is also possible to predict the annual runoff from melt, storm water runoff, and implement measures to prevent erosion processes.

Ключевые слова: осадки, водный режим.

Key words: precipitation, water regime.

Цитирование. Турко С.Ю., Бородычев В.В., Власенко М.В., Кулик А.К., Васильев Ю.И. Причины распределения, особенности и прогноз выпадения осадков на территории Волгоградской области *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 198-207. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-25.

Citation. Turko S.Yu., Borodychev V.V., Vlasenko M.V., Kulik A.K., Vasiliev Yu.I. Reasons for distribution, features and forecast of sediment loss on the territory of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 198-207. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-25.

Введение. Общее годовое количество выпадающих осадков, время и динамика их выпадения существенно влияют на многие природные процессы, в том числе на режим рек, эрозионные процессы и др. Атмосферные осадки, выпадающие на поверхность Земли, являются основным источником влаги для стока и испарения. Поэтому к вопросу их оценки всегда было приковано большое внимание. Сейчас уже накоплен достаточно большой научный материал о постоянно происходящих в природе переходах водяного пара в жидкое или твердое состояние, о формировании погоды, переносе вещества через подвижные облачные системы [9, 10, 2]. В целом атмосфера представляется как гигантская тепловая машина, приводящаяся в действие радиацией Солнца. Движение воздушных масс вызывается различным нагревом отдельных участков Земли и перепадом атмосферного давления.

Именно это, по сегодняшним представлениям, заставляет воздух перемещаться из одних районов в другие и в конечном итоге определяет циркуляцию атмосферы Земли, играющую главенствующую роль в распределении осадков на Земле.

Конечно, есть и другие факторы, предопределяющие распределение осадков, а точнее, неравномерность их выпадения. Большее их количество, как показывают многолетние наблюдения, имеет место в экваториальной зоне, с увеличением градусов широтности величина их уменьшается [12, 13, 15]. Варьируют осадки и по территориальному принципу. Например, на Земле, наряду с областями, где наблюдаются обильные осадки, имеются места, где осадки вообще по несколько лет не выпадают.

Выпадение осадков на континентах зависит от переноса влаги с океанов. Отсюда распределение их определенным образом связано с господствующим перемещением воздушных масс и удаленностью территорий от океанов. В прибрежных областях осадков, как правило, выпадает больше, чем во внутренней части материков. В умеренных широтах более увлажнены западные прибрежные зоны. При пассатах, наоборот, больше осадков бывает на восточной части прибрежных территорий. Муссоны также существенно влияют на осадки. Это же можно сказать и о влиянии фронтальных процессов циклонических и антициклонических образований, влиянии горных систем.

Материалы и методы. Целью работы являлось рассмотрение причин распределения, особенностей и прогноз выпадения осадков на территории Волгоградской области. Были использованы материалы метеорологических станций, данные литературных источников, собственные результаты наблюдений на гидрологическом комплексе ФНЦ агроэкологии РАН (г. Волгоград) и интернет-ресурсы. При обработке материалов использовался пакет стандартных статистических программ, а также авторская программа на языке Basic, построенная на принципах последовательной проводки событий.

Результаты и обсуждение. Изучая распределение атмосферных осадков, нельзя не учитывать тот факт, что оно неравномерно и связано с рядом факторов, к наиболее значимым из которых необходимо отнести удаленность от океанов и морей, направления движения воздушных масс или циркуляцию атмосферы и другие факторы [12-15].

Научные и технические достижения не могут сегодня полностью избавить человечество от погодной зависимости. В настоящее время климат рассматривают не только как естественную составляющую роль окружающей среды, но и как компонент биологической, экономической и социальной подсистем, реагирующих на воздействие климата. Количество осадков формирует различный тип климата на различных поясах [10, 16-17].

Круг факторов, влияющих на количественные характеристики осадков, очень широк [6]. Причем сами факторы по своей природе носят вариабельный характер. Не исключение и солнечная радиация, приходящая к земной поверхности (рисунок 1). Здесь одной из причин вариации является динамичность газовой структуры земной атмосферы. Другая причина заключается в том, что поверхность суши и водоемов обладает разными теплоусвояющими свойствами. Определенную роль играет и широта местности. Как видно из рисунка 1, вариация солнечной радиации тем больше, чем меньше значение широты (φ). Иначе говоря, на экваторе эта вариация больше.

Математически это для средних многолетних величин радиации можно выразить следующим образом:

$$q_{\varphi} = q_{m.э.} \left[\frac{1}{1 + 2.615e^{-\lambda(90-\varphi)}} \right], \lambda = (0.062 \cdot 10^{-3\varphi}), \quad (1)$$

где $q_{m.э.}$, q_{φ} – приход суммарной солнечной радиации на экваторе Земли и на отдельных ее широтах; φ – широта местности; λ – длина световой волны.

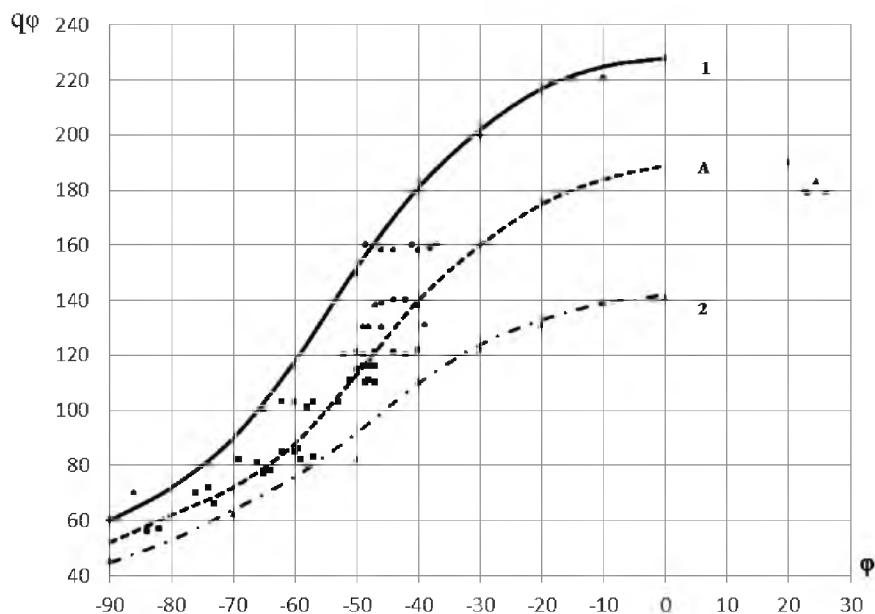


Рисунок 1 – Широтное изменение среднегодовых величин суммарной солнечной радиации (A – средние значения; 1, 2 – зона вариации)

Figure 1 – Latitudinal change in the annual average values of total solar radiation (A - average values; 1, 2 - zone of variation)

Если за основу оценки степени вариации солнечной радиации в функции широты φ взять стандартное отклонение (δ), то можно отметить, что последняя с ростом значений φ уменьшается (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики вариабельности суммарной солнечной радиации, приходящей на земную поверхность

Table 1 – Characteristics of the variability of the total solar radiation coming to the earth's surface

Широта (φ), град. Latitude (φ), deg.	Значения радиации, ккал / cm^2 год Radiation values, kcal / cm^2 year		Средние значения радиации ккал / cm^2 год ($Q_{\text{ср.}}$) Average radiation values kcal / cm^2 year	Стандарт- ное откло- нение, δ_φ Standard deviation	Относительная вели- чина стандартного отклонения $\delta_\varphi/\delta_0^*$ Relative standard de- viation
	max	min			
90	60	44	52	2.67	0.18
80	70	53	61.5	3.83	0.26
70	90	61	75.5	4.83	0.33
60	120	74	97	7.67	0.52
50	155	90	122.5	10.83	0.74
40	183	110	146.5	12.17	0.83
30	204	124	164.6	13.33	0.91
20	214	133	173.5	13.5	0.92
10	224	138	181.0	14.33	0.98
0	228	140	184.0	14.67	1.00

(δ_0^* – стандартное отклонение при $\varphi = 0$).

Математически это можно выразить следующим образом:

$$\delta_\varphi = \delta_0 - 0.17 \cdot 10^{-2} \varphi^2, \quad (2)$$

где δ_0 – стандартное отклонение при $\varphi = 0$; φ – широта местности, град.

Таким образом, средние величины суммарной радиации у поверхности Земли с вероятностью 99 % будут равны:

$$q_{ср.φ} = \left[\frac{1}{1 + 2.615e^{-λ(90-φ)}} \right] \cdot q_{м.э.} \pm 3δ_{φ}, \quad (3)$$

С солнечной радиацией должна быть тесно связана температура воздуха в приземном слое тропосферы, а следовательно, и циркуляционные процессы воздушных масс [5]. Это не совсем справедливо. Температура широтного круга (т. е. средняя температура по широте) изменяется по параболическому закону в функции от широты ($φ$). Однако, как и солнечная радиация, температура воздуха нижних слоев тропосферы также не однозначна, а определенным образом варьирует (рисунок 2). Причем эта вариация также наибольшая у экватора и с ростом $φ$ уменьшается.

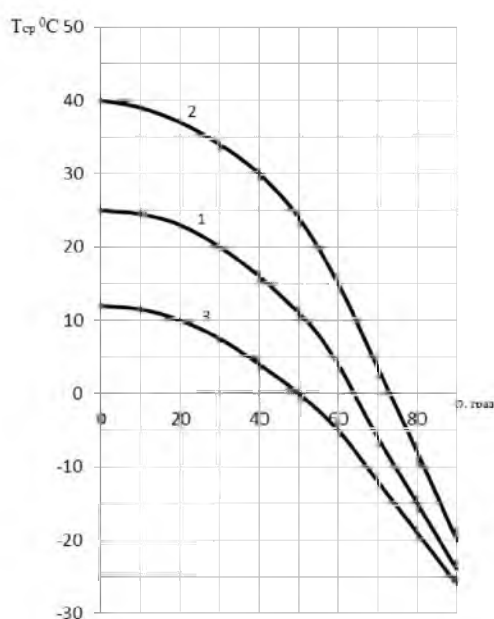


Рисунок 2 – Изменение величин среднегодовых температур воздуха (1) и их вариации в приземном слое тропосферы (2, 3) в функции широты местности

Figure 2 – Change in the values of average annual air temperatures (1) and their variations in the surface layer of the troposphere (2, 3) as a function of latitude

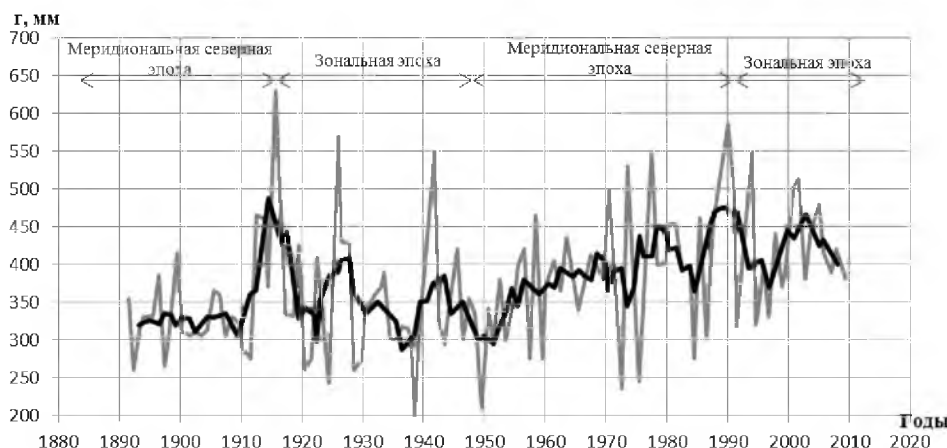
Причины, влияющие на характер перемещения воздушных масс, могли бы быть и в другом обстоятельстве. Так как Земля имеет магнитное поле и представляет собой гигантскую «динамомашину», а положения полюсов во временном аспекте непостоянны [1], мы можем предположить, что если меняется конфигурация магнитного поля Земли, то возможны и изменения характера циркуляции в нижних слоях тропосферы. Не исключено, что это приводит к изменению и количественных характеристик осадков на разных территориях Земли. К тому же от Солнца в земную атмосферу поступает не только огромное количество лучистой энергии, но и большое количество определенным образом зараженных частиц, которые, взаимодействуя с газами атмосферы, изменяют ее свойства. Иначе говоря, происходит ионизация газов атмосферы, которая меняется во времени и является причиной изменения осадкового режима на Земле.

Нельзя не упомянуть и тот факт, что географические полюса тоже дрейфуют. Причем движение происходит по сложной траектории, включающей прецессию (с периодом 26 000 лет) и нутации (с циклами от нескольких дней до 18,6 лет) [3].

Характер циркуляции атмосферы, а следовательно, и режим осадков на Земле может быть связан с инверсией магнитного поля Солнца и его активностью (числами Вольфа), которые происходят регулярно с 11-летними циклами (а точнее с циклами от 7 до 17 лет) [11, 7, 8].

Из всего вышеизложенного следует важный вывод, что осадки определяются двумя главнейшими факторами: состоянием нижних слоев атмосферы и местоположением территории. Играть определенную роль рельеф, удаленность от океанов и горные структуры, вызывающие образование восходящих потоков и формирующие аazonальные области на Земле. В этом аспекте интересно рассмотреть, каким образом в многолетнем цикле формировались осадки в Волгоградской области с относительно ровным рельефом и удаленностью от океана. В основу был положен тренд, разработанный А.Н. Сажиным [7].

Как показывают обработанные данные на рисунке 3, четко выделяется несколько характерных областей на тренде. Это периоды с 1955 г. по 1973 г. (переходная область), с 1910 г. по 1951 г. и с 1973 г. по 2008 г. (области с явно выраженными циклическими процессами выпадения осадков) [7]. В связи с этим возникает целый ряд закономерных вопросов. Во-первых, чем обусловлена такая картина событий? Вышеописанные причины варьирования осадков не объясняют это. Во-вторых, могут ли выявленные закономерности обеспечить прогноз на перспективу динамики годовых величин осадков? В-третьих, насколько выявленные закономерности универсальны с позиций привязки их к другим территориям Земли, а не только к территории Волгоградской области? В современной литературе данных, объясняющих отмеченные феномены, нет. Акцентируем на этом внимание и надеемся, что специалисты, имеющие дело с метеорологией и климатологией, попытаются это объяснить с позиций общезакономерностей о Земле и осадках.



Note: Меридиональная северная эпоха – Meridional Northern Era Зональная эпоха – Zonal Era

Рисунок 3 – Вековой ход выпадения осадков в Волгоградской области

Figure 3 – Century-long course of precipitation in the Volgograd region

Долгосрочный прогноз выпадения осадков на сегодняшний день стоит очень остро. Он будет важным и в долгосрочной перспективе, но потребовать разработки определенных теоретических аспектов и цифровых технологий. Сегодня таких технологий нет. Поэтому наши исследования идут по упрощенному пути. Прогнозная часть была осуществлена на аналоговой основе. Гипотетически предполагалось, что процессы в будущем будут протекать так же синхронно, как они протекают в анализируемом периоде, то есть прини-

мается, что за второй циклической областью будет следовать переходная область, далее первая циклическая область и т. д. На этой основе и создавался алгоритм, приведённый на рисунке 4, в результате чего была разработана компьютерная программа.

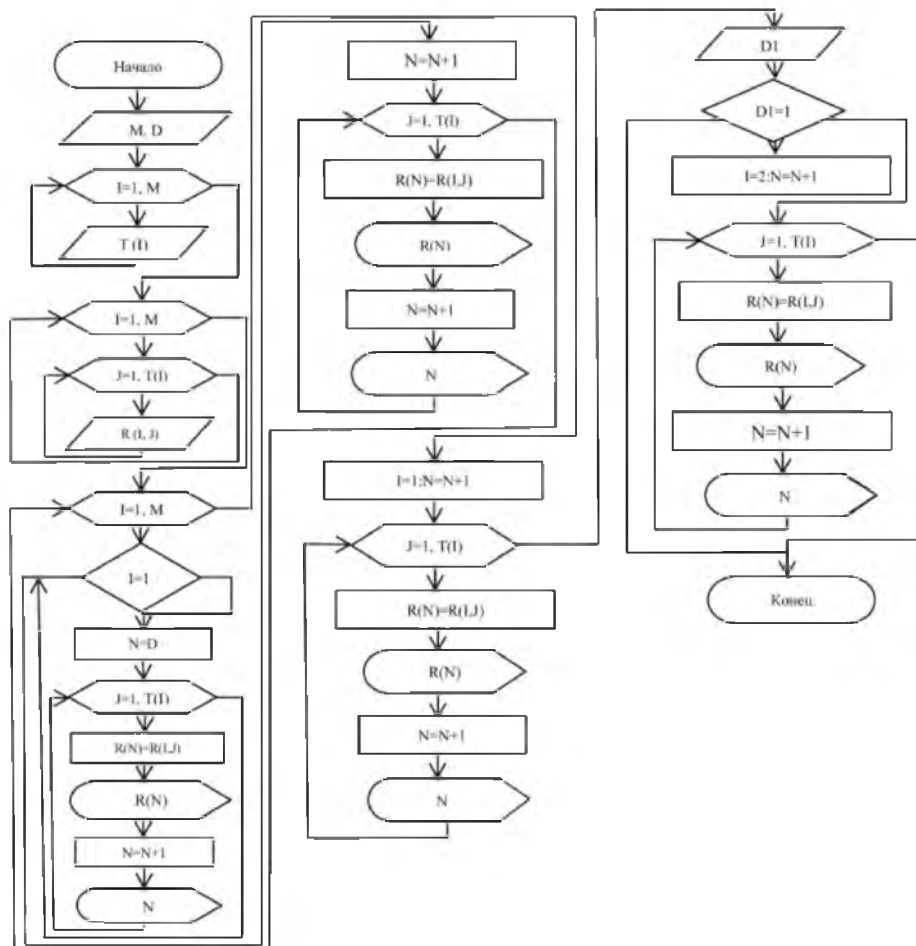


Рисунок 4 – Алгоритм прогноза годового количества осадков на перспективу в Волгоградской области

Figure 4 – Algorithm for forecasting the annual amount of precipitation for the future in the Volgograd region

Согласно разработанному алгоритму спрогнозировано, что в период с 2002 г. по 2030 г. годовое количество осадков будет снижаться, достигая к 2021 г. минимума, равного 310-320 мм. Затем наступит период стабилизации. Начиная с 2030 г. будет проявляться циклический процесс выпадения осадков, когда годовое количество будет изменяться по закону первой гармонии (первая циклическая область на рисунке 3). Здесь осадки будут варьировать от 470 до 290 мм.

Прогнозная часть хода выпадения осадков на территории Волгоградской области позволяет моделировать режимы рек, в том числе и риски наступления наводнений. Наводнение, как стихийное бедствие, невозможно предотвратить, но можно ослабить или локализовать, тем самым сведутся к минимуму социальные и экономические потери. Кроме того, количество выпадающих осадков коррелирует с интенсивностью эрозионных процессов. Зная ритмичность выпадения осадков, возможно прогнозировать ежегодный смыл от стока талых, ливневых вод и осуществлять меры по предотвращению эрозионных процессов.

Заключение. Анализ тренда выпадающих осадков на территории Волгоградской области говорит о наличии определенных, ранее неизвестных закономерностей в долгосрочном аспекте, а точнее, о наличии синхронности, периодичности и цикличности процессов. Можно предположить, что такая же закономерность может проявляться и на других территориях Земли и даже может быть связана с широтностью. Однако существующие на сегодня теоретические разработки в этой области исследований, а также общезначимая основа не позволяют объективно это утверждать, поскольку не дают возможности объяснить выявленный феномен. Поэтому сегодня прогнозы можно осуществлять лишь на трендовой основе с использованием определенных предположений и допущений. Причем для установления зависимости процессов годового выпадения осадков от широты местности нужны аналогичные подходы при расчетах осадков на других территориях Земли.

Библиографический список

1. Астрономический портал «Имя Галактики» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.galactic.name/articles/astronomical_lecture_0023_earth_magnetic_field.ph.
2. Бардин М. Ю., Булыгина О. Н., Платова Т. В. Экстремальность климата // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. С. 171-202.
3. Барабанов А.Т. Научные основы противоэрозионной мелиорации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 23-30.
4. Катцов В. М., Школьник И. М., Ефимов С. В. Перспективные оценки изменений климата в Российских регионах: детализация в физическом и вероятностном пространствах // Метеорология и гидрология. 2017. № 7. С. 68-80.
5. Куликова И.А., Круглова Е.Н., Киктев Д.Б. Крупномасштабные моды атмосферной изменчивости. Часть II. Их влияние на пространственное распределение температуры и осадков на территории северной Евразии // Метеорология и гидрология. 2015. № 4. С. 5-16.
6. Кулик К.Н., Рулев А.С., Ткаченко Н.А. Изменения климата и агролесомелиорация // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. №2(46). С. 58-67.
7. Кулик К.Н., Рулев А.С., Сажин А.Н. Глобальные процессы дефляции в степных экосистемах. // Метеорология и гидрология. 2018. № 9. С. 72-80.
8. Научная библиотека избранных естественнонаучных изданий [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://stu.alnam.ru/book_mor-39.
9. Павлова В.Н., Сиротенко О.Д. Наблюдаемые изменения климата и динамика продуктивности сельского хозяйства России // Труды ГГО. 2012. № 565. С. 132-151.
10. Пугачёва А.М. Особенности климатических флуктуаций в сухих степях и их роль в восстановлении вторичных фитоценозов // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность. Севастополь: ФГАОУ ВО «СевГУ», 2017. С. 1087-1090.
11. Сажин А.Н., Кулик К.Н., Васильев Ю.И. Погода и климат Волгоградской области. В.: ВНИАЛМИ, 2017. 333 с.
12. Alexander L.V. Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond // Weather and Climate Extremes. 2016. vol. 11. P. 4-16.
13. Catto J.L., Pfahl S. The importance of fronts for extreme precipitation // J. Geophys. Res. Atmos. 2013. vol. 118. P. 791-801.
14. Chen Y., Zhai P. Changing structure of wet periods across southwest China during 1961-2012. // Clim. Res. 2014. Vol. 61. P. 123-131.
15. How much does it rain over land? / N. Herold, L. V. Alexander, M. G. Donat, S. Contractor, A. Becker // Geophys. Res. Lett. 2016. Vol. 43. P. 341-348. DOI:10.1002/2015GL066615.
16. Percentile indices for assessing changes in heavy precipitation events / C. Schar, N. Ban, E. M. Fischer [et al.] // Climatic Change. 2016. Vol. 137. P. 201-216.

17. Understanding, modeling and predicting weather and climate extremes: Challenges and opportunities / J. Sillmann, T. Thorarindottir, N. Keenlyside [et al.] // Weather and Climate Extremes. 2017. Vol. 18. P. 65-74.

Reference

1. Astronomicheskij portal "Imya Galaktiki" [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://www.galactic.name/articles/astronomical_lecture_0023_earth_magnetic_field.ph.
2. Bardin M. Yu., Bulygina O. N., Platova T. V. Jekstremal'nost' klimata // Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii. M.: Rosgidromet, 2014. P. 171-202.
3. Barabanov A. T. Nauchnye osnovy protivojerozionnoj melioracii // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2 (50). P. 23-30.
4. Katcov V. M., Shkol'nik I. M., Efimov S. V. Perspektivnye ocenki izmenenij klimata v Rossijskih regionah: detalizaciya v fizicheskom i veroyatnostnom prostranstvakh // Meteorologiya i gidrologiya. 2017. № 7. P. 68-80.
5. Kulikova I. A., Kruglova E. N., Kiktev D. B. Krupnomasshtabnye mody atmosfernoj izmenchivosti. Chast' II. Ih vliyanie na prostranstvennoe raspredelenie temperatury i osadkov na territorii severnoj Evrazii // Meteorologiya i gidrologiya. 2015. № 4. P. 5-16.
6. Kulik K. N., Rulev A. S., Tkachenko N. A. Izmeneniya klimata i agrolesomelioraciya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. №2(46). P. 58-67.
7. Kulik K. N., Rulev A. S., Sazhin A. N. Global'nye processy deflyacii v stepnyh jkosistemah. // Meteorologiya i gidrologiya. 2018. № 9. P. 72-80.
8. Nauchnaya biblioteka izbrannyh estestvennonauchnyh izdanij [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: http://stu.alnam.ru/book_mor-39.
9. Pavlova V. N., Sirotenko O. D. Nablyudaemye izmeneniya klimata i dinamika produktivnosti sel'skogo hozyajstva Rossii // Trudy GGO. 2012. № 565. P. 132-151.
10. Pugachjova A. M. Osobennosti klimaticheskikh fluktuacij v suhih stepyah i ih rol' v voss-tanovlenii vtorichnyh fitoceno-zov // Jekologicheskaya, promyshlennaya i jenergeticheskaya bezopas-nost'. Sevastopol': FGAOU VO "SevGU", 2017. P. 1087-1090.
11. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasil'ev Yu. I. Pogoda i klimat Volgogradskoj oblasti. V.: VNIALMI, 2017. 333 p.
12. Alexander L.V. Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond // Weather and Climate Extremes. 2016. vol. 11. P. 4-16.
13. Catto J.L., Pfahl S. The importance of fronts for extreme precipitation // J. Geophys. Res. Atmos. 2013. vol. 118. P. 791-801.
14. Chen Y., Zhai P. Changing structure of wet periods across southwest China during 1961-2012. // Clim. Res. 2014. Vol. 61. P. 123-131.
15. How much does it rain over land? / N. Herold, L. V. Alexander, M. G. Donat, S. Contractor, A. Becker // Geophys. Res. Lett. 2016. Vol. 43. P. 341-348. DOI:10.1002/2015GL066615.
16. Percentile indices for assessing changes in heavy precipitation events / C. Schar, N. Ban, E. M. Fischer [et al.] // Climatic Change. 2016. Vol. 137. P. 201-216.
17. Understanding, modeling and predicting weather and climate extremes: Challenges and opportunities / J. Sillmann, T. Thorarindottir, N. Keenlyside [et al.] // Weather and Climate Extremes. 2017. Vol. 18. P. 65-74.

Информация об авторах

Турко Светлана Юрьевна, научный сотрудник лабораторий лесной мелиорации и лесохозяйственных проблем ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник. E-mail: turkosvetlana73@mail.ru
ORCID: orcid.org/0000-0002-2546-4755

Бородычев Виктор Владимирович, профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.). Директор Волгоградского филиала Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костяков (Российская Федерация, 400002, Волгоградская обл, Волгоград г, Тимирязева, 9)., доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ
E-mail: vkoniigim@yandex.ru, т. +7 (8442) 41-15-05, 89064048042
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>.

Власенко Марина Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат с.-х. наук. E-mail: vlasencomarina@mail.ru
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>

Кулик Алексей Константинович, зав. лабораторией гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник.
E-mail: kulikak79@yandex.ru

Васильев Юрий Иванович, научный консультант лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), доктор с.-х. наук, Заслуженный деятель науки РФ.
E-mail: turkosvetlana73@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-2546-4755

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.92:633.11 «321»

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-26

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ МЕТОДОМ КОРРЕЛЯЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УРОЖАЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL FACTORS BY CORRELATION METHOD ON FORMATION OF THE STRUCTURE OF THE CROP OF SPRING WHEAT IN THE DRY ZONE OF THE LOWER VOLGA REGION

В.Ю. Селиванова, соискатель, научный сотрудник

V.Yu. Selivanova

*Нижне-Волжский НИИ сельского хозяйства – филиал ФНЦ агроэкологии РАН,
Российская Федерация, 403013, Волгоградская область, Городищенский район,
пос. Областной сельскохозяйственной опытной станции*

*¹Nizhne-Volzhsky Research Institute of Agriculture - Branch of the Federal Research Center
for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Volgograd*

Дата поступления в редакцию 25.05.2019
Received 25.05.2019

Дата принятия к печати 05.09.2019
Submitted 05.09.2019

За годы мониторинга посевов яровой пшеницы по классическим технологиям, таким как отвальная (контрольная), безотвальная и поверхностная обработка в условиях сухостепной зоны, урожайность изменялась от 0,5 т/га до 2,7 т/га под влиянием метеоусловий вегетационного периода растений. Исследования показали, что за период наблюдения 2014-2018 гг. преобладали «сухие» годы в сочетании с высокими температурами в период важных фаз роста и развития яровой пшеницы, что не дало возможности получать высокие урожаи. Влагообеспеченным за этот период был только 2016 год с ГТК 0,9, который обеспечил урожайность в 2 раза выше всех остальных учтенных лет и составил 2,3 т/га – 2,7 т/га по разным обработкам почвы. Безотвальная обработка по всем годам исследования показала лучшие результаты по урожайности и элементам структуры урожая яровой пшеницы. На

основании полученных данных выявлена корреляционная зависимость элементов структуры урожая (урожайность, масса 1000 семян, число зерен с колоса) яровой пшеницы от факторов метеоусловий года (количество осадков, средневегетационной температуры и средневегетационной относительной влажности, ГТК). Теснота и направленность корреляции урожайности яровой пшеницы кардинально меняется под влиянием метеоусловий года. Коэффициент детерминации меняется от 0,003 до 0,618 в пределах всех обработок почвы, большая корреляционная зависимость наблюдается от количества осадков за вегетационный период. Наибольшая взаимосвязь элементов структуры яровой пшеницы в условиях сухостепной зоны с недостаточным увлажнением в вегетационный период наблюдается при возделывании по отвальной обработке почвы. Все коэффициенты детерминации при сложившемся влиянии метеоусловий вегетационного периода выращивания яровой пшеницы находятся в пределах положительной корреляции.

Over the years of monitoring spring wheat crops using classical technologies, such as dump (control), landfill and surface tillage in the dry steppe zone, productivity varied from 0,5 t / ha to 2,7 t / ha under the influence of weather conditions of the plant growing season. Studies have shown that for the observation period of 2014-2018. «dry» years prevailed in combination with high temperatures during the important phases of growth and development of spring wheat, which made it impossible to obtain high yields. Only 2016 with a SCC of 0.9 was moisture-proof for this period, which ensured a yield 2 times higher than all the other recorded years and amounted to 2,3 t / ha – 2,7 t / ha for different tillages. Subsurface processing for all years of the study showed the best results in terms of yield and structural elements of the spring wheat crop. Based on the data obtained, a correlation dependence of the elements of the crop structure (yield, 1000 seeds, number of grains per ear) of spring wheat on the factors of weather conditions of the year (rainfall, average vegetation temperature and average vegetative relative humidity, SCC) was revealed. The tightness and orientation of the correlation of spring wheat productivity is radically changing under the influence of weather conditions of the year. The determination coefficient varies from 0,003 to 0,618 within all tillages, a large correlation is observed on the amount of precipitation during the growing season. The greatest correlation of the structural elements of spring wheat in the dry steppe zone with insufficient moisture during the growing season is observed when cultivating on dump soil cultivation. All determination coefficients under the prevailing influence of meteorological conditions of the growing season of spring wheat.

Ключевые слова: яровая пшеница, корреляционный анализ.

Key words: spring wheat, correlation analysis.

Цитирование. Селиванова В.Ю. Оценка влияния метеорологических факторов методом корреляции на формирование структуры урожая яровой пшеницы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК.* 2019. 3(55). 207-214. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-26.

Citation. Selivanova V.Yu. Assessment of the influence of meteorological factors by the method of correlation on the formation of the structure of spring wheat harvest in the dry steppe zone of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 207-214. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-26.

Введение. В сухостепной зоне Нижнего Поволжья недостаток запасов почвенной влаги и метеорологическая особенность зоны с ее недостаточной обеспеченностью атмосферными осадками и почвенно-воздушными засухами являются актуальным вопросом для изучения и подбора технологий для выращивания стабильных и высоких урожаев [7, 6. 12].

Атмосферные осадки являются главным источником запасов почвенной влаги для сухостепной зоны. Резко континентальный климат имеет особенность быстро сменять времена года, что способствует резкому наступлению весны или, наоборот, её затяжному приходу. Это влияет на запасы влаги на момент посева [2, 4]. Очень

важными условиями являются среднесуточные температуры и среднесуточная влажность, которые в совокупности с осадками оказывают сильное влияние на формирование будущего урожая [9, 13].

Большое количество влаги почвы теряется на сток и физическое испарение, что в условиях засушливого вегетационного периода снижает урожайность сельскохозяйственных культур в разы [10, 14]. В данном случае можно повлиять на запасы почвенной влаги путем подбора адаптивной обработки почвы, пригодной для использования в этой зоне [11, 1].

Изучая метеоусловия сухостепной зоны и влияние их на урожайность и элементы структуры, целесообразно провести оценку корреляционной зависимости этих факторов. Корреляционный анализ способен исследовать взаимосвязи при выращивании зерновых культур, в частности яровой пшеницы. Анализ производился при помощи диаграмм разброса или оценки корреляционной взаимосвязи параметров, которые являются важнейшей частью корреляционно-регрессионного анализа [3, 5, 8].

Материалы и методы. На научном поле НВНИИСХ был заложен стационар, представляющий многофакторный опыт, который позволяет изучить влияние классических технологий на возделывание сельскохозяйственных культур в зернопаровом 4-хпольном севообороте. Одним из изучаемых факторов является основная обработка почвы: отвальная – на глубину 0,25-0,27 м плугом ПН-4-35, безотвальная обработка орудием ОЧО-5-40 – на глубину 0,2-0,22 м, поверхностная – на глубину 0,1-0,12 м орудием БДМ-3 и наложенные на варианты обработки почвы посевы – сеялкой СЗС-2,1 (Омичка, анкерный сошник).

Опыт проводится в сухостепной зоне Нижнего Поволжья. Почва опытного участка светло-каштановая с содержанием гумуса в пахотном слое 1,74%, общего азота и фосфора – 0,12% и 0,11% соответственно. Сумма поглощенных оснований составляет 25,7 мг/экв. на 100 г почвы, т.е. почва участка обладает невысокой обменной способностью. В составе обменных катионов 95,9% от суммы поглощения приходится на кальций и магний и 0,9% натрия, т.е. почва участка не солонцеватая, общее содержание солей по кислотному остатку в пределах 0,062-0,072%, т.е. почва по степени засоления – незасоленная. По классификации Качинского почва по механическому составу иловато-крупнопылеватый тяжелый суглинок: физического песка содержит 49,3% и 50,7% физической глины. Реакция почвенного раствора в пахотном слое – рН-8,1. Почвы щелочные по своему составу.

Размещение вариантов (А) последовательное и вариантов (Б) блоками в три яруса. Всего 153 делянки. Длина делянки 70 м. Ширина делянки общая 7,6 м, учетная – 2,1 м. Площадь делянки 532 м, учетная 147 м в трехкратной повторности.

Результаты и обсуждение. Метеоусловия последних лет складывались таким образом, что не позволяли получать стабильные урожаи озимой пшеницы, поэтому предпочтение отдавалось изучению яровых зерновых. Данная статья построена на анализе полученных результатов по возделыванию яровой пшеницы в опыте.

На рисунке 1 представлены метеорологические условия вегетационного периода яровой пшеницы 2014-2018 годов. Самым продуктивным по количеству осадков был 2016 год. Благодаря своевременному выпадению осадков в важные для роста и формирования урожая периоды, по яровой пшенице была получена самая высокая урожайность в 2016 году ГТК 0,9. Немного ниже получена урожайность в 2015 и 2017 годах, что объясняется меньшим выпадением осадков с ГТК 0,5 и 0,7 соответственно. Очень засушливыми являются 2014 и 2018 годы, с ГТК 0,2 и 0,4 соответственно. Стоит отметить, что во все годы исследований наблюдалась воздушная и почвенная засуха в важные для роста и развития фазы, что снизило урожайность яровой пшеницы.

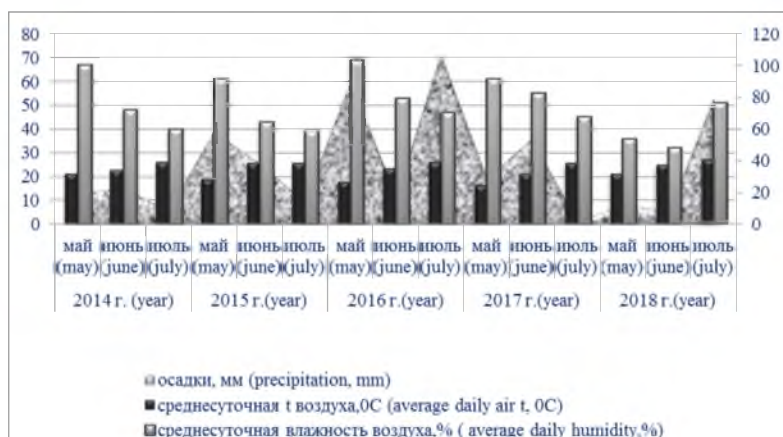


Рисунок 1 – Метеорологические показатели вегетационного периода 2014-2018 гг.

Figure 1 – Meteorological indicators of the vegetation period 2014-2018

Прослеживается четкое преобладание осадков в 2016 году. Продуктивные и своевременные осадки в важные фазы роста и развития растений дают возможность сформировать хорошую урожайность, такую же, как в 2016 году. Диаграмма четко показывает, что остальные годы (2014, 2015, 2017 и 2018 гг.) имеют низкие показатели по осадкам относительно средневегетационных температуры и влажности воздуха. Это свидетельствует о том, что вегетационный период этих лет исследований отличался наличием сильных воздушных засух, что привело к пересушиванию верхних слоев почвы и впоследствии к низкому урожаю яровой пшеницы.

Урожайность и элементы структуры урожая яровой пшеницы представлены на рисунке 2. Преимущество безотвальной обработки прослеживается не только по урожайности, но и по элементам структуры. Стоит отметить, что число зерен с колоса яровой пшеницы, выращенной по отвальной технологии, очень близко со значениями по безотвальной обработке, но количество зерна в некоторые годы было несколько ниже. Это связано с невыполненностью зерна. Масса 1000 семян показывает такую же закономерность, что и урожайность с преобладанием безотвального фона.

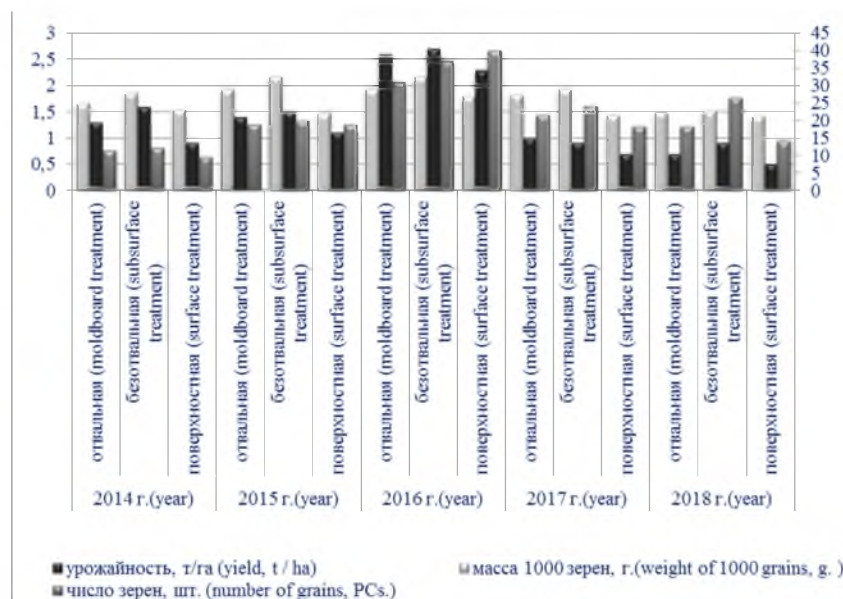


Рисунок 2 – Урожайность яровой пшеницы и основные элементы структуры за 2014-2018 гг.

Figure 2 – Yield of spring wheat and the main structural elements for 2014-2018

На основании полученных данных за 2014-2018 гг. был проведен корреляционно-регрессивный анализ. Математическая обработка выявила корреляционную зависимость, выраженную коэффициентом детерминации. Данные зависимости метеорологических факторов вегетационного периода на урожайность яровой пшеницы и элементы структуры урожая (такими, как масса 1000 семян и количество зерен с одного колоса) представлены на рисунке 3.

Корреляционно-регрессивный анализ выявил связь метеорологических составляющих (количество осадков за вегетацию, ГТК, средневегетационная температура и относительная влажность за период вегетации) с урожайностью и элементами ее структуры. Самый высокий коэффициент детерминации во всех вариантах при влиянии осадков и ГТК. Это объясняется очень сильной зависимостью урожая от выпадения осадков в сухостепной зоне. Стоит отметить, что отвалный и поверхностный фоны более зависимы от этих показателей по урожайности, где коэффициент детерминации составил $R^2 = 0,518$ и $R^2 = 0,618$ соответственно по обработкам, а на безотвальном фоне он составил $R^2 = 0,369$. Взаимосвязь числа зерен с колоса с осадками еще выше и составила $R^2 = 0,839$ на отвальном фоне и $R^2 = 0,820$ на поверхностном фоне, а с ГТК по отвалной обработке $R^2 = 0,932$. Высокий показатель детерминации от ГТК обусловлен тем, что гидротермический коэффициент основан на двух наиболее важных показателях: осадках и температуре, – что дает возможность более тесной корреляционной связи. Самый низкий результат этого показателя от осадков на безотвальном фоне, $R^2 = 0,714$.

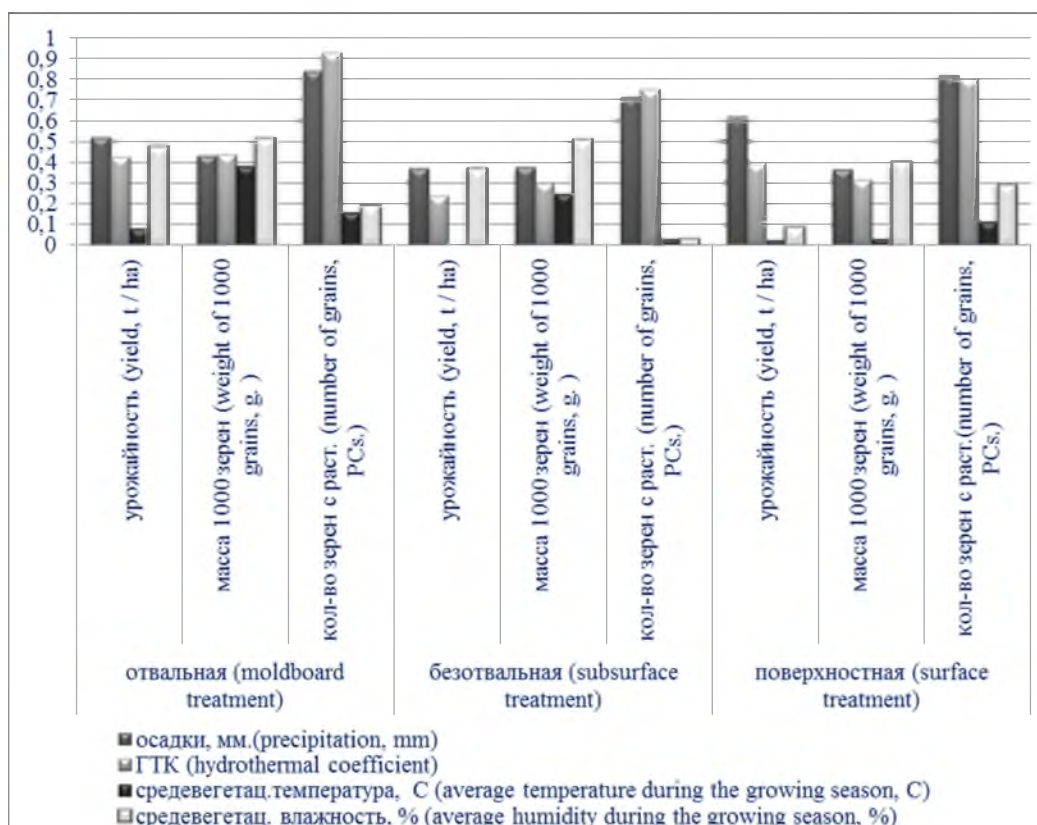


Рисунок 3 – Коэффициент детерминации урожайности и элементов структуры яровой пшеницы от метеорологических факторов за 2014-2018 гг. в зависимости от основных обработок почвы

Figure 3 – The coefficient of determination of yield and structural elements of spring wheat from meteorological factors for 2014-2018. depending on the main tillage

Средневегетационная температура более всего повлияла на массу 1000 зерен, потому что в период формирования зерна условия на отвальной и безотвальной фонах, с $R^2 = 0,434$ и $R^2 = 0,252$ соответственно, были более благоприятны, чем на поверхностном фоне.

Из данных таблицы 1 видно, что корреляционно-регрессивный анализ выявил, что в среднем по обработкам почвы корреляционная зависимость выше от метеоусловий вегетационного периода и урожайности яровой пшеницы на отвальной обработке, где коэффициент детерминации составил $R^2=0,45$. Немного ниже зависимость на поверхностном фоне, где $R^2=0,35$, и самая низкая корреляционная зависимость в условиях безотвальной обработки $R^2=0,33$. Это связано со способностью безотвальной технологии продуктивно расходовать влагу почвы на формирование урожая. Этот вопрос поднимался ранее в статьях, где указано, что коэффициент водопотребления яровой пшеницы, выращиваемой по безотвальной технологии значительно ниже других вариантов обработки почвы.

Таблица 1 – Коэффициент детерминации урожайности и элементов структуры яровой пшеницы от метеорологических факторов за 2014-2018 гг. в зависимости от основных обработок почвы

Table 1 – The coefficient of determination of yield and structural elements of spring wheat from meteorological factors for 2014-2015 depending on the main tillage

Наименование показателей (Name of indicators)	Виды обработок почвы (Types of soil treatments)		
	Отвальная (Moldboard)	Безотвальная (Subsurface)	Поверхностная (Surface)
	Урожайность, т/га /yield, t/ha		
Количество осадков, мм (precipitation, mm)	0,518	0,369	0,618
ГТК (hydrothermal coefficient)	0,428	0,235	0,393
Средневегетационная температура, °C (average temperature during the growing season, C)	0,086	0,016	0,003
Средневегетационная относительная влажность, % (average humidity during the growing season, %)	0,481	0,377	0,09
	Масса 1000 зерен, г/weight of 1000 grains, g		
Количество осадков, мм (precipitation, mm)	0,434	0,375	0,364
ГТК (hydrothermal coefficient)	0,435	0,298	0,316
Средневегетационная температура, °C (average temperature during the growing season, C)	0,384	0,252	0,037
Средневегетационная относительная влажность, % (average humidity during the growing season, %)	0,519	0,515	0,406
	Число зерен с колоса, шт./ number of grains, PCs.		
Количество осадков, мм	0,839	0,714	0,820
ГТК (hydrothermal coefficient)	0,932	0,751	0,801
Средневегетационная температура, °C (average temperature during the growing season, C)	0,163	0,034	0,121
Средневегетационная относительная влажность, % (average humidity during the growing season, %)	0,197	0,038	0,298
Среднее по обработке (average value)	0,45	0,33	0,35

Заключение. Проведенный корреляционный анализ показал, что наибольшая взаимосвязь элементов структуры урожая яровой пшеницы в условиях сухостепной зоны с недостаточным увлажнением в вегетационный период наблюдается при возделывании

вании по отвальной обработке почвы. Все коэффициенты детерминации при сложившемся влиянии метеоусловий вегетационного периода выращивания яровой пшеницы находятся в пределах положительной корреляции.

Наибольший вклад показателей корреляционной зависимости урожайности яровой пшеницы наблюдается от осадков в вегетационный период. Корреляционная зависимость на отвальном и поверхностном фоне больше, чем на безотвальном фоне, что говорит о влагозависимости этих обработок от осадков. ГТК выявил более тесную корреляционную зависимость при формировании зерна в растениях яровой пшеницы. На массу 1000 зерен наибольшее влияние оказала средневегетационная влажность воздуха.

Среди всех корреляционных зависимостей элементов структуры урожайности яровой пшеницы за 2014-2018 гг. более тесная линейная зависимость обеспечивается между числом зерен с растения и метеорологических показателей года.

Библиографический список

1. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на продуктивность пшеницы /Ю.Н. Плескачев, Н.В. Перекрестов, Е.А. Скороходов, Е.А. Шаропова // Плодородие. 2016. № 4 (91). С. 6-7.
2. Елисеев В.И., Сандакова Г.Н. Зависимость формирования элементов структуры урожая яровой твердой пшеницы от погодных факторов и минерального питания в условиях Оренбургского Предуралья //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 27-29.
3. Корреляционные связи селекционных признаков, определяющих продуктивность образцов нута (*CICER ARIETINUM L.*) из коллекции ВИР в условиях Тамбовской области /С.В. Булынец, Л.Ю. Новикова, Г.А. Гриднев, Е.А. Сергеев // Сельскохозяйственная биология. 2015. №1. С. 63-74.
4. Куркова И.В. Продолжительность вегетационного периода яровой пшеницы в зависимости от погодных условий в южной зоне Амурской области //Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 2 (46). С. 19-25. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-1202
5. Муратов М.Р., Гилязов М.Ю. Корреляция урожайности зерновых и зернобобовых культур от агрохимических параметров почв и погодных условий// Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 2 (36). С. 128-135. DOI 10.12737/12517
6. Плескачев Ю.Н., Борисенко И.Б., Цепляев А.Н. Технология основной обработки почвы и оборудование для его выполнения // Научная жизнь. 2016. № 2. С. 65-74.
7. Ресурсосберегающие технологии на черноземах южных Оренбургской области /Ф.Г. Бакиров, Г.В. Петрова, А.П. Долматов, Д.Г. Петров // Достижения науки и техники АПК. 2014. №5. С. 3-5.
8. 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(49). С. 154-156.
9. Селиванова В.Ю., Болдырь Д.А. Энергоэффективность осадков вегетационного периода яровой пшеницы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2018. № 3(51). С. 196-203.
10. Спичков С.И., Фомин В.Н. Влияние приемов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на засоренность, агрофизические свойства почвы и продуктивность ячменя //Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2014. Т.9. № 1 (31). С. 139-143.
11. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в различных звеньях севооборота/С.В. Богомазов, П.А. Ильченко, М.А. Симонян и др. // Нива Поволжья. 2016. № 4 (41). С.2-8.
12. Assessing the degree of physical degradation and suitability of chernozems for the minimization of basic tillage/ Т.А. Trofimova, S.I. Korzhov, V.A. Gulevsky, V.N.Obratsov // Eurasian Soil Science. 2018. Vol. 51. № 9. P. 1080-1085.
13. Ebi K.L., Ziska L.H., Yohe G.W. The shape of impacts to come: lessons and opportunities for adaptation from uneven increases in global and regional temperatures //Climatic change. 2016. Vol. 139. № 3-4. P.341-349.

14. Sarychev A.N. Peculiarities of ecological conditions for the formation of spring barley bioproductivity in the arid zone of Volgograd oblast on lands exposed to deflation // *Arid Ecosystems*. 2018. Vol. 8. № 2. P. 129-134.

Reference

1. Vliyanie sposobov osnovnoj obrabotki pochvy i udobrenij na produktivnost' pshenicy /Yu. N. Pleskachjov, N. V. Perekrestov, E. A. Skorohodov, E. A. Sharapova // *Plodorodie*. 2016. № 4 (91). P. 6-7.

2. Eliseev V.I., Sandakova G.N. Zavisimost' formirovaniya jelementov struktury urozhaya yarovoj tvrdoj pshenicy ot pogodnyh faktorov i mineral'nogo pitaniya v usloviyah Orenburgskogo Predural'ya // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018. № 6 (74). P. 27-29.

3. Korrelyacionnye svyazi selekcionnyh priznakov, opredelyayuschih produktivnost' obrazcov nuta (CICER ARIETINUM L.) iz kolleksii VIR v usloviyah Tambovskoj oblasti /S.V. Bulyncev, L.Yu. Novikova, G.A. Gridnev, E.A. Sergeev // *Sel'skohozyajstvennaya biologiya*. 2015. №1. P. 63-74.

4. Kurkova I. V. Prodolzhitel'nost' vegetacionnogo perioda yarovoj pshenicy v zavisimosti ot pogodnyh uslovij v yuzhnoj zone Amurskoj oblasti // *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*. 2018. № 2 (46). P. 19-25. DOI: 10.24411/1999-6837-2018-1202/

5. Muratov M. R., Gilyazov M. Yu. Korrelyaciya urozhajnosti zernovyh i zernobobovyh kul'tur ot agrohimičeskikh parametrov pochv i pogodnyh uslovij // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. Vol. 10. № 2 (36). P. 128-135. DOI 10.12737/12517.

6. Pleskachev Yu.N., Borisenko B., Ceplyaev A. N. Tehnologiya osnovnoj obrabotki pochvy i oborudovanie dlya ego vypolneniya // *Nauchnaya zhizn'*. 2016. № 2. P. 65-74.

7. Resursosberegayushchie tehnologii na chernozemah yuzhnyh Orenburgskoj oblasti /F.G. Bakirov, G.V. Petrova, A.P. Dolmatov, D.G. Petrov // *Dostizheniya nauki i tehniki APK*. 2014. №5. P. 3-5.

8. Selivanova V.Yu. Vlogoobespechennost' yarovykh 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(49). P. 154-156.

9. Selivanova V.Yu., Boldyr' D.A. Jenergojeffektivnost' osadkov vegetacionnogo perioda yarovoj pshenicy v suhostepnoj zone Nizhnego Povolzh'ya // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*. 2018. № 3(51). P. 196-203.

10. Spichkov S.I., Fomin V.N. Vliyanie priemov osnovnoj obrabotki pochvy, udobrenij i sredstv zaschity rastenij na zasorennost', agrofizicheskie svojstva pochvy i produktivnost' yachmenya // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. Vol. 9. № 1 (31). P. 139-143.

11. Urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoj pshenicy v razlichnyh zven'yah sevooborota /S. V. Bogomazov, P. A. Il'chenko, M. A. Simonyan, i dr. // *Niva Povolzh'ya*. 2016. № 4 (41). P. 2-8.

12. Assessing the degree of physical degradation and suitability of chernozems for the minimization of basic tillage/ T.A. Trofimova, S.I. Korzhov, V.A. Gulevsky, V.N. Obratsov // *Eurasian Soil Science*. 2018. Vol. 51. № 9. P. 1080-1085.

13. Ebi K.L., Ziska L.H., Yohe G.W. The shape of impacts to come: lessons and opportunities for adaptation from uneven increases in global and regional temperatures // *Climatic change*. 2016. Vol. 139. № 3-4. P. 341-349.

14. Sarychev A.N. Peculiarities of ecological conditions for the formation of spring barley bioproductivity in the arid zone of Volgograd oblast on lands exposed to deflation // *Arid Ecosystems*. 2018. Vol. 8. № 2. P. 129-134.

Информация об авторе

Селиванова Виктория Юрьевна (РФ, 403013, Волгоградская обл., Городищенский р-он, п. Областной с.-х. опытной станции, ул. Центральная, 12), научный сотрудник, соискатель лаборатории земледелия и защиты растений Нижне-Волжского НИИ сельского хозяйства – филиал ФНЦ агроэкологии РАН.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7221-8952> vborodinaselivanova@mail.ru

УДК 635.11:631.52:631.674.6

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-27

**АГРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИЗУЧЕНИЕ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ
ПРИ КАПЕЛЬНОМ СПОСОБЕ ПОЛИВА В УСЛОВИЯХ
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ**

**AGROBIOLOGICAL VARIETY OF TABLET BEET WITH DROP METHOD OF
IRRIGATION UNDER THE CONDITIONS OF THE NORTH-WESTERN CASPAS**

Н.В. Тютюма доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН

Т.В. Мухортова, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

Е.Г. Мягкова

А.Н. Бондаренко кандидат географических наук

О.В. Костыренко, младший научный сотрудник

N.V. Tyutyuma, T.V. Mukhortova, E.G. Myagkova,

A.N. Bondarenko, O.V. Kostyrenko

*ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»,
Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный*

*Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Astrakhan region, chernoyarsky district, sq. North*

Дата поступления в редакцию 29.04.2019
Received 29.04.2019

Дата принятия к печати 13.08.2019
Submitted 13.08.2019

Актуальность исследований подтверждается необходимостью совершенствования агротехнических приемов с учетом почвенно-климатических условий региона. Выявление комплексного действия ранее изученных и указанных факторов, а также установление их оптимальных параметров позволит обеспечить повышение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. При интенсивных технологиях выращивания сельскохозяйственных культур, когда размер и качество получаемого урожая напрямую зависят от точности поддержания влажности почвы и режима питания растений, эффективным является применение капельного орошения. Имеющийся практический опыт показывает, что в природных условиях Астраханской области при орошении имеются большие потенциальные возможности в обеспечении населения региона продукцией растениеводства. Свекла столовая в структуре производства овощей в Астраханской области занимает небольшой удельный вес, хотя почвенно-климатические условия и результаты научных исследований позволяют получать высокие урожаи этой ценной овощной культуры. Впервые в условиях аридной зоны Северо-Западного Прикаспия на территории землепользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» проведено агроэкологическое сортоизучение коллекции столовой свеклы селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства РАН». Оценивались хозяйственно ценные признаки исследуемых сортов свеклы: Бордо односемянная, Столовая одностростковая, Нежность, Бордо 237, Несравненная А 473, возделываемых в условиях аридной зоны Северо-Западного Прикаспия. Закладка полевого опыта производилась согласно требованиям методики Доспехова Б.А., Никитенко Г.Ф. и Белика В.Ф. Были изучены и выделены сорта столовой свеклы, отработаны ресурсосберегающие технологии возделывания, обеспечивающие получение высококачественной продукции, проведена водосберегающая оценка выращивания корнеплодов столовой свеклы при капельном способе полива. В результате проведенного сортоизучения в течение трех лет выделились следующие наиболее продуктивные сорта: Нежность и Столовая одностростковая с урожайностью 104,0-129,0 т/га.

The relevance of research is confirmed by the need to improve agricultural practices, taking into account the soil and climatic conditions of the region. The identification of the complex effects of the previously studied and indicated factors, as well as the establishment of their optimal parameters, will ensure an increase in the yield and quality of agricultural products. With intensive technologies

for growing crops, when the size and quality of the resulting crop directly depends on the accuracy of maintaining soil moisture and plant nutrition, the use of drip irrigation is effective. Available practical experience shows that in the natural conditions of the Astrakhan region during irrigation there are great potential in providing the region's population with crop production. Beetroot in the structure of vegetable production in the Astrakhan region occupies a small proportion, although the soil and climatic conditions and the results of scientific research make it possible to obtain high yields of this valuable vegetable crop. For the first time in the arid zone of the North-Western Caspian on the territory of land use of the Federal State Budgetary Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», an agroecological varietal study of the beetroot collection of the Federal State Institution of Vegetable Production of the Russian Academy of Sciences was conducted. The economically valuable traits of the studied varieties were evaluated: Bordeaux single-seeded, Table single-sprout, Tenderness, Bordeaux 237, Incomparable A 473 cultivated in the arid zone of the Northwest Caspian. The field experience was laid in accordance with the requirements of the methodology of B. Dospekhov, G.F. Nikitenko and Belika V.F. Varieties of beetroot were studied and identified, resource-saving cultivation technologies were worked out to ensure the production of high-quality products, a water-saving assessment of the cultivation of table beet root crops by drip irrigation was carried out. As a result of the varietal study, the following most productive varieties were identified for three years: Tenderness and Single-gutted Canteen with a yield of 104,0-129,0 t / ha.

Ключевые слова: сортоизучение свеклы столовой; сорта свеклы; капельный способ полива; суммарное водопотребление свеклы; товарность свеклы; урожайность свеклы.

Key words: variety study of beetroot; beet varieties; drip irrigation method; total water consumption of beets; marketability of beets; beet yield.

Цитирование. Тютюма Н.В., Мухортова Т.В., Мягкова Е.Г., Бондаренко А.Н., Костыренко О.В. Агробиологическое сортоизучение свеклы столовой при капельном способе полива в условиях Северо-Западного Прикаспия. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 215-221. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-27.

Citation. Tyutyuma N.V., Mukhortova T.V., Myagkova E.G., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. Agrobiological variety of tablet beet with drop method of irrigation under the conditions of the North-Western Caspas. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 215-221. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-27.

Введение. В настоящее время в силу экономических причин в отрасли растениеводства Астраханской области уменьшился ассортимент возделываемых овощных культур [6, 10]. Лидирующее положение занимают такие культуры, как лук, картофель, томаты, бахчевые культуры. Незаслуженно мало внимания уделяется свекле столовой.

Свекла столовая является ценным продуктом в питании человека, что объясняется содержанием в ее составе комплекса биологически активных веществ. Поэтому изучение сортов и гибридов свеклы столовой, проявляющих в условиях Астраханской области хозяйственно-ценные качества, является актуальным.

В настоящее время в России наблюдается повышенный интерес к развитию овощеводства [9, 4, 5, 6, 10]. Одним из наиболее эффективных мелиоративных приемов, позволяющих существенно повысить продуктивность сельскохозяйственных земель и уровень производства овощей, в том числе столовой свеклы, является орошение в засушливых условиях Нижнего Поволжья. Получать на орошаемых землях высокие и устойчивые урожаи столовой свеклы позволяют благоприятные климатические условия юга России [6].

Современные технологии выращивания столовой свеклы с применением капельного орошения дают возможность осуществлять подкормку с поливной водой (фертигация), что способствует возможности дробно вносить удобрения в дозах на различных фазах вегетации. Это существенно увеличивает результативность применения минеральных удобрений и использования водных ресурсов. Достоверность фактов

зависит от почвенно-климатических условий, применения той или иной технологии полива, биологических особенностей выбранного гибрида и сорта. Исследования, проводимые учеными, доказывают неэффективность использования стартовых удобрений в больших дозах [3, 9, 5, 11, 12].

Внесение удобрений посредством фертигации в фазу роста и формирования растений является наилучшим решением. В основном это затрагивает азотные и калийные удобрения. Важным инструментом получения запланированных урожаев высокого качества и экономии дорогостоящих удобрений, применяемых при капельном орошении, является рациональное распределение этих элементов по периодам вегетации, что позволяет снизить дозы удобрений на производство единицы продукции [1, 7, 2, 3].

Результаты научно-исследовательских учреждений и производственный опыт показывают, что возделывание столовой свеклы с соблюдением всех научно-обоснованных технологий является прибыльным, а главное – рентабельным в условиях орошения Нижнего Поволжья.

Целью проводимых исследований являлось выделение сортов столовой свеклы, обладающих комплексом хозяйственно-ценных признаков и высоким адаптационным потенциалом в условиях резко-континентального климата полупустынной зоны Северного Прикаспия.

Для осуществления поставленных целей планировалось решение следующих задач:

- дать оценку сортам столовой свеклы по коэффициенту водопотребления;
- выделить наиболее скороспелые, продуктивные сорта столовой свеклы.

Схема посева. Норма высева – 355,0 тыс. шт./га. Схема посева: 0,7 м x 0,08 м, посев производился с двух сторон капельной ленты. Способ полива – система капельного орошения.

Материалы и методы. Материалом исследований послужили сорта столовой свеклы: Бордо односемянная, Столовая однострочковая, Нежность, Бордо 237, Несравненная А 473. Закладка полевого опыта производилась согласно требований методики полевого опыта Доспехова Б. А. и опытного дела в растениеводстве Никитенко Г. Ф. [8].

Для выполнения поставленных задач проводились следующие полевые учеты, наблюдения и измерения по методике опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве под ред. В. Ф. Белика [11]:

1. Фенологические наблюдения.
2. Учет биологической урожайности с учетных растений [8].
3. Определение структуры урожая: средняя масса растения, средняя масса корнеплода, длина корнеплода, диаметр корнеплода, процент товарности.
4. Был проведен контроль за предполивной влажностью почвы, и определялся запас почвенной влаги в слое 0-70 см послойно через 10 см по формуле А.Н. Костякова в основные фазы вегетации.

Агротехнические мероприятия. Осеннюю обработку почв начинали с лущения в 2 следа вслед за уборкой зерновых. Осенняя вспашка проводилась на глубину 22-24 см, плугом ПН-4-35. Весенняя обработка почвы начиналась по мере физического созревания почвы. Весноспашка осуществлялась на глубину 22-24 см плугом ПН-4-35. Закрытие весенней влаги и одновременное выравнивание поверхности поля проводились тяжелыми дисковыми боронами по диагонали участка. Под первую весеннюю культивацию на глубину 10-12 см вносились удобрения. Всего было проведено 2 культивации культиватором КПС-5. За день до посева была проведена обработка фрезой Ф-200. Далее была проведена раскладка капельных лент. В течение всего периода вегетации столовой свеклы проводилось внесение азофоски через систему капельного полива нормой 400 кг/га.

В связи с тем, что в Астраханской области наблюдается неблагоприятная фито-санитарная обстановка, ведение растениеводства без средств защиты от вредителей и болезней не представляется возможным. В течение всего периода вегетации были проведены две обработки через систему капельного орошения от почвенных вредителей препаратом Диазол с нормой расхода 4 л/га, а также обработки рядом препаратов по листу штанговым опрыскивателем (ОН-600) ширина захвата 12 м: от вредителей (нарывник) – препаратом Актара, расход 120 г/га; Карате Зеон – 0,4 л/га; Авант - 240 мл/га; Борей - 140 мл/га; Регент – 30 г/га; от болезней препаратами Сигнум - 1 кг/га; Цихом – 2,3 кг/га; Квадрис – 400 мл/га; Курзат – 2,5 кг/га.

Результаты и обсуждение. По результатам проведенных исследований видно, что межфазный период столовой свеклы «всходы – образование корнеплода» составлял 38 сут. Межфазный период столовой свеклы «образование корнеплода – техническая спелость» – 34 сут. Вегетационный период столовой свеклы составил 100-105 суток (таблица 1).

Таблица 1 – Прохождение фенологических фаз сортообразцов столовой свеклы, среднее 2016-2018 гг.

Table 1 – The passage of the phenological phases of varieties of table beet, average 2016-2018

Сорт Variety	Всходы Shoots		Период нарастания вегетативной массы, сут. Rise Period vegetativ mass, days	Образование Корнеплода Education root crop		Период формирования корнеплода, сут. Period the formation of root crops, days	Техническая спелость – уборка Technical ripeness - cleaning		Всего за вегетацию, сут. Total for the growing season, days
	начало Start	массовые massive		начало Start	массовые massive		начало Start	массовые massive	
Бордо Односемянная / Bordeaux single-seeded	19.05	20.05	38	27.06	10.07	34	14.08	25.08	105
Одноростковая Single sprout	20.05	21.05	38	27.06	10.07	34	14.08	25.08	105
Нежность Tenderness	19.05	21.05	34	23.06	6.07	38	10.08	20.08	100
Бордо 237 Bordeaux 237	19.05	21.05	38	27.06	10.07	34	10.08	25.08	105
Несравненная А 463 / Incomparable A 463	19.05	21.05	38	27.06	10.07	34	10.08	25.08	105

Водопотребление столовой свеклы. Полив корнеплодов осуществлялся капельным способом. Был проведен предпосевной полив для обеспечения хороших всходов и 2 послепосевных полива, которые обеспечивали рост молодых растений. В период нарастания вегетативной массы растений требовалось 19 поливов. В период формирования корнеплода водообеспеченность растений повышается. Требовалось 18 поливов, что обеспечивалось при суммарной продолжительности работы системы капельного орошения 72 часа. Для поддержания порога предполивной влажности почвы 80-85 % НВ в слое 0-50 см за период вегетации проведено 40 поливов, поливной нормой 114 м³/га (таблица 2).

Таблица 2 – Эксплуатационные режимы капельного орошения столовой свеклы

Table 2 – Operating modes of drip irrigation of table beets

Период развития растений Development period plants	Уровень предполивной влажности 80-85 % level of pre-irrigation humidity 80-85%		
	Норма полива, м³/га Irrigation rate, m³ / ha	Продолжительность полива, ч Duration of irrigation, h	Число поливов Number of irrigations
Посев / Sowing	114	4	3
Наращивание вегетативной массы / Build up vegetative mass	114	4	19
Формирование корнеплода Formation root crop	114	4	18

Таблица 3 – Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления столовой свеклы, среднее 2016-2018 гг.

Table 3 – The total water consumption and the coefficient of water consumption of beetroot, average 2016-2018

Сорт / Variety	Оросительная норма, м³/га / Irrigation norm, m³ / ha	Суммарное водопотребление, м³/га / Total water consumption, m³ / ha	Урожайность, т/га Productivity, t / ha	Коэффициент водопотребления, м³/т / Coefficient water consumption, m³ / t
Бордо Односемянная / Bordeaux single-seeded	4560	4806	33	145,6
Одноростковая / Single sprout	4560	4806	129	37,26
Нежность / Tenderness	4560	4806	104	46,21
Бордо 237 / Bordeaux 237	4560	4806	93	51,68
Несравненная А 389 / Incomparable A 389	4560	4806	76	63,24

Таблица 4 – Структура урожая сортообразцов столовой свеклы, среднее 2016-2018 гг.

Table 4 – the structure of the crop varieties of table beets, average 2016-2018

Сорт / Grade	Средняя масса, кг Average weight, kg		Средняя длина корнеплода, м Average length root crop, m	Средний диаметр корнеплода, м average diameter root crops, m	Плотность стояния растений шт./м² / Density standing plants pcs / m²	Урожайность, кг/м² Yield, kg / m²
	растения	корнеплода				
Бордо Односемянная / Bordeaux single-seeded	0,52	0,22	0,08	0,09	15,0	3,30
Одноростковая / Single sprout	0,53	0,50	0,08	0,08	26,0	12,90
Нежность / Tenderness	0,55	0,39	0,08	0,08	27,0	10,40
Бордо 237 / Bordeaux 237	1,09	0,62	0,09	0,09	15,0	9,30
Несравненная А 389 / Incomparable A 389	0,75	0,42	0,08	0,09	18,0	7,60

Коэффициент водопотребления показывает, сколько воды необходимо для создания урожая. Из таблицы 3 видно, что сорта свеклы Столовая односторонняя, Бордо односемянная наиболее эффективно использовали влагу, коэффициент водопотребления здесь составил 52,9 – 53,5 м³/т.

При оптимальных условиях растения свеклы быстро наращивали массу корнеплода. Уборку урожая корнеплодов проводили при полной технической спелости. Средняя масса корнеплода сортов столовой свеклы составила 0,421-0,468 кг, при урожайности 7,15-7,95 кг/м² и густоте стояния 19-23 раст./м². Наибольшая урожайность отмечена у сортов Бордо односемянная, Столовая односторонняя 78,7- 79,5 т/га (таблица 4).

Заключение. Возделывание перспективных сортов столовой свеклы селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства РАН» будет способствовать формированию высококачественного урожая столовых корнеплодов для аридных условий Северо-Западного Прикаспия. В зависимости от сортов столовой свеклы изменялся коэффициент водопотребления. У более эффективных сортов на получение 1 кг продукции расходовалось меньшее количество воды. Проведенное сортоизучение коллекции столовой свеклы выявило следующие наиболее продуктивные сорта: Нежность и Столовая односторонняя с урожайностью 104,0-129,0 т/га. При этом коэффициент водопотребления составлял от 37,26 до 46,21 м³/т.

Библиографический список

1. Аревик Б.М. Урожайность и качество продукции сортов свеклы столовой в условиях псковской области // Известия Великолукской ГСХА. 2018. №28. С. 9-13.
2. Влияние режимов орошения и минеральных удобрений на урожайность и сохранность свеклы столовой / С.С. Ваняян, А.М. Меньших, В.А. Борисов, В.А. Маркизов // Картофель и овощи. 2016. №3. С. 15-18.
3. Гаплаев М.Ш., Надежкин С.М. Повышение эффективности выращивания свеклы столовой (*beta vulgaris* L) за счет использования удобрений // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015 . С. 2-5.
4. Грязева В. И. Влияние препарата Энергия-М на сортовые признаки маточных корнеплодов столовой свеклы // Нива Поволжья. 2017. № 4 (45) ноябрь. С. 37-42.
5. Мамиев Д.М., Абаев А.А. Эффективность гербицидов и минеральных удобрений на посевах столовой свеклы в горной зоне РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т.54. №2. С. 28-33.
6. Михайлова Е.Е., Бородычев В.В. Капельное орошение и особенности минерального питания свеклы столовой // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. №3(47). С. 2-6.
7. Устойчивость современных сортов и гибридов свеклы столовой к болезням при длительном хранении / В.А. Борисов, Л.М. Соколова, Н.А. Фильрозе, С.А. Масловский, М. Е. Замятина, Н.А. Карпова // Научный журнал КубГАУ. 2018. 140(06). С. 2-9. Doi: 10.21515/1990-4665-140-016.
8. Шутьков А.А. Научные аспекты стратегии импортозамещения // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 3, июнь. С. 6-8.
9. Эффективность применения биогумуса под столовую свеклу в условиях лесостепи Западной Сибири/ Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, Л.М. Лихоманова, В.П. Кормин, Е.Г. Пыхтарева // Вестник Омского ГАУ. 2017. № 3 (27). С. 13-19.
10. Benjamin L. R., Sutherland R. A., Senior D. The influence of sowing rate and row spacing on the plant density and yield of red beet // Journal of Agricultural Science. 2009. P. 615-624. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859600044397>.
11. Benjamin L. R., Sutherland R. A. Storage-root weight, diameter and length relationships in carrot (*Daucus carota*) and red beet (*Beta vulgaris*)// Journal of Agricultural Science. 2009. P. 73-80. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002185960008463X>.
12. Jay H. Traverse. Beet it// Journal of Agronomy and Crop Science. Aug “Beet it”. Circulation Research. 2018. 123. P. 635-637. (DOI: 10.1161/CIRCRESAHA. 118.313667/10.1161/CIRCRESAHA. 118.313667).

Reference

1. Arevik B.M. Urozhajnost' i kachestvo produkcii sortov svekly stolovoj v usloviyah pskovskoj oblasti // Izvestiya Velikolukskoj GSXA. 2018. №28. P. 9-13.
2. Vliyanie rezhimov orosheniya i mineral'nyh udobrenij na urozhajnost' i sohranyaemost' svekly stolovoj / S. S. Vaneyan, A. M. Men'shih, V. A. Borisov, V. A. Markizov //Kartofel' i ovoschi. 2016. №3. P. 15-18.
3. Gaplaev M. Sh., Nadezhkin S. M. Povyshenie jeffektivnosti vyraschivaniya svekly stolovoj (beta vulgaris l) za schet ispol'zovaniya udobrenij // Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'sko-hozyajstvennoj akademii. 2015 . P. 2-5.
4. Gryazeva V. I. Vliyanie preparata Jenergiya-M na sortovye priznaki matochnyh korneplodov stolovoj svekly // Niva Povolzh'ya. 2017. № 4 (45) noyabr'. P. 37-42.
5. Mamiev D. M., Abaev A. A. Jeffektivnost' gerbicidov i mineral'nyh udobrenij na posevah stolovoj svekly v gornoj zone RSO-Alaniya // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. T.54. №2. P. 28-33.
6. Mihajlova E. E., Borodychev V. V. Kapel'noe oroshenie i osobennosti mineral'nogo pitaniya svekly stolovoj //Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. №3(47). P. 2-6.
7. Ustojchivost' sovremennyh sortov i gibridov svekly stolovoj k boleznyam pri dlitel'nom hranenii / V.A. Borisov, L.M. Sokolova, N.A. Fil'roze, S.A. Maslovskij, M.E. Zamyatina, N.A. Karpova //Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2018. 140(06).P. 2-9. Doi: 10.21515/1990-4665-140-016.
8. Shut'kov A. A. Nauchnye aspekty strategii importozamescheniya // Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2016. № 3, iyun'. P. 6-8.
9. Jeffektivnost' primeneniya biogumusa pod stolovuyu sveklu v usloviyah lesostepi Zapadnoj Sibiri/ N. V. Goman, I. A. Bobrenko, L. M. Lihomanova, V. P. Kormin, E. G Pyhtareva //Vestnik Omskogo GAU. 2017. № 3 (27). P. 13-19.
10. Benjamin L. R. , Sutherland R. A., Senior D. The influence of sowing rate and row spacing on the plant density and yield of red beet // Journal of Agricultural Science. 2009. P. 615-624. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859600044397>.
11. Benjamin L. R., Sutherland R. A. Storage-root weight, diameter and length relationships in carrot (*Daucus carota*) and red beet (*Beta vulgaris*)// Journal of Agricultural Science. 2009. P. 73-80. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002185960008463X>.
12. Jay H. Traverse. Beet it// Journal of Agronomy and Crop Science. Aug “Beet it”. Circulation Research. 2018. 123. P. 635-637. (DOI: 10.1161/CIRCRESAHA. 118.31366710.1161/CIRCRESAHA. 118.313667).

Информация об авторах

Тютюма Наталья Владимировна, д.с.-х.н., профессор РАН, врио директора ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». 416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORCID ID № 0000-0001-6582-2628)

Мухортова Тамара Васильевна, к.с.-х.н., н.с. лаборатории агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» 416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru (ORCID ID № 0000-0002-0709-1844)

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

Мягкова Елена Георгиевна, зав. отделом земледелия и комплексной мелиорации. (ORCID ID № 0000-0002-0631-9253)

ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» 416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 633.73(665.2)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-28

ПРОИЗВОДСТВО ОРГАНИЧЕСКОГО КОФЕ В РЕСПУБЛИКЕ ГВИНЕЯ

PRODUCTION OF ORGANIC COFFEE IN THE REPUBLIC OF GUINEA

Г.Н. Зверева¹, кандидат экономических наук, доцентМ. Сума^{1,2}, магистрантG.N. Zvereva¹, M. Suma^{1,2}¹Волгоградский государственный аграрный университет²Компания «Café Fouta», Республика Гвинея¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd²Company «Café Fouta», Republic of GuineaДата поступления в редакцию 14.03.2019
Received 14.03.2019Дата принятия к печати 05.08.2019
Submitted 05.08.2019

В статье показана важность культуры органического кофе и рассмотрены основные этапы его производства. В исследовании использованы новейшие результаты разработок ведущих мировых ученых в теоретической и прикладной областях. Отмечена особенность культивации кофейного дерева, а также даны качественные характеристики арабики. Представлен анализ цепочки добавленной стоимости производства органического кофе в компании "Café Fouta" Республики Гвинея. Показано, что результат этого анализа позволяет точнее выявлять основные потребности при производстве кофе, что особенно важно для данной компании. Проведены разграничения между основными видами деятельности, которые вносят непосредственный вклад в создание стоимости, и поддерживающими, которые косвенно способствуют этому процессу. Обращено внимание на то, что производство кофе – это рискованный бизнес. Доказано, что агротехнологические приемы и особенности производства кофе – это первооснова формирования цепочки создания добавленной стоимости.

The article shows the importance of the culture of organic coffee and considers the main stages of its production. The research uses the latest results of the development of leading world scientists in the theoretical and applied fields. The peculiarity of the cultivation of the coffee tree is noted, as well as the qualitative characteristics of arabica are given. An analysis of the value chain of organic coffee production at Café Fouta, Republic of Guinea, is presented. It is shown that the result of this analysis allows you to more accurately identify the basic needs in the production of coffee, which is especially important for this company. Distinctions are made between the main activities that directly contribute to the creation of value, and supporting, which indirectly contribute to this process. Attention is drawn to the fact that coffee production is a risky business. It is proved that agrotechnological techniques and features of the production of coffee, this is the primary basis in the formation of the value chain.

Ключевые слова: органический кофе, органическое кофе, производство, цепочка добавленной стоимости, Республика Гвинея, агробизнес.

Key words: organic coffee, manufacturing, value chain, Republic of Guinea, agribusiness.

Цитирование. Зверева Г.Н., Сума М. Производство органического кофе в Республике Гвинея. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 222-228. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-28.

Citation. Zvereva G. N., Suma M. Production of organic coffee in the Republic of Guinea. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 222-228. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03.

Введение. Органическое сельское хозяйство может и должно быть перспективной составной частью экономик многих стран мира, имеющей большое значение не только здесь и сейчас, но и для будущих поколений. В этой связи важное значение для

сельскохозяйственных организаций имеет повышение уровня добавленной стоимости, создаваемой ею. По результатам исследований глобальных инициатив по созданию цепочек создания стоимости Университета Дьюка (США), цепочка стоимости может сохраняться в одном географическом местоположении или даже в одной фирме [8].

Актуальность данного исследования усиливается еще и ввиду того, что развитие компаний должно быть нацелено на рост их ценности, что обеспечивается применением концепции ценностно-ориентированного менеджмента [4]. Именно добавленная стоимость составляет условия для расширенного воспроизводства и долгосрочной конкурентоспособности. Любые процессы в производстве продукции можно разделить на две составляющие – ту, которая добавляет ценности продукту, и ту, которая не увеличивает его потребительскую ценность.

Цель данного исследования заключается в изучении этапов производства органического кофе и проведении научно обоснованного анализа цепочки создания добавленной стоимости в хозяйствующем субъекте для дальнейшего учета на микро-, мезо- и макроуровнях.

В качестве объекта исследования взята небольшая сельскохозяйственная компания «Café Fouta», расположенная в Республике Гвинея и специализирующаяся на производстве натурального органического кофе. Она является прекрасным примером создания добавленной стоимости в области культуры кофе в Западной Африке.

Материалы и методы. При исследовании данной проблемы применялись следующие методы: монографический – при описании существующих тенденций; статистический – при анализе и обобщении данных; эмпирический, наблюдение, анализ документов, расчетно-конструктивный – для анализа фактических данных; брейнсторминг (мозговой штурм) – при осуществлении умозаключений и выдвижении новых результатов в виде суждений и др.

Результаты и обсуждение. В качестве справки напомним, что Гвинейская Республика расположена на юго-западе Западной Африки и состоит из четырех природных регионов, в которых четыре вида рельефа, климата, фауны, флоры. Сельскохозяйственный сектор является основным видом деятельности, охватывающим почти 80 % населения Гвинеи, и источником дохода для 57 % жителей сельских районов. Пахотные земли составляют более чем 6 млн. га. Гвинейское сельское хозяйство является одним из сегментов, способствующих росту экономики. Кроме того, превосходная гидрография делает Гвинею одной из самых поливных стран Западной Африки.

С 2016 года двойная президентская инициатива сосредоточилась на двух товарных культурах: кофе Арабика (в Фута и лесной Гвинее) и орехи кешью (в Нижней Гвинее и Верхней Гвинее). Цель состоит в том, чтобы развить два сектора, которые позволяют гвинейским фермерам жить производством их, а государству обеспечивают обмен иностранной валюты.

Особенностью выращивания зерен органического кофе является полное отсутствие в агротехнике химических удобрений и добавок, пестицидов и ГМО. Род *Coffea* L. относится к семейству Мареновые (*Rubiaceae*). Ученые насчитывают более 90 видов кофе. Однако, используются в промышленных масштабах только два: *Coffea arabica* L. – арабика и *Coffea canephora* Pierre ex Froehn., или робуста, которую иногда еще называют конголезским кофе. Плод кофейного дерева внешне напоминает вишню. Но в качестве сырья для приготовления кофе используют семена этого плода. Если рассмотреть строение плода, то можно увидеть, что он состоит из 4 оболочек. Первая – очень плотная, цвет ее темно-вишневый, именно она и делает плод похожим на вишню. Затем следуют мякоть и оболочка, в которой располагаются зерна, используемые в дальней-

шем для производства кофе. А каждое кофейное зернышко покрывает тоненькая пленка. Чтобы плантации кофе не погибали, зерно приходится сначала выращивать в специальных питомниках, а затем уже высаживать. При этом плодоношение кофейного дерева начинается по достижении им пятилетнего возраста. Деревья начинают цвести в период засухи, а продолжают когда начинаются дожди. Цветы имеют белый цвет с неповторимым сладким запахом, очень напоминающим запах жасмина [12].

Вид кофейного дерева арабика считается очень капризным в отношении климатических условий. Деревья арабики растут на высотах от 800 метров над уровнем моря. Особенность культивирования арабики – уязвимость деревьев. Они подвержены болезням, плохо переносят смену температур [7]. Арабика имеет очень узкую зону комфорта, и малейшее нарушение сразу же сказывается на урожае ягод. Причина такой уязвимости кроется в особенностях опыления [13]. Арабике требуется перекрестное опыление, отсюда быстрота заражения и мутации. Основные характеристики кофе арабика показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики кофе арабика

Table 1 – The main characteristics of coffee arabica

Характеристики / Characteristics	Содержание/ Content
Историческая родина Historical homeland	Эфиопия Ethiopia
Доля в структуре продаж (по миру в целом)/Share in the sales structure (worldwide as a whole)	70%
Свойства выращивания Growing properties	Растет на высотах в 800-2200 метров над уровнем моря, капризна, уязвима, плохая устойчивость к болезням и погоде Grows at heights of 800-2200 meters above sea level, capricious, vulnerable, poor resistance to disease and weather
Опыление / Pollination	Перекрестное / Cross
Внешний вид/Appearance	Зерна продолговатые, вытянутые, в обжарке приобретают равномерный цвет / The grains are oblong, elongated, in roasting they acquire a uniform color
Основной химический состав Basic chemical composition	18 % эфирных масел, 8% сахаристых веществ, 1-1,5% кофеина, 6,5% хлорогеновой кислоты / 18 % essential oils, 8% sugars, 1-1.5% caffeine, 6.5% chlorogenic acid
Вкус/ Taste	Богатый оттенками, нежный, мягкий, многослойный Rich in shades, delicate, soft, multi-layered
Аромат/Scent	Стойкий, сильный / Strong, strong and costs when growing
Крепость/Fortress	Средняя и низкая / Medium and low
Применение /Application	Самостоятельно и в составе смесей/ Independently and as part of mixtures
Стоимость / Cost	Арабика стоит дороже робусты из-за больших рисков и затрат при выращивании Arabica is more expensive than robusta because of the big risks

Еще очень важная особенность заключается в том, что зерна кофе, растущие на одном и том же дереве, поспевают неодновременно, что делает использование машин для сбора урожая нерентабельным, так как вместе со зрелыми зернами будут собраны и незрелые. Поэтому кофе собирают вручную, этот процесс называется пиккинг. В результате урожай получается однородным, одинаково вызревшим. В среднем с одного дерева

получают до 3 кг плодов. Для особо ценных, высококачественных сортов не применяют даже пиккинг. В этом случае под деревом расстилают ткань и ждут, пока созревшие плоды не упадут сами.

Кофейные деревья органики выращивают в естественной экосистеме: птицы борются с вредителями, природные механизмы поддерживают плодородие почвы.

Прежде чем начать производство этого кофе, необходимо получить специальный сертификат, подтверждающий экологическую чистоту региона возделывания кофейных плантаций.

Чтобы понять процесс создания добавленной стоимости, необходимо проанализировать цепочку создания стоимости внутри компании от процесса выращивания кофе до его коммерциализации. Центральная роль в этом процессе отводится компании, которая создает потребительскую ценность для потребителя без его участия [3].

Это методология, разработанная Майклом Портером в его книге «Конкурентное преимущество» [5], которая описывает деятельность компании в данной отрасли. Эта концепция получила дальнейшее развитие в трудах многих экономистов-последователей М. Портера [9].

В нашем случае последовательными этапами создания добавленной стоимости являются: высадка семян – содержание – сбор – сушка – декинг – упаковка – продажа.

Цели цепочки добавленной стоимости можно резюмировать следующим образом:

- логистика: деятельность, связанная с транспортом, приемом, хранением и распределением сырья, продуктов (в процессе или по завершении). Компания «Café Fouta» для транспортировки кофе клиентам и доставки своих работников, использует две машины. Эти машины, а также те, которые используют во всем производстве кофе, составляют логистику;

- производство: преобразование входных данных в выходы. Включает сборку, упаковку продукта, обслуживание машин. Чтобы упаковать кофе, потребители компании «Café Fouta» настояли на использовании перерабатываемой упаковки;

- анализ и оценка организации процесса создания стоимости внутри компании и ее отношений со своими партнерами.

Модель цепочки добавленной стоимости г-на Портера основана на различии между основными видами деятельности, которые вносят непосредственный вклад в создание стоимости и поддерживают деятельность, которая косвенно способствует процессу создания стоимости [5].

Основные виды деятельности (прямой вклад в создание добавленной стоимости) состоят из:

- покупки: процесс приобретения всех ресурсов, необходимых для деятельности. В компании «Café Fouta» также есть постоянные поставщики у которых она закупает семена;

- производства: трансформация входов в выходы (от сырья до конечной продукции). Включает: сборку, упаковку продукта, обслуживание машин и др.;

- маркетинга (маркетинг и продажи): средства, с помощью которых продукты становятся доступными для клиентов, например: реклама, управление клиентской базой, построение партнерства и т.д.

- услуг: способствуют созданию ценности, воспринимаемой конечными потребителями; в частности, такие как: предварительная консультация-экспертиза, доставка на дом и т.д.

Очень важно также учесть мероприятия по поддержке (косвенный вклад в создание добавленной стоимости), а именно:

- исследования и разработки: все используемые инструменты, методы и ноу-хау: профессиональные ноу-хау, программное обеспечение, инновационный процесс и др.

- управление персоналом: влияет на все функции компании;

- инфраструктура: администрирование, планирование, финансирование, контроль качества или системы обмена информацией и др.

Как отмечает Рындина А.С., продукция АПК проходит долгую и трудоемкую цепочку действий прежде чем будет передана заинтересованному потребителю [6].

Компания «Café Fouta» в 2016 году, осуществив маркетинговые исследования спроса на органический кофе, выявила, что потребители заинтересованы в местном поставщике продукции, также стремясь сократить издержки. И здесь, важно заметить, что эта компания идет в ногу со временем, выстраивая тем самым маркетинг отношений, который предполагает сотрудничество, создание и повышение ценности для тех, кто вовлечен в эти отношения [11].

Для того чтобы соответствовать этому, «Café Fouta» нуждается в качественных семенах, электроэнергии для запуска своего небольшого завода по консервации, упаковке кофе и т.д. Все эти элементы, необходимые для производства местного органического кофе, называются промежуточными потребительскими товарами. Промежуточные товары – это товары, используемые не для конечного потребления, а для дальнейшего производства товаров и услуг. Стоимость таких товаров включается в стоимость конечного продукта, но не включается в ВВП. Валовой внутренний продукт является суммой всех добавленных стоимостей организаций, расположенных на территории страны [1].

Промежуточные товары «живут» менее года и разрушаются, или трансформируются в процессе производства, или включаются в конечный продукт [2]. Компания «Café Fouta» превращает эти потребительские товары в органический кофе, что позволяет ей поставлять кофе в местные магазины. В данном случае промежуточные потребительские товары стоили организации 300 долларов США. Таким образом, компания создала дополнительную ценность для клиентов, что дает ей возможность продаж местного органического кофе. «Café Fouta» через свою маркетинговую политику решает реализовать произведенный кофе по 450 долларов (дороже цены, что она заплатила за сырье и промежуточные товары). Разница, выраженная в денежной стоимости между оборотом (450 долл. США) и промежуточным потреблением (300 долл. США), представляет собой добавленную стоимость (150 долл. США). Это можно выразить в виде формулы:

$$ДС = ОК - ПП,$$

где, ДС – добавленная стоимость; ОК – оборот компании, ПП – промежуточное потребление.

Одним из основных вопросов возникающий в результате определения добавленной стоимости, заключается в том, какие экономические агенты участвовали в добавлении стоимости продукту. Добавленная стоимость будет распределяться среди тех, которые каким-то образом участвовали в производстве, а именно:

- работники: через зарплату. Для проведения работ по посадке, техобслуживанию, уборке, отбору, сушке, упаковке и распределению. Компания "Café Fouta" должна также нанимать сотрудников. Эти сотрудники будут иметь свою долю в совместном использовании добавленной стоимости -вознаграждение за предоставленную работу;

- государство: через налоги и пошлины. Вознаграждение контрагента нерыночных услуг позволяет обучать сотрудников, развивать инфраструктуру и т. д.;

- организации социального обеспечения: через взносы в систему, что покрывает расходы на медицинское обслуживание сотрудников и их замещающего дохода, когда они больны;

- банки: через интересы. Это вознаграждение за предоставленные им кредиты;

- компания: часть нераспределенной прибыли для финансирования всех или части будущих инвестиций -самофинансирование.

Важно отметить, что объем добавленной стоимости зависит от клиентской базы, чем больше клиент готов заплатить за продукт, тем выше будет добавленная стоимость продукта. Напротив, если продукт не представляет никакой добавленной стоимости в отношении цены на сырье в глазах клиента, он не захочет приобретать этот товар по цене, превышающей цену стоимости промежуточного потребления, т.е. компания не создает прибавочную стоимость.

Проведенный анализ цепочки добавленной стоимости позволяет определить экономический эффект и ее значимость для разных уровней функционирования экономики:

- на микроуровне, т. е. «Café Fouta» позволяет установить соответствующие количественные критерии для оценки каждого вида деятельности с целью выбора и реализации показателей эффективности производства кофе;

- на мезоуровне, т.е. оценка добавленной стоимости позволяет учесть вклад каждой компании в общее производство на территории отдельного субъекта;

- на макроуровне, т.е. национальном – это ВВП – общий результат, который позволяет определить уровень производства в стране и измерить его увеличение или снижение.

Заключение. Таким образом, в результате исследования установлено, что рынок органических продуктов активно развивается и в Гвинее, и во всем мире. Несомненным плюсом в производстве органического кофе является знание тонкостей агротехнологических приемов и особенностей выращивания кофе. Рассматриваемый подход к анализу цепочки добавленной стоимости позволит решать задачи, направленные на обеспечение принятия решений по минимизации затрат при производстве органического кофе на всех этапах; соблюдению экологических регламентов; созданию экологического каркаса; управлению рисками и др. Результат анализа цепочки добавленной стоимости имеет ряд технологических и экономических преимуществ, и следовательно, право на творческое его применение в условиях «Café Fouta» и Республики Гвинея.

Библиографический список

1. Кандалинцев В.Г. Экономический рост и иностранный капитал в развивающихся странах //Восточная аналитика. 2018. №3. С. 170-182.
2. Кукушкина Ю.М. Глобальные цепочки создания стоимости и корпоративные интересы транснациональных корпораций //Современная конкуренция. 2016. Т. 10. №2(56). С.107-117.
3. Неганов С.А. Процессы создания ценности в современной маркетинговой теории //Экономика региона. 2018. №1. С. 14-22.
4. Пономаренко Т.В., Ларичкин Ф.Д., Щетинина К.В. Методологический подход к оценке ценности проекта освоения месторождения и создания цепочки добавленной стоимости // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2017. Т. 10. №4. С. 128-143.
5. Портер М. Конкурентное преимущество. Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость. Альпина Паблишер, 2018. 715 с.
6. Рындина А.С. Проблемы, связанные с реализацией агропромышленного комплекса// Вестник современных исследований. 2018. №11.4(26). С. 187-189.
7. Annotation of a hybrid partial genome of the coffee rust (*Hemileia vastatrix*) contributions to the gene repertoire catalog of the pucciniales / M.A. Cristancho, W. Giraldo, J. Tabima, M.D. Riaño-Pachón, C. Escobar, Y. Rivera L.F. Duran, S. Restrepo, T. Eilam, Y. Anikster, A.L. Gaitán (2014) // Front. Plant Sci. 2014. №5. P. 594. doi: 10.3389/fpls.2014.00594
8. Global Value Chains Initiative. Concept and Tools [Электронный ресурс] // Duke University. Режим доступа: <https://globalvaluechains.org/concept-tools>
9. McCuish J.D. Value Management & Value Improving practices // Pinnacle results, 2011. P. 15.

10. Salamanca-Jimenez A., Doane T.A., Horwath W.R. (2017) Nitrogen Use Efficiency of Coffee at the Vegetative Stage as Influenced by Fertilizer Application Method // *Front. Plant Sci.* 2017. №8. P. 223. doi: 10.3389/fpls.2017.00223
11. Sheth Ja.N., Parvatiyar A., Sinha M. The conceptual foundations of relationship marketing: review and synthesis // *Экономическая социология.* 2015. Т. 16. № 2. P. 119-149.
12. The Agronomy and Economy of Important Tree Crops of the Developing World K.P. Prabhakaran Nair. 2010. P. 368.
13. Influence of Environmental Conditions and Genetic Background of Arabica Coffee (C. arabica L) on Leaf Rust (Hemileia vastatrix) Pathogenesis /L. Toniutti, J.-C. Breitler, H. Etienne, C. Campa, S. Doulbeau, L. Urban, C. Lambot, J.-C.H. Pinilla, B. Bertrand // *Front. Plant Sci.* 2017. №8. P. 2025. doi: 10.3389/fpls.2017.02025

Reference

1. Kandalincev V. G. Jekonomicheskij rost i inostrannyj kapital v razvivayuschih'sya stranah // *Vostochnaya analitika.* 2018. №3. P. 170-182.
2. Kukushkina Yu. M. Global'nye cepochki sozdaniya stoimosti i korporativnye interesy transnacional'nyh korporacij // *Sovremennaya konkurenciya.* 2016. Т. 10. №2(56). P.107-117.
3. Neganov S. A. Processy sozdaniya cennosti v sovremennoj marketingovoj teorii // *Jekonomika regiona.* 2018. №1. P. 14-22.
4. Ponomarenko T. V., Larichkin F. D., Schetinina K. V. Metodologicheskij podhod k ocenke cennosti proekta osvoeniya mestorozhdeniya i sozdaniya cepochki dobavlennoj stoimosti // *Jekonomicheskie i social'nye peremeny: fakty, tendencii, prognoz.* 2017. Т. 10. №4. P. 128-143.
5. Porter M. Konkurentnoe preimushchestvo. Kak dostich' vysokogo rezul'tata i obespechit' ego ustojchivost'. Al'pina Publisher, 2018. 715 p.
6. Ryndina A. S. Problemy, svyazannye s realizaciej agropromyshlennogo kompleksa // *Vestnik sovremennyh issledovanij.* 2018. №11.4(26). P. 187-189.
7. Annotation of a hybrid partial genome of the coffee rust (Hemileia vastatrix) contributions to the gene repertoire catalog of the pucciniales / M.A. Cristancho, W. Giraldo, J. Tabima, M.D. Riaño-Pachón, C. Escobar, Y. Rivera L.F. Duran, S. Restrepo, T. Eilam, Y. Anikster, A.L. Gaitán (2014) // *Front. Plant Sci.* 2014. №5. P. 594. doi: 10.3389/fpls.2014.00594
8. Global Value Chains Initiative. Concept and Tools [Электронный ресурс] // Duke University. Режим доступа: <https://globalvaluechains.org/concept-tools>
9. McCuish J.D. Value Management & Value Improving practices // *Pinnacle results,* 2011. P. 15.
10. Salamanca-Jimenez A., Doane T.A., Horwath W.R. (2017) Nitrogen Use Efficiency of Coffee at the Vegetative Stage as Influenced by Fertilizer Application Method // *Front. Plant Sci.* 2017. №8. P. 223. doi: 10.3389/fpls.2017.00223
11. Sheth Ja.N., Parvatiyar A., Sinha M. The conceptual foundations of relationship marketing: review and synthesis // *Экономическая социология.* 2015. Т. 16. № 2. P. 119-149.
12. The Agronomy and Economy of Important Tree Crops of the Developing World K.P. Prabhakaran Nair. 2010. P. 368.
13. Influence of Environmental Conditions and Genetic Background of Arabica Coffee (C. arabica L) on Leaf Rust (Hemileia vastatrix) Pathogenesis /L. Toniutti, J.-C. Breitler, H. Etienne, C. Campa, S. Doulbeau, L. Urban, C. Lambot, J.-C.H. Pinilla, B. Bertrand // *Front. Plant Sci.* 2017. №8. P. 2025. doi: 10.3389/fpls.2017.02025

Информация об авторах

Зверева Галина Николаевна, доцент кафедры менеджмента Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г.Волгоград, Университетский проспект, д.26), кандидат экономических наук ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7558-7078> gzvereva@list.ru.
Сума Мусса, сотрудник компании «Café Fouta», Республика Гвинея, магистрант Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д.26) moussafelysoumah@gmail.com

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ.
ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ**

УДК 619:616-006+639.11(571.61)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-29

**ОСТЕОСАРКОМА ПЕРЕДНЕЙ ЧАСТИ ГОЛОВЫ БУРОГО МЕДВЕДЯ
(URSUS ARCTOS)****OSTEOSARCOMA OF THE FRONT PART OF THE HEAD OF BROWN BEAR
(URSUS ARCTOS)****Н.С. Кухаренко¹**, доктор ветеринарных наук, профессор**А.О. Фёдорова¹**, кандидат биологических наук, доцент**А.В. Сенчик¹**, кандидат биологических наук, доцент**А.М. Павлов²**, биолог-охотовед**С.В. Константинов³**, старший научный сотрудник**N.S. Kukhareno¹, A.O. Fedorova¹, A.V. Senchik¹, A.M. Pavlov², S.V. Konstantinov³**¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет»
Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г. Благовещенск² Амурская региональная общественная организация «Российская ассоциация общественных
объединений охотников и рыболовов», Амурская область, г. Благовещенск³ Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный природный заповедник «Норский», Амурская область,
Селемджинский р-н, п. Февральск¹ Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Far Eastern State Agrarian University», Far Eastern Federal District, Amur Region, Blagoveschensk² Amur Regional Public Organization «Russian Association
of Public Associations of Hunters and Fishers», Amur Region, Blagoveshchensk³ Federal State Budget Institution «Norsky State Nature Reserve», Amur Region,
Selemdzhinsky district, Fevral'sk

Дата поступления в редакцию 15.07.2019

Дата принятия к печати 15.09.2019

Received 15.07.2019

Submitted 15.09.2019

На территории угодий Приамурья бурый медведь (*Ursus Arctos*) является одним из наиболее крупных хищников и практически не имеет естественных в природе врагов. Наибольшую опасность для его здоровья и жизни представляют различного рода заболевания, в том числе не являются исключением и опухоли. Но опухоли у животных дикой фауны не частое явление, тем более костей черепа. Материалом для исследования служили 18 скелетов голов взрослых медведей, добытых авторами в период с 2008 по 2019 гг., при изучении которых у одного выявлено новообразование костной ткани. Обнаруженное новообразование имеет широкое основание, плотную консистенцию, охватывает несколько зубов, которые в результате этого приобретают подвижность. Опухоль имеет множественно-кистозную форму. Опухолевая ткань имеет вид «пчелиных сот» с множественными мелкими, полыми очагами просветления, разделёнными плотными костными перепонками, построенными из бесструктурных игольчатых нитей с массивными периостальными наслоениями, очевидно, одонтогенного происхождения. Это свидетельствует о инфильтрирующем росте опухоли, вызывающем глубокую деструкцию костей черепа. Обнаруженная картина новообразования позволила заключить, что данные патологические изменения структуры костной ткани характерны для остеосаркомы. В статье описаны патогенез, клиника остеосаркомы бурого медведя и последствия заболевания для данной особи.

Brown bear (*Ursus Arctos*) is one of the largest predators on the territory of Amur and adjacent regions. It practically has no natural enemies in wild nature. The greatest danger to its health and life is represented by various diseases, including tumors. But tumors are not frequent in animals of wild fauna, especially in their skull bones. Eighteen adult bear skulls were the base material for the following study. The animals

were hunted by the authors from 2008 to 2019. Their study eventually revealed a new growth of the bone tissue in one of them. The detected new growth had a broad base, dense consistence and included several teeth, making them very mobile as a result. The tumor had a multicystic form. Its tissue had a "honeycomb" type structure with multiple small, hollow lesion foci, separated from each other by dense bone membranes, consisting of structureless needle-like filaments with massive periosteal layers, apparently of odontogenic origin. That indicated the infiltrating character of the tumor growth, which in turn caused deep skull bone destruction. The revealed case of the neoplasm allowed to conclude that these pathological changes in the animal's bone tissue structure are characteristic of osteosarcoma. The paper describes the pathogenesis, clinical picture of osteosarcoma in brown bears and the consequences of the disease for that individual animal.

Ключевые слова: бурый медведь, остеосаркома, череп медведя.

Key words: Brown bear, osteosarcoma, bear skull.

Цитирование. Кухаренко Н.С., Фёдорова А.О., Сенчик А.В., Павлов А.М., Константинов С.В. Остеосаркома передней части головы бурого медведя (*ursus arctos*). *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 229-235. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-29.

Citation. Kukharensko N.S., Fedorova A.O., Senchik A.V., Pavlov A.M., Konstantinov S.V. Osteosarcoma of the front of the head of a brown bear (*ursus arctos*). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 229-235. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-29.

Введение. Бурый медведь (*Ursus arctos*) относится к числу наиболее крупных хищников. В настоящее время в мире насчитывается достаточно много подвидов бурого медведя. В Амурской области основным подвидом является амурский (уссурийский) бурый медведь (*Ursus arctos lasiotus* Gray, 1867).

Строение зубов бурого медведя указывает на большее приспособление их к растительной пище, чем к животной. Однако медведь является всеядным животным.

Врагов у медведя немного, изредка нападают на него стаи волков, иногда амурский тигр. Крупный бурый медведь и для тигра оказывается очень серьезным противником. Учитывая это, можно сказать, что бурый медведь – очень пластичный вид, мало подверженный влиянию извне. Поэтому основными естественными проблемами популяции бурого медведя в Приамурье можно считать различные заболевания.

Перечень болезней медведя невелик. В основном медведь подвержен заболеваниям, вызываемыми эндопаразитами. Чаще всего регистрируются трихинеллез, дирофиляриоз, паразиты желудочно-кишечного тракта. Информация о случаях новообразований в костной ткани диких животных, в том числе медведей, в доступной литературе отсутствует. За период исследований с 2008 по 2019 г. выявленный случай является первым ($n = 18$).

Опухоли у животных дикой фауны не частое явление, тем более костей черепа [6, 9]. Информация об этой патологии описана только у человека и мелких домашних животных [4, 1, 5]. В этих случаях наиболее часто опухоли поражают лицевой череп, особенно верхнюю и нижнюю челюсти и придаточные пазухи носа [10, 2, 3]. Остеосаркома (остеогенная саркома) – злокачественная опухоль, развивающаяся из костной ткани и характеризующаяся образованием атипичной кости и остеоида [1, 11, 12]. Термин предложен в 1920 году Юингом для обозначения всех возникающих в кости злокачественных новообразований. Первичные опухоли скелета составляют 30-60 % всех сарком костей. Может локализоваться в костях черепа как солитарное образование, представленное одним конгломератом, вызывающим деформацию челюсти с распространением на внешнюю её поверхность, захватывая всё тело как нижней, так и верхней челюстей, переходя на пазухи носа [6, 4].

Материалы и методы. Материалом для исследования служили скелеты голов взрослых медведей, добытых авторами в период с 2008 по 2019 гг., а также обнаруженные во время экспедиционных работ (апрель-март 2017 года) в Мазановском районе Амурской области в пойме реки Гарь ($n=18$). При определении возраста использованы методики, предложенные Н.К. Верещагиным (1978) и В.А. Чашухиным (2015).

Изменения костей скелета головы оценивали визуально, используя ручные лупы $\times 4$ и $\times 7$ кратного увеличения и микроскоп фирмы «Биолан» под увеличением: ок. $\times 7$; об. $\times 8$. Архитектуру костей оценивали на распилах измененных участков, полученных электролобзиком (JAW, 2013) [3, 8]. Готовить гистологические срезы из кости считается нецелесообразным, так как в исследуемых материалах практически отсутствуют мягкие тканевые структуры.

Результаты и обсуждение. Авторами исследованы 18 черепов бурых медведей и только в одном черепе обнаружена остеосаркома. Все кости данного черепа хорошо сохранены, беловато-желтоватого цвета, с синюшным оттенком, нижняя челюсть отделена от челюстно-лицевой части скелета. Следов мягких тканей не обнаружено, так как череп был найден в земле. Скуловые дуги и кости нижней челюсти срослись, места бывших швов не просматриваются. Клыки и боковые резцы сломаны, верхний ряд коренных зубов сточился с внутренней стороны и в середине. Сагиттальный гребень выражен хорошо, все швы костей сросшиеся. По характеристикам Н.К. Верещагина (1978) и В.А. Чашухина (2015), кости скелета головы данного экземпляра медведя можно отнести к возрасту старше 18 лет (рисунок 1).



Рисунок 1 – Общий вид скелета головы медведя

Figure 1 – General view of the skeleton of the head of a bear



Рисунок 2 – Носовая полость медведя. Костные опухоли

Figure 2 – The nasal cavity of the bear. Bone tumors

Кости наружной рото-носовой области верхней и нижней челюстей деформированы, утолщены и испещрены множеством свищевых ходов разных размеров, уходящих во внутрь кости. Зубные ямки клыков широкие, неровные, глубокие, их проходы деформированы и открываются в носовую полость. Клыки разъедены и разрушены.

У основания носовой полости слева и справа просматриваются костные выросты носовой кости, свободно входящие в носовой проход: слева – неправильно оладьевидной формы, размером с грецкий орех, плотно соединенные с костью; справа – размером с крупную фасолину с грубо изъеденной поверхностью округлой формы образование, также свободно входящее в носовой ход (рисунок 2).

На распиле образования, входящего в носовую полость, архитектура кости нарушена, надкостница неравномерно утолщена, проникает в губчатое вещество, замещая его строгую структуру трабекул. Внутреннее вещество кости неравномерно пористое, каналы разных размеров и направлений. Среди них просматриваются довольно обширные полости неправильной формы с изъеденными краями (возможно очаги скопления гнойного экссудата) (рисунок 3).

Резцовая и передний участок щечной части кости тела нижней челюсти неравномерно утолщены с акцентом вправо. Надкостница наружной и язычной костей имеет шероховатую поверхность. Поражение захватывает альвеолярный край и зубные лунки особенно резцов, клыков и беззубый край челюсти. Четкой границы перехода изменений на здоровую кость нет (рисунок 4).

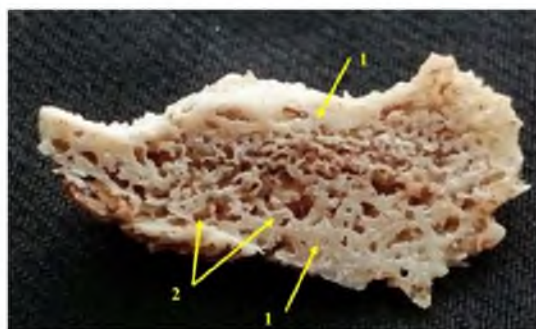


Рисунок 3 – Распил костной опухоли носовой полости:
1 – утолщение надкостницы и прорастание в губчатое вещество;
2 – полости с изъеденными краями

Figure 3 – Cut of a bone tumor of the nasal cavity:
1-thickening of the periosteum and germination into the spongy substance;
2- cavities with pitted edges



Рисунок 4 – Нижняя челюсть медведя. Ассиметричное поражение костной опухолью

Figure 4 – The lower jaw of a bear. Asymmetric bone tumor lesion

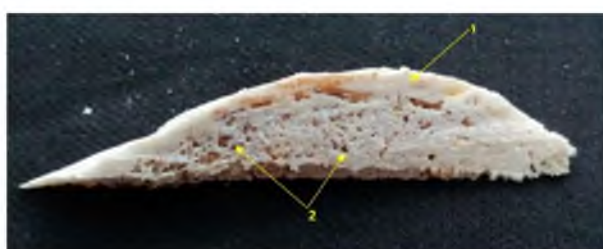


Рисунок 5 – Опухолевые разрастания на нижней челюсти:
1 – утолщение надкостницы и прорастание в губчатое вещество;
2 – полости с изъеденными краями

Figure 5 – Tumor growths on the lower jaw:
1 – thickening of the periosteum and germination into the spongy substance;
2 – cavities with pitted edges

При исследовании вырезанного участка кости под лупой ($\times 4$ и $\times 7$) и под увеличением микроскопа: ок. $\times 7$; об. $\times 8$ граница между надкостницей и губчатым веществом не просматривается. Надкостница резко утолщена, проникает в губчатое вещество, испещрена множеством каналов, среди которых имеются полости, выходящие на наружную поверхность кости (рисунок 5).

Заключение. Таким образом, обнаруженное новообразование имеет широкое основание, плотную консистенцию, охватывает несколько зубов, которые приобретают подвижность. Опухоль имеет множественно-кистозную форму, очевидно за счёт продуктивно-деструктивного полиомиелита, фиброзной дисплазии развившихся при жизни. Чётких границ опухоли со здоровой тканью кости не просматривается. Опухолевая ткань имеет вид «пчелиных сот» с множественными мелкими, полыми очагами просветления, разделёнными плотными костными перепонками, построенными из бесструктурных игольчатых нитей с массивными периостальными наслоениями, очевидно, одонтогенного происхождения. Это подчёркивает инфильтрирующий рост опухоли, вызывающий глубокую деструкцию костей черепа.

При развитии остеогенной саркомы происходит деформация (утолщение) костей лицевой части черепа, вызывая нарушение дыхания через пазухи носовой полости и потерю обоняния. Деструкция костной ткани верхней и нижней челюстей приводит к проникновению инфекции и развитию пародонтоза, вследствие чего зубы становятся подвижными, выпадают или ломаются. Остеосаркома распространяется также на слюнные железы, подчелюстную и околоушную области, инфильтрируя жевательную мышцу, затрудняя открытие ротовой полости для захватывания пищи. Все эти процессы вызывают у животного сильные болевые ощущения, затрудняя прием пищи. Клинически данная патология проявляется истечениями из носовой полости слизи с примесью крови и гноя, отеком век, потерей зрения, обильным слезотечением и асимметрией лицевой части головы животного. При данном патологическом процессе на слизистой оболочке ротовой полости образуются изъязвления и глубокие трещины, заполненные гноем. Болезнь осложняется вторичной инфекцией гнойного характера, развитием сепсиса и летальным исходом.

Обнаруженная картина новообразования, учитывая, что скелет головы медведя долгое время пролежал в земле, претерпел естественные процессы гниения и разложения, и сравнение его с описаниями подобных находок других авторов [1, 3] послужили основой для диагностики обнаруженного факта как остеосаркомы, потому как подобные процессы и их последствия в костной ткани скелета черепа могут быть только при данной патологии. Гибель животного, в данном случае даже такого физически и физиологически сильного, как бурый медведь, неизбежна и произошла в результате потери зрения, затруднения дыхания и невозможности добывания пищи на фоне развития остеосаркомы костей передней части головы.

Библиографический список

1. Классическая остеосаркома / И.В. Булычева, Д.В. Рогожин, Н.Е. Кушлинский, Ю.Н. Соловьев, F. Bertoni, P. Vacchini, В.Ю. Рошин, А.Н. Казакова, М.Д. Алиев // Вестник Тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. 2015. Т. 20. №1. С. 130-136.
2. Митрохина Н.В., Ватников Ю.А. Особенности патоморфологической диагностики остеосаркомы у собак// Ветеринарная патология. 2013. №4(46). С. 72-78.
3. Мурадов Х.К., Садыхова Г. Г. Комплексная диагностика остеосарком// Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. 2014. №9. С. 41-47.
4. Остеосаркома нижней челюсти. Клиника, лечение, прогноз / М.А. Кропотов, В. А. Соболевский, Ю. Ю. Диков, Л. П. Яковлев, О.А. Саприна, Е. Л. Дронова // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2013. №3. С. 29-37.
5. Остеосаркома у собак в условиях города Улан-Удэ / С.П. Ханхасыков, В.К. Васильев, В.О. Косинская, А.Д. Цыбикжапов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2016. №3(44). С. 159-163.
6. Семинар по костной патологии. Классическая остеосаркома. Новое или хорошо забытое старое?/ Д.В. Рогожин, И.В. Булычева, Н.Е. Кушлинский, Ю.Н. Соловьев, F. Bertoni, P. Vacchini, А.Н. Казакова // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2014. №2. С. 9-18.

7. Чашухин, В. А. Возрастные изменения некоторых частей черепа бурого медведя (*ursus arctos*) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. №2(45). С. 62-66.
8. Diagnostic Pathology Bone / G.P. Nielsen, A.E. Rosenberg, V. Deshpande, F.J. Hornicek, S.V. Kattapuram, D.I. Rosenthal // AMIRSYS. Canada, 2013. P. 2-21.
9. Hameed M., Dorfman H. Primary malignant bone tumors-recent developments// Semin. Diagn. Pathol. 2011. Vol. 28(1). P. 86-101.
10. Guijarro M., Ghivizzani S. C., Gibbs P. C. Animal Models in Osteosarcoma // Frontiers in oncology. 2014. Vol. 4. P. 7.
11. Serra M., Hattinger C.M. The pharmacogenomics of osteosarcoma // Pharmacogenomics J. 2016. №17(1). P.11-20.
12. Thomas D.M., Ballinger M.L. Etiologic, environmental and inherited risk factors in sarcomas // J. Surg Oncol. 2015. №111. P. 490-495.

References

1. Klassicheskaya osteosarkoma / I. V. Bulycheva, D. V. Rogozhin, N. E. Kushlinskij, Yu. N. Solov'ev, F. Bertoni, P. Bacchini, V. Yu. Roschin, A. N. Kazakova, M. D. Aliev // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2015. T. 20. №1. P. 130-136.
2. Mitrohina N. V., Vatinikov Yu. A. Osobennosti patomorfologicheskoy diagnostiki osteosarkomy u sobak// Veterinarnaya patologiya. 2013. №4(46). P. 72-78.
3. Muradov H. K., Sadyhova G. G. Kompleksnaya diagnostika osteosarkom// Hirurgiya. Zhurnal im. N. I. Pirogova. 2014. №9. P. 41-47.
4. Osteosarkoma nizhnej chelyusti. Klinika, lechenie, prognoz / M. A. Kropotov, V. A. Sobolevskij, Yu. Yu. Dikov, L. P. Yakovlev, O. A. Saprina, E. L. Dronova // Sarkomy kostej, myagkih tkanej i opuholi kozhi. 2013. №3. P. 29-37.
5. Osteosarkoma u sobak v usloviyah goroda Ulan-Ud] / S. P. Hanhasykov, V. K. Vasil'ev , V. O. Kosinskaya, A. D. Cybikzhapov // Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii im. V. R. Filippova. 2016. №3(44). P. 159-163.
6. Seminar po kostnoj patologii. Klassicheskaya osteosarkoma. Novoe ili horosho zabytoe staroe?/ D. V. Rogozhin, I. V. Bulycheva, N. E. Kushlinskij, Yu. N. Solov'ev, F. Bertoni, P. Bacchini, A. N. Kazakova // Sarkomy kostej, myagkih tkanej i opuholi kozhi. 2014. №2. P. 9-18.
7. Chaschuhin, V. A. Vozrastnye izmeneniya nekotoryh chastej cherepa burogo medvedya (*ursus arctos*) // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2015. №2(45). P. 62-66.
8. Diagnostic Pathology Bone / G.P. Nielsen, A.E. Rosenberg, V. Deshpande, F.J. Hornicek, S.V. Kattapuram, D.I. Rosenthal // AMIRSYS. Canada, 2013. P. 2-21.
9. Hameed M., Dorfman H. Primary malignant bone tumors-recent developments// Semin. Diagn. Pathol. 2011. Vol. 28(1). P. 86-101.
10. Guijarro M., Ghivizzani S. C., Gibbs P. C. Animal Models in Osteosarcoma // Frontiers in oncology. 2014. Vol. 4. P. 7.
11. Serra M., Hattinger C.M. The pharmacogenomics of osteosarcoma // Pharmacogenomics J. 2016. №17(1). P.11-20.
12. Thomas D.M., Ballinger M.L. Etiologic, environmental and inherited risk factors in sarcomas // J. Surg Oncol. 2015. №111. P. 490-495.

Информация об авторах

Кухаренко Наталья Степановна, профессор кафедры «Патологии, морфологии и физиологии» факультета ветеринарной медицины и зоотехнии ФГБОУ ВО «Дальневосточный ГАУ» (РФ, 675005, Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86), доктор ветеринарных наук. Тел. 8 (914) 603-90-25.

E-mail: n-consultant@mail.ru

Федорова Анастасия Олеговна, доцент кафедры «Патологии, морфологии и физиологии» факультета ветеринарной медицины и зоотехнии ФГБОУ ВО «Дальневосточный ГАУ» (РФ, 675005, Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86), кандидат биологических наук. Тел. 8 (914) 577-62-34.

E-mail: anfedka@list.ru

Сенчик Александр Васильевич, проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Дальневосточный ГАУ» (РФ, 675005, Дальневосточный федеральный округ, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86), доцент кафедры «Биологии и охотоведения» факультета природопользования, кандидат биологических наук. Тел. 8 (924) 673-20-18.

E-mail: prorector-science@dalgau.ru

Павлов Андрей Михайлович, заместитель председателя АРОО «Российской ассоциации общественных объединений охотников и рыболовов» (РФ, 675000, Амурская область, г. Благовещенск, ул. 50 лет Октября, 237), биолог-охотовед. Тел. 8(962) 283-12-81.

E-mail: kameron-zek@mail.ru

Константинов Станислав Викторович, старший научный сотрудник ФГБУ «Государственный природный заповедник «Норский» (676572, Амурская область, Селемджинский р-н, п. Февральск, ул. Садовая, 21). Тел. 8 (416) 463-11-85.

E-mail: noga_amur@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 636.5.085(470.45)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-30

**СОСТОЯНИЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
И СПЕКТР НАПРАВЛЕНИЙ ПО ВОПРОСАМ КОРМЛЕНИЯ ПТИЦЫ**

**THE STATE OF FEED PRODUCTION OF THE VOLGOGRAD REGION
AND THE RANGE OF DIRECTIONS OF POULTRY FEEDING**

Р.Н. Муртазаева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Г.Н. Зверева, кандидат экономических наук, доцент

Д.А. Гребнева, преподаватель

R.N. Murtazaeva, G.N. Zvereva, D.A. Grebneva

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 04.07.2019

Дата принятия к печати 12.09.2019

Received 04.07.2019

Submitted 12.09.2019

В исследовании использованы новейшие результаты разработок ведущих отечественных и мировых ученых в теоретической и прикладной областях. Авторами выдвинута гипотеза, согласно которой для достижения максимальной эффективности кормопроизводства в птицеводстве необходимо соблюдение всех требований системы сбалансированного питания, охраны здоровья, кормления и экологической безопасности. Отмечено, что использование инновационных технологий развития птицеводства невозможно без научного обеспечения (норм и систем кормления, спектра направлений исследования по питанию птицы), которое должно стимулировать использование альтернативных кормов и компонентов, что в реальности не наблюдается. Авторами представлен анализ состояния кормопроизводства и кормообеспечения производства продукции в яичном, мясном птицеводстве в регионе. Для обеспечения эффективности промышленного производства продукцией птицеводства необходимо соблюдение пропорциональности в развитии растениеводства и птицеводства, связующим звеном между которыми должно выступать современное кормопроизводство, представляющее собой сложную динамическую систему функциональных связей, отражающих последовательность стадий воспроизводства кормов (кормодобывание) и степенью удовлетворения потребностей животноводства в кормах (кормообеспечение). Авторы считают, что только функциональные связи становятся необходимой предпосылкой принятия обоснованных решений по проблемам кормопроизводства и изысканию новых кормовых источников.

The study used the latest development results of leading domestic and world scientists in theoretical and applied fields. The authors put forward a hypothesis according to which, in order to achieve maximum efficiency of fodder production in poultry farming, it is necessary to comply with all the

requirements of a balanced diet, health, feeding and environmental safety. It was noted that the use of innovative technologies for the development of poultry farming is impossible without scientific support (norms and feeding systems, a range of research directions on poultry nutrition), which should stimulate the use of alternative feeds and components, which is not actually observed. The authors presented an analysis of the state of production in egg, meat poultry, and feed supply in the region. To ensure the efficiency of industrial production by poultry products, it is necessary to maintain proportionality in the development of crop production and poultry farming, the link between which should be modern fodder production, which is a complex dynamic system of functional relationships that reflect the sequence of stages of feed reproduction (feed production) and the degree of satisfaction of livestock feed requirements (feed supply). The authors believe that only functional relationships become a necessary prerequisite for making informed decisions on the problems of feed production and finding new feed sources.

Ключевые слова: промышленное птицеводство, системы кормления промышленной птицы, комбикорма, кормовая база, производство продукции птицеводства, сельское хозяйство, инновации.

Key words: industrial poultry farming, industrial poultry feeding systems, animal feed, feed base, poultry production, agriculture, innovation.

Цитирование. Муртазаева Р.Н., Зверева Г.Н., Гребнева Д.А. Состояние кормопроизводства Волгоградской области и спектр направлений по вопросам кормления птицы. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 235-244. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-30.

Citation. Murtazayeva R.N., Zvereva G.N., Grebneva D.A. The state of feed production of the Volgograd region and the range of areas for poultry feeding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 235-244. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-30.

*Работа выполнена по теме «Комплексное решение проблем развития
АПК Нижнего Поволжья на основе инновационных технологий
в условиях импортозамещения» в рамках программы научных исследований
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в 2016-2020 гг.*

Введение. В своем докладе на XIX Международной конференции Российского отделения Всемирной научной ассоциации по птицеводству и НП «Научный центр по птицеводству» академик РАН Фисинин В.И. отметил, что российское птицеводство развивается весьма динамично с учетом мировых тенденций и опыта ведущих организаций России, по валовому производству пищевых яиц занимает 5-е место в мировом рейтинге. Так, за 2017 г. отечественное производство яиц составило почти 45 млрд шт. (305 яиц на душу населения страны) [5].

Основное производство яиц в РФ сосредоточено на промышленных, узкоспециализированных предприятиях с высоким уровнем автоматизации и роботизации производственных процессов [12]. Крупнейшими производителями пищевых яиц (более 1 млрд), в 2017 г. стали ЗАО «ПФ «Синявинская» (Ленинградская обл.), ОАО «Волжанин» (Ярославская обл.), ПАО «ПФ «Роскар» (Ленинградская обл.), ПАО «ПФ «Боровская» (Тюменская обл.) (рисунок 1).

Генеральный директор Росптицесоюза Г.А. Бобылева подчеркнула, что приоритетом в животноводстве РФ по производству органического белка является мясное птицеводство, в 2017 г. (33,7 кг на душу населения) оно достигло почти 5 млн т и заняло 4-е место в мире по валовому производству мяса птицы, таким образом, реализовало требования по продовольственной безопасности. И в общей структуре отечественного производства мяса всех видов удельная масса птицы возросла с 18,0 % (1990 г.) до 48,0 % (2017 г.) [1].

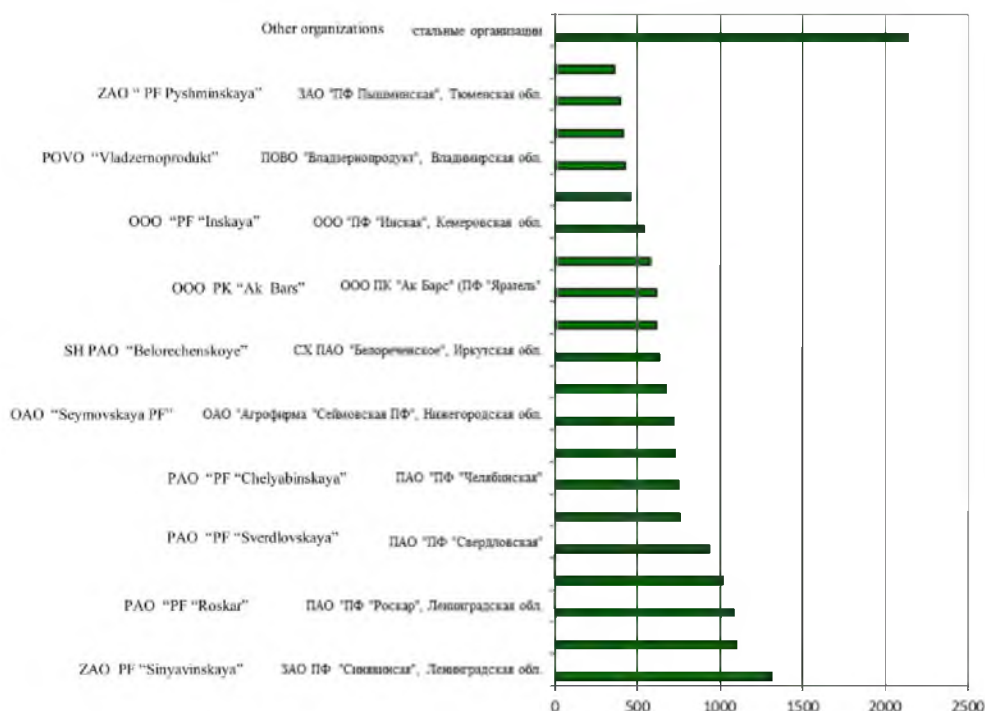


Рисунок 1 – Рейтинг организаций и предприятий по производству яиц в 2017 году, млн шт.

Figure 1 – Rating of organizations and enterprises for the production of eggs in 2017, mln. pcs.

Заданные тенденции развития промышленного птицеводства выдвигают определенные требования к организации кормопроизводства, обеспечению полноценного кормления поголовья в целях раскрытия и достижения генетических параметров роста и развития современных кроссов птицы яичного и мясного направлений, улучшения качества производимой продукции, из чего вытекает актуальность данного исследования.

Материалы и методы. Использованы статистические материалы, отчеты областного Комитета по сельскому хозяйству, труды ведущих отечественных и зарубежных ученых. Для решения поставленных задач были применены общенаучные методы исследования: статистический, монографический, абстрактно-логический, анализ.

Результаты и обсуждение. Основу развития отечественного птицеводства составляют инновационные разработки российских и зарубежных исследователей и их масштабное освоение.

Руководитель направления «Питание сельскохозяйственной птицы» ФНЦ 2ВНИТИП» РАН, академик РАН И.А. Егоров в научных трудах акцентирует внимание на выполнении комплексной целевой программы по проведению фундаментальных исследований, предусматривающей решение проблемы «Разработка принципиально новых подходов к нормированию питательных веществ» [2].

В результате ее выполнения и проведения прикладных исследований планируется достижение основных ожидаемых результатов:

- новые фундаментальные знания об особенностях инкубации и физиологических процессов пищеварения эмбрионов и птицы для использования с целью повышения переваримости питательных веществ корма;
- технологии приготовления кормов (экструдирование, экспандирование, различная степень измельчения зерновой части, проращивание зерна и т.д.), обеспечивающие рацион доступными питательными веществами;
- нормы и рационы кормления различных половозрастных групп птицы исходных линий, прародительских, родительских, промышленных стад, создаваемых кроссов птицы;

- новые нетрадиционные кормовые источники (рапс, сурепка, рыжик, люпин, вика, горох, продукты микробиологического синтеза и отходы масложирового производства, переработки животноводческой продукции (мука мясокостная, мясная, перьевая), а также биологически активные добавки, позволяющие заменить продовольственное зерно в составе комбикормов и др. [13].

В Волгоградской области птицеводство как наиболее скороспелая подотрасль животноводства является стратегически важным видом экономической деятельности. Основными производителями продукции птицеводства в регионе являются птицефабрики яичного и мясного направлений, которые произвели за 2017 г. 818,9 млн шт. яиц, валовой прирост птицы – 69,5 тыс. т.

Как следует из анализа специальной литературы по вышеназванной проблематике, решение развития птицеводства в регионе невозможно без научного обеспечения. Фисинин В. И. утверждает, что наиболее динамичный прирост обеспечит птицеводство благодаря росту поголовья птицы, более высокому выходу продукции с единицы производственной площади, лучшей конверсии корма, быстрой окупаемости вложенных инвестиций. Президент «ISA Hendrix Genetics» Thijs Hendrix считает, что без улучшения воспроизводительных качеств поголовья можно не зависеть от конъюнктуры на продукцию одной отрасли, что даст синергию использования общей научной инфраструктуры [5, 6].

Егоров И.А. акцентирует внимание на том, что без укрепления кормовой базы, а именно рационального использования традиционных и нетрадиционных источников ресурсов, не будут обеспечены гетерозис и высокая продуктивность птицы [2].

Совершенствование материально-технической базы птицеводства позволит комплексному и рациональному использованию вторичных сырьевых ресурсов переработки птицы исключить дефекты тушек птицы и обеспечить технологию при выращивании и переработке птицы, как отмечает член-корреспондент РАН, доктор с.-х. наук Гуцин В.В. [3].

Для обеспечения эффективности промышленного производства необходимо соблюдение пропорциональности в развитии растениеводства и птицеводства, связующим звеном между которыми должно выступать современное кормопроизводство, представляющее собой сложную динамическую систему функциональных связей, отражающих последовательность стадий воспроизводства кормов (кормодобыывание) и степенью удовлетворения потребностей животноводства в кормах (кормообеспечение). Только с учётом функциональных связей становится необходимой предпосылкой принятие обоснованных управленческих решений.

Существует прямая зависимость между ростом потребления кормов и объемов производства продукции птицеводства. Для производства продукции животноводства и птицеводства в соответствии с прогнозом их развития, по данным ФГБНУ Всероссийского института кормов в 2020 г., потребуется 138,7 млн. т, в 2025 г. – 155,0 млн т и 2030 г. – 164,5 млн т кормовых единиц, в т.ч. кормового белка – 15,3; 17,1 и 18,1 млн т, что выше современного уровня в 1,7 раза. Актуальным для животноводства продолжает оставаться повышение эффективности использования зернофуража, производство сбалансированных комбикормов, улучшение их качества и снижение затрат на производство [7, 8, 11].

Для решения этой проблемы в настоящее время на территории Российской Федерации официально производят и реализуют премиксы более 50 крупных, средних отечественных и зарубежных компаний. Ведущими игроками на рынке производителей БВМД являются: «Провими», «ВитАгрос-Россовит», «АгроБалт трейд», «KAUNO GRUDAI», «Шебекинские корма», «HENDRIX NV», «Техкорм». К лидерам-производителям премиксов относятся «Неокорм», «Коудайс МКорма», «Агро АгроБалт трейд», «Завод премиксов № 1», «Зернопродукт» и «Мегамикс» [9, 4].

Особые требования к полноценному кормлению обусловлены как высокой продуктивностью птицы, так и специфическими условиями клеточного содержания, которое, наряду с неоспоримыми преимуществами, имеет серьезные недостатки, вследствие чего птица подвержена отрицательному воздействию таких внешних факторов, как гиподинамия, отсутствие солнечной инсоляции, изменение микроклимата из-за высокой концентрации птицы в помещении и др. Полноценное кормление может частично компенсировать эти недостатки, оказывая оптимизирующее влияние на обмен веществ.

В исследовании установлено, что в производимых отечественных комбикормах велика доля зерновых компонентов, составляющих 68-70 %, тогда как во многих странах Европы она не превышает 35-45 %. Снижение удельной массы зерновых компонентов в комбикормах может быть обеспечено за счет расширения использования высокобелковых культур, отходов перерабатывающей и пищевой промышленности. По данным Всероссийского научно-исследовательского института комбикормовой промышленности доля зерна в комбикормах отечественного производства может быть снижена к 2030 г. до 55,0 %, что позволит сэкономить к 2030 г. 24 млн т зерна [8].

Производство мяса птицы в регионе в большей мере зависит от производства зерновых, зернобобовых и технических культур, а также обеспечения полнорационными комбикормами и уровнем освоения промышленных технологий [9].

В Волгоградской области посевные площади сельскохозяйственных культур в среднем за 2013-2017 гг. представлены на рисунке 2.

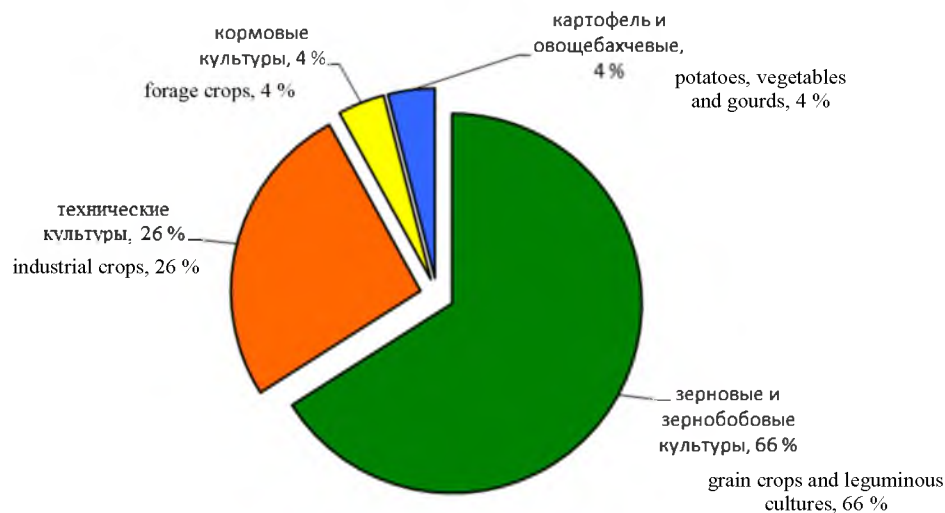


Рисунок 2 – Посевные площади сельскохозяйственных культур в Волгоградской области в среднем за пять лет (2013-2017 гг.), %

Figure 2 – Sown area of crops in the Volgograd region on average for five years (2013-2017), %

Кормовые культуры в структуре посевной площади региона занимают всего 4 %, зерновые и зернобобовые – 66 %, технические культуры – 26 %. Площадь кормовых культур имеет тенденцию к снижению: так, в 2013 г. – 124,2 тыс. га (4,4 %), а в 2017 г. – 116,5 тыс. га (3,7 %), что не способствует созданию эффективной кормовой базы в регионе. Тогда как в растениеводстве региона отмечается стабильный рост производства зерновых. Анализ валового объема производства основных зернобобовых и технических культур Волгоградской области в 2013-2017 гг. представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ валового объема производства основных сельскохозяйственных культур Волгоградской области в 2013-2017 гг.

Table 1 – Analysis of the gross output of the main agricultural crops of the Volgograd region in 2013-2017

Сельскохозяйственные культуры Crops	Площадь, тыс. га Area, thousand hectares	Урожайность, ц/га Productivity, centners per hectare	Валовой сбор, тыс. т Gross tax, thousand tons
2013 год year			
пшеница озимая winter wheat	998,6	20,4	1923,3
рожь озимая winter rye	143,8	15,6	217,3
кукуруза на зерно corn for grain	66,6	43,8	281,9
ячмень яровой spring barley	352,9	10,1	321,2
овес oats	20,5	12,9	25,1
просо millet	63,5	10,5	52,6
зернобобовые legumes	121,4	11,9	133,9
подсолнечник sunflower	592,5	13,0	736,3
соя soybeans	8,9	13,8	11,2
2014 год year			
пшеница озимая winter wheat	1025,4	24,8	2532,8
рожь озимая winter rye	131,5	17,5	229,7
кукуруза на зерно corn for grain	93,7	28,7	260,6
ячмень яровой spring barley	352,8	13,2	458,4
овес oats	24,9	16,9	42,2
просо millet	62,8	11,5	65,8
зернобобовые legumes	116,5	12,4	141,1
подсолнечник sunflower	600,6	11,7	683,7
соя soybeans	10,4	11,1	11,1
2015 год year			
пшеница озимая winter wheat	882,8	21,0	1784,0
рожь озимая winter rye	64,5	11,1	62,5
кукуруза на зерно corn for grain	81,5	31,3	245,8
ячмень яровой spring barley	407,2	12,0	383,0
овес oats	26,5	10,3	24,7
просо millet	84,4	11,0	72,2
зернобобовые legumes	112,9	10,6	116,1
подсолнечник sunflower	584,1	12,8	731,1
соя soybeans	10,9	11,4	12,1
2016 год year			
пшеница озимая winter wheat	990,3	30,2	2986,2
рожь озимая winter rye	66,1	18,0	118,9
кукуруза на зерно corn for grain	70,3	39,1	240,9
ячмень яровой spring barley	335,8	17,3	579,1
овес oats	18,3	15,1	26,0
просо millet	49,6	12,6	57,0
зернобобовые legumes	106,1	8,8	88,3
подсолнечник sunflower	587,0	14,3	813,4
соя soybeans	9,5	17,0	16,0
2017 год year			
пшеница озимая winter wheat	1333,3	32,9	4372,4
рожь озимая winter rye	79,1	20,1	158,2
кукуруза на зерно corn for grain	70,6	34,7	158,2
ячмень яровой spring barley	305,5	16,1	490,0
овес oats	18,5	16,0	29,5
просо millet	21,0	11,5	20,6
зернобобовые legumes	130,3	9,6	118,3
подсолнечник sunflower	596,5	12,5	574,8
соя soybeans	8,2	14,8	11,6

Посевная площадь зернобобовых культур в 2017 г. относительно уровней 2013 и 2017 гг. увеличилась соответственно на 9,8 % и 2,6 % и составила 3117,7 тыс. га. Посевы зерновых и зернобобовых культур по сравнению с базисным годом увеличились на 12,3 %, кормовых культур – всего лишь на 0,1%, при этом посевы технических культур уменьшились на 16,2 %, объем производства зерновых и зернобобовых культур увеличился на 24,9 %, подсолнечника – на 4 тыс. га (7,0 %), кукурузы на зерно – на 4 тыс. га (6,0 %). Посевы такой высокобелковой культуры растительного происхождения – сои – в среднем за 5 лет составили незначительные площади 9,6 тыс. га, а кукурузы на зерно 70,6 тыс. га.

Основными производителями зерновых и масличных культур остаются сельскохозяйственные организации. На их долю в общем объеме производства зерна всех видов в 2017 г. приходилось 64,3%, масличных культур – 70,2 %.

Объемы производства зерна в области в 2013-2017 гг. увеличились на 2562,8 тыс. т (на 83,0 %), технических культур – уменьшились на 161,5 тыс. т (на 21,9 %). Несмотря на сложные почвенно-климатические условия в 2018 году объем зерновых в Волгоградской области составил 3,7 млн т.

Обобщенный опыт развитых стран свидетельствует о том, что активно развивающееся производство кормов, особенно зерновых и белково-масличных культур, обеспечивает ведение животноводства на эффективном уровне [8]. Известно, что потребность в кормовом зерне в 3 раза превышает потребность в продовольственном, именно поэтому в таком соотношении строится зерновой баланс во многих странах. Например, в США, где такой принцип реализован на практике, в структуре зерновых около 60 млн т занимает пшеница, 79 млн т – соя, 240 млн т – кукуруза. Общеизвестно, что увеличение производства соевых бобов, богатых белком (35,0-55,0 %) и жирами (17,0-27,0 %), стало основой интенсификации сельского хозяйства в большинстве стран мира на протяжении последних 40-50 лет [10, 11].

В России развивается другое направление, а именно зерновое производство, оно оказалось более конкурентоспособным по сравнению с животноводством, поэтому наша страна стала вывозить зерно и ввозить животноводческую продукцию. А нерациональное соотношение экспорта сельскохозяйственного сырья и импорта производимой из него продукции нанесло существенный ущерб национальным интересам страны.

Особенно это коснулось резкого сокращения поголовья животных и птицы всех видов, дефицита белковых кормов, необходимых для получения высокой продуктивности и объемов продукции, а также дефицита органического удобрения.

По научным данным, для обеспечения оптимальной структуры рациона птицы необходимо считать соотношение пшеницы – 25,0 %, ячменя – 15,0 %, кукурузы – 35,0 %, овса – 5,0 %, сои и гороха – 16,0 % [4].

Отметим, что валовой сбор кукурузы в Волгоградской области имеет отрицательную тенденцию, и соответственно не удовлетворяет потребности в ней всех подотраслей животноводства. В 2013 году произведено 281,9 тыс. т зерна кукурузы (в 2017 году 158,2 тыс. т) при потребности более 705 тыс. т. При этом следует учитывать, что кукуруза используется и на пищевые цели.

Кроме того, для удовлетворения потребности птицеводства в сбалансированных кормах требуется более 16,0 % соевого шрота. Однако в 2017 г. исходя из структуры посевных площадей соя занимала всего 8,2 тыс. га площади, и, соответственно, по наличию сырья, потребности в соевом шроте не реализуются. Приведенные данные позволяют сделать вывод о дефиците в регионе зерна кукурузы, сои и гороха для целей кормопроизводства.

С точки зрения развития кормопроизводства в регионе сохраняется негативная тенденция в видовой структуре использования зерна, вызванная несоответствием количества и состава производимого зернофуража потребностям животноводства, включая птицеводство. Не принимаются управленческие решения по изменению структуры севооборотов, в корне меняющие ситуацию с обеспечением кормопроизводства востребованных зерновой культуры – кукурузы и бобовой – сои. Как в целом по РФ, так и в регионе отмечается дефицит отечественных белковых, витаминных и аминокислотных компонентов комбикормов. Структура расхода кормов птицепоголовьем по видам в хозяйствах всех категорий региона представлена на рисунке 3.

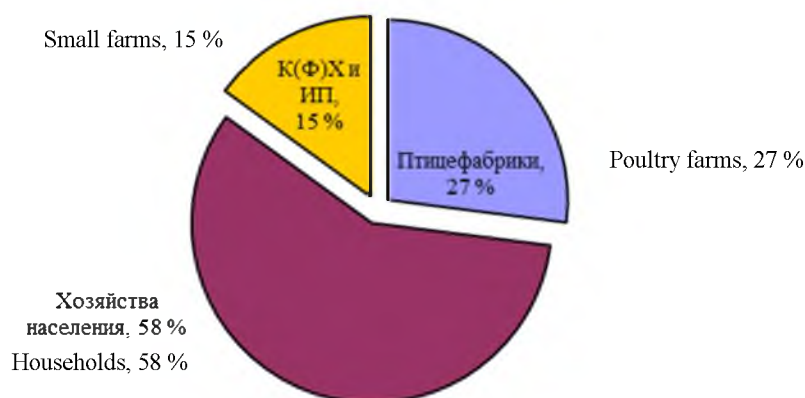


Рисунок 3 – Структура расхода кормов птицепоголовьем в хозяйствах различных категорий в Волгоградской области в среднем за 5 лет (2013-2017 гг.), %

Figure 3 – The structure of feed consumption by poultry head in farms of various categories in the Volgograd region on average over 5 years (2013-2017), %

Анализ использования кормов птицепоголовьем в регионе за последние годы показал, что в хозяйствах всех категорий потребление составило 321,6 тыс. т к. ед., в т. ч. на птицефабриках – 182,0 тыс. т, хозяйствах населения – 139,2 тыс. т, К(Ф)Х и ИП – 0,5 тыс. т к. ед. Потребление концентрированных кормов птицей в эти же годы составило в хозяйствах всех категорий – 319,8 тыс. т, в т. ч. на птицефабриках – в 182,0 тыс. т, хозяйствах населения – 137,3 тыс., К(Ф)Х и ИП – 0,5 тыс. т к. ед. Расход сочных кормов птице в среднем за пять лет составил в хозяйствах всех категорий – 0,45 тыс. т к. ед. [4].

Кормопроизводство решает приоритетные задачи в птицеводстве, дает огромные преимущества всему сельскому хозяйству. Оно экономически выгодно, потому что в значительной степени основано на использовании природных сил, воспроизводимых ресурсов и должно стать стратегическим направлением в инновационном развитии всех подотраслей животноводства и в целом всего сельского хозяйства региона.

Закключение. Исследование хозяйств всех категорий региона, занимающихся птицеводством, показало, что в кормлении птиц используются кормосмеси собственного производства, выработанные в примитивно оборудованных кормоцехах. Производство несбалансированных кормосмесей не соответствует полнорационным по питательности комбикормам. Данный подход к кормлению приводит поголовье к низкой сохранности, заболеваниям и потере продуктивности.

Комбикормовые заводы в области не привлекают к себе потребителей в виде птицефабрик, т.к. их продукция отличается высокой ценой, низким качеством как по питательности, так и по обсемененности, зараженности и токсичности. Данные обстоятельства указывают на нарушение в производственной системе птицеводства.

Кормопроизводство сегодняшнего дня представляется совершенно иным. Необходимо ориентироваться на более высокий уровень продуктивности птицы, рентабельности, ресурсо-, энергосбережения. К кормам нельзя относиться как к отходам растениеводства, они должны быть высокопитательными, и чем выше продуктивность птицы, тем выше должны быть требования к кормам. Развитие кормопроизводства, увеличение доли зернобобовых культур, посевов многолетних трав позволит оптимизировать структуру посевных площадей, обеспечить животноводство кормами и повысить рентабельность сельского хозяйства Волгоградской области.

Библиографический список

1. Бобылева Г.А. Птицеводство 2017: итоги, лидеры, прогноз [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tsenovik.ru/articles/obzory-i-prognozy/ptitsevodstvo-2017-itogi-lidery-prognoz/>
2. Глубокая переработка вторичных продуктов птицеводства для разных направлений использования / В.И. Фисинин, Д.Ю. Исмаилова, В.Г. Волик, В.С. Лукашенко, И.П. Салеева // Сельскохозяйственная биология, 2017. Т. 52. № 6. С. 1105-1115. doi: 10.15389/agrobiology.2017.6.1105rus
3. Качество мяса бройлеров при различных способах выращивания / В.И. Фисинин, В.С. Лукашенко, И.П. Салеева, И.М. Чернуха, В.Г. Волик, Д.Ю. Исмаилова, Е.А. Овсейчик, Е.В. Журавчук // Вопросы питания. 2018. Т. 87. № 5. С. 77-84.
4. Консеквенция использования рыжикового жмыха в кормлении цыплят-бройлеров / С.И. Николаев, Р.Н. Муртазаева, В.А. Корнилова, В.С. Зотеев, Х.Б. Баймишев, И.Н. Хакимов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2(54). С. 203-213. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-25.
5. Муртазаева Р.Н., Лучина И.В. Бройлерное птицеводство Волгоградской области // Птицеводство. 2014. №9. С. 9-12.
6. Переваримость питательных веществ корма при использовании в рационах цыплят-бройлеров рыжикового жмыха и растительного концентрата обогащенных бишофитом / С.И. Николаев, Р.Н. Муртазаева, Е.Ю. Гришина, Г.В. Волколупов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. №3(43). С. 117-123.
7. Получение продукции птицеводства без антибиотиков с использованием перспективных программ кормления на основе пробиотических препаратов / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Г.Ю. Лаптев, Т.Н. Ленкова, И.Н. Никонов, Л.А. Ильина, В.А. Манукян, А.А. Грозина, Т.А. Егорова, Н.И. Новикова, Е.А. Ёылдырым // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 6. С. 114-124.
8. Фисинин, В.И., Гушин И.А. Современные подходы к кормлению высокопродуктивной птицы // Птица и птицепродукты. 2015. №3. С. 27-29.
9. Эффективность использования нетрадиционного корма в кормлении сельскохозяйственной птицы / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, М.В. Струк, И.Г. Плешакова, Х.Б. Баймишев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. №4(52). Р. 272-279. DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-39.
10. Determination of iodotyrosines in food / A.V. Kulikovskii, A.B. Lisitsyn, I.M. Chernukha, I.F. Gorlov, S.A. Savchuk // Journal of Analytical Chemistry. 2016. № 71(12). С. 1215-1219. DOI:10.1134/S1061934816100087
11. Non-Traditional legumes in diets for broilers / T. Lenkova, T. Egorova, V. Fisinin, M. Yatsyshina, V. Zevakova // The Proceeding of XXV World's Poultry Congress. September 5-9, Beijing, China, 2016. P. 20.
12. Fisinin V., Efimov D., Cherepanov S. Russia moves to high productive self-sufficiency // World's Poultry Science Journal. 2009. Vol. 25. № 3. P. 8.
13. Wealleans, A.L., Sirukhi, M., Egorov, I.A. Performance, gut morphology and microbiology effects of a bacillus probiotic, avilamycin and their combination in mixed grain broiler diets // British Poultry Science. 2017. Vol. 58. № 5. P. 523-529.

References

1. Bobyleva G. A. Pticevodstvo 2017: itogi, lidery, prognoz [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.tsenovik.ru/articles/obzory-i-prognozy/ptitsevodstvo-2017-itogi-lidery-prognoz/>
2. Glubokaya pererabotka vtorichnyh produktov pticevodstva dlya raznyh napravlenij ispol'zovaniya / V. I. Fisinin, D. Yu. Ismailova, V. G. Volik, V. S. Lukashenko, I. P. Saleeva // Sel'skohozyajstvennaya biologiya, 2017. T. 52. № 6. P. 1105-1115. doi: 10.15389/agrobiology.2017.6.1105rus
3. Kachestvo myasa brojlerov pri razlichnyh sposobah vyraschivaniya / V. I. Fisinin, V. S. Lukashenko, I. P. Saleeva, I. M. Chernuha, V. G. Volik, D. Yu. Ismailova, E. A. Ovsejchik, E. V. Zhuravchuk // Voprosy pitaniya. 2018. T. 87. № 5. P. 77-84.
4. Konsekvenciya ispol'zovaniya ryzhikovogo zhmyha v kormlenii cyplyat-brojlerov / S. I. Nikolaev, R. N. Murtazaeva, V. A. Kornilova, V. S. Zoteev, H. B. Bajmishev, I. N. Hakimov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 2(54). P. 203-213. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-25.
5. Murtazaeva R. N., Luchina I. V. Brojlernoe pticevodstvo Volgogradskoj oblasti // Pticevodstvo. 2014. №9. P. 9-12.
6. Perevarimost' pitatel'nyh veschestv korma pri ispol'zovanii v racionah cyplyat-brojlerov ryzhikovogo zhmyha i rastitel'nogo koncentrata obogaschennyh bishofitom / S. I. Nikolaev, R. N. Murtazaeva, E. Yu. Grishina, G. V. Volkolupov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. №3(43). P. 117-123.
7. Poluchenie produkci pticevodstva bez antibiotikov s ispol'zovaniem perspektivnyh programm kormleniya na osnove probioticheskikh preparatov / V. I. Fisinin, I. A. Egorov, G. Yu. Laptev, T. N. Lenkova, I. N. Nikonov, L. A. Il'ina, V. A. Manukyan, A. A. Grozina, T. A. Egorova, N. I. Novikova, E. A. Jyldyrym // Voprosy pitaniya. 2017. T. 86. № 6. P. 114-124.
8. Fisinin, V. I., Guschin I. A. Sovremennye podhody k kormleniyu vysokoproduktivnoj pticy // Ptica i pticeprodukty. 2015. №3. P. 27-29.
9. Jefferktivnost' ispol'zovaniya netradicionnogo korma v kormlenii sel'skohozyajstvennoj pticy / S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, M. V. Struk, I. G. Pleshakova, H. B. Bajmishev // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. №4(52). P. 272-279. DOI 10.32786/2071-9485-2018-04-39.
10. Determination of iodotyrosines in food / A.V. Kulikovskii, A.B. Lisitsyn, I.M. Chernukha, I.F. Gorlov, S.A. Savchuk // Journal of Analytical Chemistry. 2016. № 71(12). C. 1215-1219. DOI:10.1134/S1061934816100087
11. Non-Traditional legumes in diets for broilers / T. Lenkova, T. Egorova, V. Fisinin, M. Yatsyshina, V. Zevakova // The Proceeding of XXV World's Poultry Congress. September 5-9, Beijing, China, 2016. P. 20.
12. Fisinin V., Efimov D., Cherepanov S. Russia moves to high productive self-sufficiency // World's Poultry Science Journal. 2009. Vol. 25. № 3. P. 8.
13. Wealleans, A.L., Sirukhi, M., Egorov, I.A. Performance, gut morphology and microbiology effects of a bacillus probiotic, avilamycin and their combination in mixed grain broiler diets // British Poultry Science. 2017. Vol. 58. № 5. P. 523-529.

Информация об авторах

Муртазаева Ряшида Назировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры менеджмента Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8289-1331> rmurtazaeva@mail.ru

Зверева Галина Николаевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7558-7078> gzvereva@list.ru

Гребнева Дарья Александровна, преподаватель кафедры менеджмента Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д.26)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3775-1169> bulanova.34@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 579.62: 579.253.4

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-31

IN-SILICO ПОДБОР ФЕРМЕНТОВ ДЛЯ ГЕНОТИПИРОВАНИЯ ИЗОЛЯТОВ БАКТЕРИЙ РОДА *CAMPYLOBACTER*, ВЫДЕЛЕННЫХ У ПТИЦ

IN-SILICO – SELECTION OF ENZYMES FOR GENOTYPING OF *CAMPYLOBACTER* BACTERIA ISOLATES FROM BIRDS

В.П. Терлецкий¹, доктор биологических наук, профессор

О.Б. Новикова², кандидат ветеринарных наук

В.И. Тыщенко², кандидат биологических наук

Л.А. Шинкаренко³, кандидат сельскохозяйственных наук

V.P. Terletsky¹, O.B. Novikova², V.I. Tyschenko², L.A. Shinkarenko³

¹ГАОУ ВО ЛО «Ленинградский государственный университет» им. А.С. Пушкина,
г. Санкт-Петербург, Россия

²ВНИВИП - филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИТИП РАН, г. Санкт-Петербург, г. Ломоносов, Россия

³Селекционно-генетический центр Северо-Кавказская зональная опытная станция по птицеводству - филиал ФНЦ ВНИТИП РАН, с. Обильное, Ставропольский край, Россия

¹State Autonomous Educational Institution of Higher Education of the Leningrad Region
«Pushkin Leningrad State University», Saint Petersburg, Russia

²«All-Russian Research Veterinary Institute of Poultry» - the branch of Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Center «All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry» of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg-Lomonosov, Russia

³«Breeding and genetic center North Caucasian zonal poultry experimental station» - the branch of Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Center «All-Russian Scientific Research and Technological Institute of Poultry» of the Russian Academy of Sciences, Stavropol region, Russia

Дата поступления в редакцию 29.07.2019
Received 29.07.2019

Дата принятия к печати 12.09.2019
Submitted 12.09.2019

Изложены современные представления о генотипировании патогенов бактериальной природы как элемента в превентивной ветеринарии. Идентификация бактериальных штаммов позволяет эффективно выявлять пути распространения инфекции и находить источники патогена во внешней среде. Эти знания дают возможность прервать эпизоотическую цепь и не допустить распространения инфекции. Рассматриваются вопросы различных методов генотипирования, их преимущества и недостатки. Представлены ранее полученные авторами результаты по генотипированию отдельных видов микроорганизмов, подробно рассмотрены методические детали предлагаемого метода генотипирования бактерий, основанного на идее двойного расщепления и избирательного мечения фрагментов ДНК (ДРИМ). Использование баз данных секвенированных геномов бактерий и компьютерных программ, позволяющих теоретически моделировать расщепление геномной ДНК эндонуклеазами рестрикции, позволяет предложить подход к генотипированию бактерий рода *Campylobacter* по аналогии, как это было сделано ранее при генотипировании бактерий группы кишечной палочки, сальмонелл и псевдомонад. Предлагаемый метод основан на использовании одновременно двух эндонуклеаз рестрикции, одна из которых производит 3'-усеченные концы фрагментов ДНК патогена, способные включать меченый дезоксинуклеозидтрифосфат, и фермента, производящего 3'-выступающие либо тупые концы, не способные к включению метки. Подбор пары эндонуклеаз рестрикции основан не только на частоте расщепления геномной ДНК микроорганизма, но и на совместимости ферментов в одном реакционном буфере, специфичности, коммерческой доступности и стоимости. В конечном итоге будет детектироваться 20-50 четко различимых меченых фрагментов ДНК, число и распределение которых характерно для каждого бактериального штамма. При совпадении всех фрагментов ДНК у сравниваемых бактерий можно говорить о передаче возбудителя от одной заболевшей особи другой. Генотипирование бактериальных изолятов, выделенных из каких-либо объектов в разное время, позволяет установить первичный источник инфекции.

The article presents modern ideas about the genotyping of pathogens of a bacterial nature as an element in preventive veterinary medicine. Identification of bacterial strains allows you to effectively identify the spread of infection and find pathogen sources in the environment. This knowledge makes it possible to interrupt the epizootic chain and prevent the spread of infection. The questions of various methods of genotyping are considered, their advantages and disadvantages. The results obtained earlier by the authors on the genotyping of certain types of microorganisms are presented, the methodological details of the proposed method for bacterial genotyping based on the idea of double cleavage and selective labeling of DNA fragments (DRIM) are examined in detail. The use of databases of sequenced bacterial genomes and computer programs that theoretically model the cleavage of genomic DNA by restriction endonucleases allows one to propose an approach to genotyping of *Campylobacter* bacteria by analogy, as was done earlier when genotyping bacteria of the *Escherichia coli* group, *Salmonella* and *Pseudomonas*. The proposed method is based on the use of two restriction endonucleases at the same time, one of which produces 3'-truncated ends of pathogen DNA fragments that can include labeled deoxynucleoside triphosphate, and an enzyme that produces 3'-protruding or blunt ends that are not able to turn on the label. The selection of a pair of restriction endonucleases is based not only on the frequency of cleavage of the genomic DNA of the microorganism, but also on the compatibility of enzymes in one reaction buffer, specificity, commercial availability and cost. Ultimately, 20-50 clearly visible labeled DNA fragments will be detected, the number and distribution of which is characteristic of each bacterial strain. With the coincidence of all DNA fragments in the compared bacteria, we can talk about the transmission of the pathogen from one diseased individual to another. Genotyping of bacterial isolates isolated from any objects at different times allows us to establish the primary source of infection.

Ключевые слова: патогенные бактерии, кампилобактер, превентивная ветеринария, генотипирование, эндонуклеазы рестрикции.

Key words: pathogenic bacteria, campylobacter, preventive veterinary medicine, genotyping, restriction endonucleases.

*Работа выполнена по теме Государственного задания №599.01.X3017 0599-2014-0222
в части идентификации штаммов бактерий и по заданию №0599-2019-0040
в части in-silico поиска ферментов для генотипирования Campylobacter*

Цитирование. Терлецкий В.П., Новикова О.Б., Тыщенко В.И., Шинкаренко Л.А. *In-silico* подбор ферментов для генотипирования изолятов бактерий рода *Campylobacter*, выделенных у птиц. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 245-252. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-31.

Citation. Terletskiy V.P., Novikova O.B., Tyshchenko V.I., Shinkarenko L.A. *In-silico* selection of enzymes for genotyping *Campylobacter* bacteria isolates collected from birds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 245-252. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-31.

Введение. Выяснение путей распространения инфекции и идентификация источников патогена являются актуальными вопросами в системе профилактических мероприятий, направленных на борьбу с инфекционными заболеваниями человека и животных. Диагностика заболевания, включая ПЦР-анализ, дает возможность лишь указать на биологический вид возбудителя; необходимы способы более точного выявления генетических вариантов микроорганизма в пределах вида. Быстрый и точный метод идентификации бактериальных штаммов позволяет на научной основе планировать противоэпизоотические мероприятия. Кампилобактериоз является проблемой как в медицине, так и в ветеринарии. Природным резервуаром кампилобактеров являются различные виды животных и птиц [3].

В настоящее время существует большое число методов генотипирования бактерий, каждый из которых имеет преимущества и недостатки [4, 5, 7]. Способы выявления генетических вариаций в последовательности нуклеотидов в отдельных генах бактерий, проводимые секвенированием (MLST), могут не давать необходимого разреше-

ния в разделении группы изолятов на кластеры. Многие исследователи [12] отдают предпочтение методу генотипирования, основанному на разделении фрагментов ДНК патогена в пульс-гель электрофорезе (ПГЭ). В последние годы иногда стали использовать высокотехнологичные подходы к генотипированию, использующие рамановскую [10] и масс-спектроскопию [2, 11]. Получил распространение метод выявления полиморфных повторов ДНК с применением полимеразной цепной реакции – MLVA [8, 1], который иногда для повышения разрешающей способности комбинируется с ПГЭ и MLST [9]. В целом, метод ПГЭ обладает высокой дискриминационной способностью, однако является трудоемким и длительным в выполнении всех этапов [6].

Ранее нами был разработан метод генотипирования микроорганизмов, основанного на идее двойного расщепления и избирательного мечения (ДРИМ), который положительно зарекомендовал себя на отдельных видах микроорганизмов, где был достигнут самый высокий уровень дискриминации ($D > 0,96$). Существующие базы данных секвенированных геномов патогенных бактерий, а также доступные компьютерные программы по *in-silico* моделированию расщепления геномной ДНК эндонуклеазами рестрикции позволяют провести предварительный подбор ферментов-кандидатов для генотипирования. Анализ по программе *in-silico* позволяет подобрать оптимальную комбинацию ферментов рестрикции для каждого биологического вида патогена. В частности, для *E. coli* и сальмонелл оптимальным выбором будет использование комбинации ферментов XbaI/PstI, для псевдомонад – SpeI/StuI. Геномы многих видов патогенных кампилобактерий секвенированы и есть возможность с использованием программы *in-silico* (<http://insilico.ehu.es/>) подобрать пару эндонуклеаз рестрикции для проведения генотипирования методом ДРИМ. Метод ДРИМ [7] основан на одновременном расщеплении геномной ДНК микроорганизма двумя рестрикционными эндонуклеазами и избирательном мечении отдельных фрагментов ДНК. Первая эндонуклеаза рестрикции, имеющая 10-40 сайтов узнавания и расщепления в геноме, при ферментативном гидролизе ДНК образует ограниченное число фрагментов с так называемыми «липкими концами» (т.е. имеет 3'-усеченные концы), которые могут включать метку (биотинилированный дезоксицитозинтрифосфат, био-дЦТФ). Фрагменты ДНК, образованные второй эндонуклеазой рестрикции, имеющей около 1000 сайтов узнавания, дают только тупые или 3'-выступающие концы фрагментов, которые не могут включать метку. Известно, что геномы большинства патогенных бактерий состоят из 2000-6000 тыс. пар оснований ДНК. Учитывая частоту расщепления генома вторым ферментом, образуемый средний размер фрагментов составит 2000-6000 пар оснований, что является оптимальным с точки зрения разделения этих фрагментов в обычном агарозном геле. Такая избирательность мечения позволяет уменьшить число фрагментов ДНК с нескольких тысяч до нескольких десятков и выявить это ограниченное число фрагментов на фильтре.

Целью работы является *in-silico* подбор оптимальной пары эндонуклеаз рестрикции для использования в генотипировании кампилобактерий методом ДРИМ.

Материалы и методы. Первым этапом работы является выращивание микроорганизма в подходящей питательной среде с целью получения чистой культуры (изолят). Предварительные опыты показали, что в отношении грамм-отрицательных бактерий рода *Campylobacter* подходит стандартная процедура экстракции ДНК с использованием фенольно-хлороформенной стадии. Ночная культура центрифугируется в 1,5 мл пробирках типа Эппендорф в течение 5 минут при 8000 g. Осадок бактериальных клеток затем используется для выделения ДНК. ДНК растворяем в 50 мкл буфера TE (10 mM трис, 1 mM ЭДТА, pH 8,0).

Методически ДРИМ протокол очень прост: в пробирку вносили 15 мкл воды, 2 мкл буфера для эндонуклеаз рестрикции, 2 мкл ДНК и 1 мкл ферментной смеси. Ферментную смесь делаем путем смешивания двух ферментов рестрикции, *Taq*-полимеразы и био-дЦТФ. После окончания реакции ДРИМ продукты двойного расщепления и мечения вносим в лунки стандартного 0,8 % агарозного геля. Электрофорез проводим в течение 16 часов (ставим на ночь) при напряжении 60 вольт, длина геля равна 25 см. По окончании электрофореза фрагменты ДНК переносим на нейлоновый фильтр. Для этого используем аппарат вакуумного переноса. Процедура длится 30 минут при уровне вакуума 30-40 мПа в дистиллированной воде. Фиксация перенесенных фрагментов ДНК на фильтре достигается облучением фильтра ультрафиолетовыми лучами в течение 4 минут на трансиллюминаторе. Детекцию биотинилированных фрагментов ДНК на фильтре проводим с использованием стандартных реактивов для выявления щелочной фосфатаз (красители NBT и BCIP). Используем конъюгат стрептавидин-щелочная фосфатаза для связывания его с биотинилированными фрагментами [7].

Результаты и обсуждение. Результатом генотипирования методом ДРИМ является группа фрагментов ДНК в виде окрашенных полос на фильтре, распределение которых специфично для каждого штамма. Ранее проведенные эксперименты по генотипированию изолятов *Clostridium difficile*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Salmonella enterica* доказали как эффективность метода, так и предсказуемость числа детектируемых фрагментов ДНК в зависимости от числа сайтов расщепления эндонуклеазами рестрикции. Обычно число фрагментов ДНК на фильтре составляет от 20 до 50, и они распределены по длине электрофоретической дорожки таким образом, что их положение легко идентифицировать (рисунок 1).

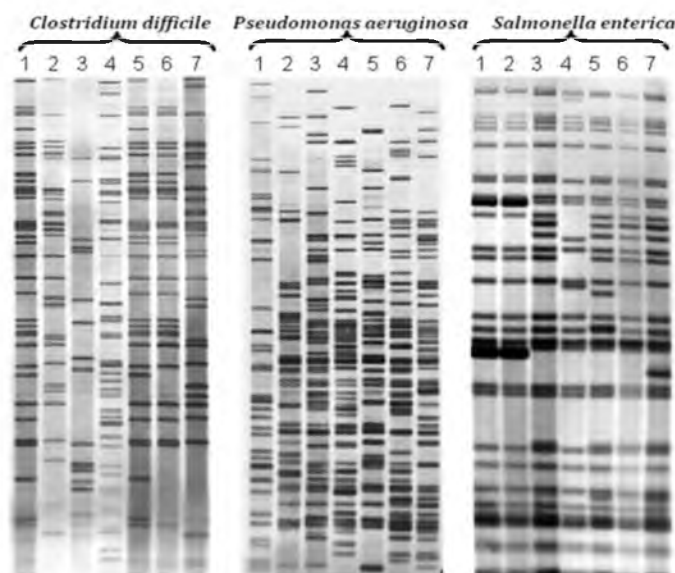


Рисунок 1 – Генотипирование методом ДРИМ трех видов патогенных бактерий – *C. difficile*, *P. aeruginosa* и *S. enterica*

Figure 1 – DRIM genotyping of three types of pathogenic bacteria – *C. dif-ficile*, *P. aeruginosa* and *S. Enterica*

При совпадении всех фрагментов ДНК у двух сравниваемых бактериальных изолятов делаем вывод об их генетической идентичности, т.е. изоляты, вероятно, имеют один источник и являются клонами одного штамма. В данном случае можно говорить о передаче инфекции от одного животного другому. Зачастую можно диагности-

ровать близкородственные штаммы, проявляющиеся в сходных профилях распределения фрагментов ДНК. Как правило, эпизоотологически не родственные штаммы (разные регионы, годы) имеют совершенно разные генетические профили. Генотипирование изолятов *Escherichia coli*, выделенных от больных и павших кур различных птицефабрик страны, позволило доказать факт передачи инфекции между отдельными птичниками и между особями в пределах одного объекта.

Использование баз данных секвенированных геномов бактерий с программой симулирования расщепления геномов эндонуклеазами рестрикции (<http://insilico.ehu.es/>) позволил осуществить предварительный отбор ферментов для генотипирования изолятов бактерий рода *Campylobacter* (таблицы 1 и 2).

Таблица 1 – Отобранные эндонуклеазы рестрикции, образующие 3'-усеченные концы для генотипирования кампилобактерий методом ДРИМ и их основные свойства

Table 1 – Selected restriction endonucleases forming 3'-truncated ends for genotyping of campylobacter using the DRIM method and their main properties

Свойства The properties Фермент Enzyme	Сайт расщепления Cleavage site	Число сайтов в <i>C. jejuni</i> 4031 Number of sites in <i>C. jejuni</i> 4031	Число сайтов в <i>C. coli</i> 76339 Number of sites in <i>C. coli</i> 76339	Оптимальный буфер Optimal buffer	Специфичность* Specificity*
<i>Cfr</i> 9I	C↓CCGGG	11	13	<i>Cfr</i> 9I	160
<i>Sa</i> I	G↓TCGAC	6	10	O	80
<i>Avr</i> II	C↓CTAGG	62	76	Tango™	160
<i>Pa</i> uI	G↓CGCGC	19	48	R	160
<i>Eco</i> 52I	C↓GGCCG	13	11	<i>Eco</i> 52I	160

*специфичность фермента, выражаемая в кратном избытке фермента, которое все-еще не вызывает неспецифический гидролиз ДНК

*specificity of the enzyme, expressed as a multiple excess of the enzyme, which still does not cause nonspecific DNA hydrolysis

Таблица 2 – Отобранные эндонуклеазы рестрикции, образующие 3'-выступающие или тупые концы для генотипирования кампилобактерий методом ДРИМ и их основные свойства

Table 2 – Selected restriction endonucleases forming 3'-protruding or blunt ends for genotyping of campylobacter using the DRIM method and their main properties

Свойства The properties Фермент Enzyme	Сайт расщепления Cleavage site	Число сайтов в <i>C. jejuni</i> 4031 Number of sites in <i>C. jejuni</i> 4031	Число сайтов в <i>C. coli</i> 76339 Number of sites in <i>C. coli</i> 76339	Оптимальный буфер Optimal buffer	Специфичность* Specificity*
<i>Rsa</i> I	GT↓AC	1297	1568	Tango™	160
<i>Hha</i> I	GCG↓C	1176	1791	Tango™	160
<i>Bsu</i> RI	GG↓CC	644	571	R	160
<i>Ssp</i> I	AAT↓ATT	1936	1550	G	15

При подборе учитывали следующие свойства ферментов: число сайтов узнавания и расщепления в геноме кампилобактерий, относительная нечувствительность к метилированию ДНК, максимальное значение специфичности, способность проявлять активность в различных реакционных буферах.

Анализ всех комбинаций ферментов позволил рекомендовать следующие оптимальные сочетания ферментов и буфера:

1. *Avr*II/*Rsa*I, *Avr*II/*Hha*I, буфер Tango™, активность обоих ферментов в этом буфере - 100%.

2. *PaulI/BsuRI*, буфер R, активность обоих ферментов в этом буфере – 100 %.

3. *SalI/BsuRI*, буфер O, активность *SalI* - 100%б активность *BsuRI* – 50-100 %.

В связи с тем, что реакция молекулярной гибридизации проводится не будет, нет нужды переносить ДНК в одноцепочечном состоянии. Поэтому этапы денатурации и нейтрализации, необходимые при классическом переносе по Саузерну, в нашем случае пропускаются. Это значительно ускоряет и упрощает процедуру.

Таким образом, все три комбинации ферментов можно рекомендовать для экспериментального подтверждения их эффективности при генотипировании методом ДРИМ. Однако необходимо учитывать отдельные нюансы их использования. Так, первым нуклеотидом, который должен включаться в 3'-усеченные фрагменты ДНК, обрабатываемые ферментом *SalI*, будет дезокситимидинтрифосфат (дТТФ), поэтому, помимо метки био-дЦТФ, в реакционную смесь должен быть включен этот дезоксинуклеозидтрифосфат. В остальных случаях в этом нет необходимости.

Сравнивая значимость комбинаций *AvrII/RsaI* и *AvrII/HhaI*, необходимо отметить негативное свойство фермента *RsaI*, которое заключается в том, что фермент имеет пониженную активность расщепления в метилированных сайтах CpG, что может выразиться в неполностью расщепленных участках геномной ДНК и трудностях в интерпретации распределения детектируемых фрагментов. Фермент *HhaI* не расщепляет метилированные участки CpG, что является преимуществом. *AvrII* расщепляет ДНК независимо от ее метилирования, в противоположность ферменту *PaulI*, который не узнает метилированные участки CpG и вполне может быть использован в сочетании с ферментом *BsuRI*, не чувствительным к метилированию. Фермент *SalI* не расщепляет метилированные участки CpG, и с учетом того, что теоретическое число сайтов расщепления в геномах двух видов кампилобактерий всего 6 и 10 (таблица 1), этот фермент не должен рассматриваться как оптимальный для генотипирования, тем более для проведения реакции требуется дополнительное внесение дТТФ.

Заключение. Анализируя все вышеизложенное, можно в качестве первой оптимальной комбинации ферментов при генотипировании изолятов бактерий рода *Campylobacter* предложить пару *AvrII/HhaI*. Оба фермента работают в одном буфере со 100 % активностью; очень интересным представляется свойство *HhaI* не расщеплять метилированные участки CpG. В этом случае есть возможность выявления разницы в штаммах с идентичными участками ДНК, но различающимися по сайтам метилирования. Генотипирование методом ДРИМ сможет выявить различия там, где обычное секвенирование покажет идентичную последовательность нуклеотидов в участках ДНК у сравниваемых геномов.

Библиографический список

1. Генотипирование штамма молочнокислых бактерий методом ПЦР-анализа/ Т.В. Кузнецова, К.М. Кебекбаева, Г.Т. Джакибаева, А.Е. Молжигитова // Современные проблемы науки и образования. 2016. №5. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25349> (дата обращения: 31.08.2019).
2. Идентификация *Stenotrophomonas maltophilia* с использованием методов прямого секвенирования 16s рРНК и MALDI-TOF масс-спектрометрии/ Ю. И. Останкова, А.В. Семенов, Е.В.Зуева, М.А. Вашукова, А.А. Тотолян // Клиническая лабораторная диагностика. 2017. Т.2. №3. С. 165-170. DOI: 10.18821/0869-2084-2017-62-3-165-170.
3. Порин А.А. Возбудители кампилобактериозов // Инфекция и иммунитет. 2016. Т. 6. №3. С. 94.
4. Современные подходы к генотипированию возбудителей особо опасных инфекций / О.С.Бондарева, С.С. Савченко, Г.А. Ткаченко, А.И. Абуева, Ю.О. Муратова, В.А. Антонов // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2014. №1. С. 34-44.

5. Сравнительное генетическое типирование изолятов *Staphylococcus aureus*, выделенных с поверхности кожи, из носовой полости и кишечника у детей, страдающих атопическим дерматитом / А.П. Пикина, А.Н. Шкопоров, Е.В. Кулагина, Е.В. Хохлова, А.В. Чаплин, Н.Н. Володин, Л.И. Кафарская, Н.Г. Короткий, Б.А. Ефимов // Вестник РАМН. 2016. Т.71. №5. С. 367-374. DOI: 10.15690/vramn695.

6. Шпилевая М.В., Образцова О.А., Честков А.В. Использование методов генотипирования *Neisseria gonorrhoeae*// Вестник дерматологии и венерологии. 2015. №6. С. 33-40.

7. Эффективный метод генетической паспортизации штаммов *Bacillus subtilis* – перспективных продуцентов биопрепаратов/ В.П. Терлецкий, В.И. Тыщенко, И.И. Новикова, И.В. Бойкова, С.Д. Тюлебаев, И.Я. Шахтамиров // Микробиология. 2016. Т. 85. №1. С. 50-55. DOI: 10.7868/S0026365616010134.

8. Biotyping and genotyping (MLVA16) of *Brucella abortus* isolated from cattle in Brazil, 1977 to 2008 / S. Minharro, J.P. Silva, E.M. Dorneles, R.B. Pauletti, H. Neubauer, F. Melzer, F.P. Poester, M.G. Dasso, E.S. Pinheiro, P.M. Soares, R.L. Santos, M. Heinemann A.P. Lage // PLoS ONE. 2013. Vol. 8. №12. DOI:10.1371/journal.pone.0081152.

9. Comparison of five molecular subtyping methods for differentiation of *Salmonella* Kentucky isolates in Tunisia / Y. Turki, I. Mehri, I. Fhoula, A. Hassen, H. Ouzari // World J. Microbiol. Biotechnol. 2014. Vol. 30. №1. P. 87-98. DOI: 10.1007/s11274-013-1414-1.

10. Detection and characterization of antibiotic-resistant bacteria using surface-enhanced Raman spectroscopy / K. Wang, S. Li, M. Petersen, S. Wang, X. Lu // Nanomaterials (Basel). 2018. V.8. №10. pii: E762. DOI: 10.3390/nano8100762.

11. Lartigue, M.F. Matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry for bacterial strain characterization // Infect. Genet. Evol. 2013. Vol. 13. P. 230-235.

12. *Salmonella enterica* diversity in central Californian coastal waterways / S.P. Walters, N. González-Escalona, I. Son, D.C. Melka, L.M. Sassoubre, A.B. Boehm // Appl. Environ. Microbiol. 2013. Vol.79. №14. P. 4199–4209. DOI: 10.1128/AEM.00930-13.

References

1. Генотипирование штамма молочнокислых бактерий методом PCR-анализа/ Т. В. Кузнецова, К. М. Кебекбаева, Г. Т. Дзхакбаева, А. Е. Молзхигитова // Современные проблемы науки и образования. 2016. №5. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25349> (дата обращения: 31.08.2019).

2. Identifikacija *Stenotrophomonas maltophilia* s ispol'zovaniem metodov pryamogo sekvenirovaniya 16s rRNA i MALDI-TOF mass-spektrometrii/ Yu. I. Ostankova, A. V. Semenov, E. V. Zueva, M. A. Vashukova, A. A. Totolyan // Klinicheskaya laboratornaya diagnostika. 2017. T.2. №3. P. 165-170. DOI: 10.18821/0869-2084-2017-62-3-165-170.

3. Porin A. A. Vozbuditeli kampilobakteriozov // Infekciya i immunitet. 2016. T. 6. №3. P. 94.

4. Sovremennye podhody k genotipirovaniyu vozбудителей osobo opasnykh infekcij / O. S. Bondareva, S. S. Savchenko, G. A. Tkachenko, A. I. Abueva, Yu. O. Muratova, V. A. Antonov // Epidemiologiya i infekcionnye bolezni. 2014. №1. P. 34-44.

5. Sravnitel'noe geneticheskoe tipirovanie izolyatov *Staphylococcus aureus*, vydelennykh s poverhnosti kozhi, iz nosovoj polosti i kishechnika u detej, stradayuschih atopicheskim dermatitom / A. P. Pikina, A. N. Shkoporov, E. V. Kulagina, E. V. Hohlova, A. V. Chaplin, N. N. Volodin, L. I. Kafarskaya, N. G. Korotkij, B. A. Efimov // Vestnik RAMN. 2016. T.71. №5. P. 367-374. DOI: 10.15690/vramn695.

6. Shpilevaya M. V., Obrazcova O. A., Chestkov A. V. Ispol'zovanie metodov genotipirovaniya *Neisseria gonorrhoeae*// Vestnik dermatologii i venerologii. 2015. №6. P. 33-40.

7. Эффективный метод генетической паспортизации штаммов *Bacillus subtilis* - перспективных продуцентов биопрепаратов/ В. П. Терлецкий, В. И. Тыщенко, И. И. Новикова, И. В. Бойкова, С. Д. Тюлебаев, И. Я. Шахтамиров // Микробиология. 2016. Т. 85. №1. P. 50-55. DOI: 10.7868/S0026365616010134.

8. Biotyping and genotyping (MLVA16) of *Brucella abortus* isolated from cattle in Brazil, 1977 to 2008 / S. Minharro, J.P. Silva, E.M. Dorneles, R.B. Pauletti, H. Neubauer, F. Melzer, F.P. Poester, M.G. Dasso, E.S. Pinheiro, P.M. Soares, R.L. Santos, M. Heinemann A.P. Lage // PLoS ONE. 2013. Vol. 8. №12. DOI:10.1371/journal.pone.0081152.

9. Comparison of five molecular subtyping methods for differentiation of *Salmonella* Kentucky isolates in Tunisia / Y. Turki, I. Mehri, I. Fhoula, A. Hassen, H. Ouzari // *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2014. Vol. 30. №1. P. 87-98. DOI: 10.1007/s11274-013-1414-1.

10. Detection and characterization of antibiotic-resistant bacteria using surface-enhanced Raman spectroscopy / K. Wang, S. Li, M. Petersen, S. Wang, X. Lu // *Nanomaterials* (Basel). 2018. V.8. №10. pii: E762. DOI: 10.3390/nano8100762.

11. Lartigue, M.F. Matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry for bacterial strain characterization // *Infect. Genet. Evol.* 2013. Vol. 13. P. 230-235.

12. *Salmonella enterica* diversity in central Californian coastal waterways / S.P. Walters, N. González-Escalona, I. Son, D.C. Melka, L.M. Sassoubre, A.B. Boehm // *Appl. Environ. Microbiol.* 2013. Vol.79. №14. P. 4199–4209. DOI: 10.1128/AEM.00930-13.

Информация об авторах

Терлецкий Валерий Павлович, профессор кафедры естествознания и географии Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина, Санкт-Петербург-Пушкин, Петербургское ш. 10, 196605, тел. 8 921 558 7957. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4043-3823> **E-mail:** valeriter@mail.ru.

Новикова Оксана Борисовна, кандидат ветеринарных наук, заведующая отделом микробиологии, ВНИВИП – филиал ФНЦ ВНИИП РАН, Санкт-Петербург-Ломоносов, ул. Черникова 48, 198412, тел. +7 (812)4220141. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0046-625X> **E-mail:** ksuvet@mail.ru.

Тыщенко Валентина Ивановна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики, ВНИИГРЖ, г. Санкт-Петербург-Пушкин, 196625, тел. 8 921 558 7824. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4964-9938> **E-mail:** tinatvi@mail.ru.

Шинкаренко Лидия Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе СГЦ «СКЗОСП», ул. Продольная 30, с. Обильное, Ставропольский край, 357812, тел. +7 (87951) 43-146. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4959-5415>

E-mail: skzospzooteh@yandex.ru.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 591.111.05:636.93

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-32

ИЗМЕНЕНИЕ БИОХИМИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ КРОВИ СЕРЕБРИСТО-ЧЕРНОЙ ЛИСИЦЫ В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ CHANGE IN BIOCHEMICAL BLOOD PARAMETERS OF THE SILVER-BLACK FOX IN POSTNATAL ONTOGENESIS

Ю.А. Березина¹, кандидат ветеринарных наук

О.Ю. Беспятых², доктор биологических наук

А.Е. Кокорина¹, кандидат биологических наук

Yu.A. Berezina¹, O.Yu. Bespyatykh², A.E. Kokorina¹

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова», г. Киров, Россия

²ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, Россия

¹Federal State Budget Scientific Institution

«All-Russian Scientific Research Institute of Hunting and Animal Breeding
named after prof. B.M. Zhitkov», Kirov, Russia

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State University», Kirov, Russia

Дата поступления в редакцию 29.04.2019
Received 29.04.2019

Дата принятия к печати 16.08.2019
Submitted 16.08.2019

Описаны и проанализированы биохимические показатели крови серебристо-черной лисицы в постнатальном онтогенезе. Исследования проводили в зверохозяйстве «Вятка» (Кировская обл.). Зверей содержали в одинаковых условиях, кормили в соответствии с возрастом и физиологическим

состоянием. Кровь брали у клинически здоровых серебристо-черных лисиц в возрасте 2, 4, 6 и 12 месяцев (взрослые звери). Ее исследовали на полуавтоматическом анализаторе «Biochem SA» (США). У лисицы в процессе роста увеличивалось количество общего белка в крови, максимум был достигнут в 4-х месячном возрасте. Затем его уровень несколько снизился. Концентрация альбуминов также повышалась с возрастом, достигая максимальных значений в 6-и месячном возрасте. Затем значение этого показателя незначительно уменьшилось. Активность АЛТ и АСТ повышалась с возрастом, достигая максимальных значений у взрослых лисиц. Активность ЩФ, наоборот, уменьшалась у лисиц с возрастом. Уровни α -амилазы и глюкозы увеличивались к 4-х месячному возрасту, достигая максимальных значений. Затем они несколько снижались. Количество в крови общего билирубина, мочевины и креатинина изменялось незначительно в разные возрастные периоды. Для показателей белкового обмена у лисицы характерны половые различия. Таким образом, каждому периоду постнатального онтогенеза серебристо-черной лисицы соответствует определенный уровень биохимических показателей крови. Половые различия имеют в основном показатели белкового обмена. К 6-и месячному возрасту серебристо-черные лисицы приобретают биохимический профиль крови взрослых зверей.

Biochemical blood parameters of silver-black fox in postnatal ontogenesis are described and analyzed. Studies were carried out in the Vyatka fur farm (Kirov region). Animals were kept in the same conditions, fed in accordance with age and physiological condition. Blood was taken from clinically healthy silver-black foxes at the age of 2, 4, 6, and 12 months (adult animals). It was investigated on a semi-automatic analyzer «Biochem SA» (USA). In the fox, during the growth process, the amount of total protein in the blood increased, reaching a maximum at 4 months of age. Then its level decreased slightly. The concentration of albumin also increased with age, reaching maximum values at 6 months of age. Then the value of this indicator decreased slightly. The activity of ALT and AST increased with age, reaching maximum values in adult foxes. The activity of alkaline phosphatase, on the contrary, decreased in foxes with age. Levels of α -amylase and glucose increased by 4 months of age, reaching maximum values. Then they decreased slightly. The amount of total bilirubin, urea, and creatinine in the blood changed slightly at different age periods. For fox protein metabolism, sex differences are characteristic. Thus, each period of postnatal ontogenesis of silver-black fox corresponds to a certain level of biochemical blood parameters. Sex differences are mainly indicators of protein metabolism. By the age of 6 months, silver-black foxes acquire a biochemical blood profile of adult animals.

Ключевые слова: биохимические показатели крови лисиц, кровь лисиц, лисица.

Key words: biochemical indicators of fox blood, fox blood, fox.

Работа выполнена по теме Государственного задания "Разработка технологий содержания, кормления, разведения, профилактики и лечения заболеваний клеточных пушных зверей и охотничьих животных, содержащихся в неволе, полувольных условиях или в искусственно созданной среде обитания" (№ 0766-2019-0002)

Цитирование. Березина Ю.А., Беспятых О.Ю., Кокорина А.Е. Изменение биохимического профиля крови серебристо-черной лисицы в постнатальном онтогенезе. *Известия НВ АУК*, 3(55), 2019. 252-258. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-32.

Citation. Berezina Yu.A., Bespyatykh O.Yu., Kokorina A.E. Change in biochemical blood parameters of the silver-black fox in postnatal ontogenesis. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 252-258. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-32.

Введение. Важной особенностью любого организма является его способность к адаптации к природным факторам среды и к многообразию их проявлений на каждом этапе онтогенетического развития, которую отражает картина крови [7, 3]. Находящиеся в определенных физиологических пределах компоненты крови у здорового животного при заболевании изменяют свой баланс в какую-либо сторону, что является основополагающим принципом в диагностических исследованиях крови [5, 8]. На изменение условий среды в первую очередь реагирует ферментная система организма [5, 7, 13], при этом у животных явные клинические признаки еще не наблюдаются.

Основная масса исследований крови клеточных пушных зверей была проведена в 60-70-х годах прошлого века [7, 6]. За прошедшее с тех пор время произошли изменения в кормлении животных, которые привели к изменениям в организме зверей [1, 2, 10]. На современном этапе появились новые автоматизированные приборы, изменились методики определения, а также единицы измерения некоторых показателей, что приводит к невозможности сравнения современных и полученных ранее данных. Ряд химических веществ в середине прошлого века не определяли в крови зверей.

В последнее время появились сообщения по исследованию биохимической картины крови у песцов в онтогенезе [5, 7, 6, 9]. У норки биохимический профиль крови изучали, как правило, у определенной группы разного пола и возраста или при введении в рацион биологически активной добавки [10, 12]. Об изменении индикаторов крови лисиц доступны единичные сведения [4, 11, 14]. В них исследовано влияние на биохимическую картину крови сезонов года, типа кормления и некоторых препаратов. Сведений об онтогенетических изменениях биохимических индикаторов крови у domesticированных лисиц не найдено в доступной литературе последних лет, что свидетельствует о наличии «белых пятен» в этой области и необходимости их устранения. Таким образом, изучение онтогенетических изменений биохимического профиля крови значительно расширит знание о физиологических особенностях организма лисицы и будет способствовать пополнению новыми данными базы системы мониторинга состояния здоровья пушных зверей, использование которой позволяет повысить продуктивность и сохранность животных [7].

Цель исследования – изучение изменений биохимического профиля крови серебристо-черной лисицы в постнатальном онтогенезе.

Материалы и методы. Исследования проводили на серебристо-черной лисице в ООО «Зверохозяйство «Вятка» (Кировская обл.). Из клинически здоровых зверей после отсадки от матерей в 2-х месячном возрасте были отобраны 15 самок и 15 самцов. Лисиц кормили раз в сутки (утром) мясными кормосмесями в соответствии с возрастом и физиологическим состоянием, содержали в одинаковых условиях.

Кровь брали у лисиц 2, 4, 6 и 12-ти месячного возраста из латеральной подкожной вены голени до утреннего кормления. Из крови получали сыворотку, которую исследовали на полуавтоматическом анализаторе «Biochem SA» (США). Нами были выбраны тесты, которые в достаточной степени отражают физиологическое состояние организма животного: общий белок, альбумины, аланинаминотрансфераза (АЛТ), аспаратаминотрансфераза (АСТ), щелочная фосфатаза (ЩФ), α -амилаза, глюкоза, общий билирубин, мочевины, креатинин. Результаты исследований обработаны общепринятыми статистическими методами в программе «Biostat».

Результаты и обсуждение. У самок серебристо-черной лисицы с 2-месячного до 4-месячного возраста увеличилось количество общего белка крови ($P < 0,001$), достигнув при этом максимальных значений (таблица). Затем оно несколько снизилось к 12-месячному возрасту (взрослые звери). У самцов фиксировали схожую динамику общего белка, при этом у взрослых самцов содержание общего белка было выше на 11 %, чем у взрослых самок. Относительно быстрая стабилизация белкового обмена у лисиц является биологической особенностью многих млекопитающих, рожденных весной, у которых темп роста ускорен и фаза достижения зрелости сокращена. По потребности в белке пушные звери существенно превосходят сельскохозяйственных животных, у них практически отсутствует синтез белка микрофлоры кишечника, и растительный корм усваивается ими хуже животного [1, 2].

Уровень альбуминов возрастал у самок уже к 4-месячному возрасту, по сравнению с 2-месячным ($P < 0,01$), и достигал максимума у 6-месячных зверей ($P < 0,001$). К 12-месячному возрасту у самок уменьшилось количество альбумина 15 % по сравне-

нию с 6-месячным. Значения данного показателя у самок были ниже по сравнению с самцами на протяжении всего исследования. Вероятно, более высокое содержание белка и альбумина в крови самцов серебристо-черной по сравнению с одновозрастными самками связано с более эффективным усвоением белка и интенсивным метаболизмом.

Активность АЛТ и АСТ у лисиц повышалась с возрастом, достигая максимальных значений у взрослых животных. Так, у взрослых самок по сравнению с 2-месячными щенками уровень АЛТ увеличивался на 27 % ($P<0,01$), у взрослых самцов – на 34 % ($P<0,05$); активность АСТ, соответственно – на 16 и 26 % ($P<0,01$). Увеличение к 6-месячному возрасту (осень) уровня трансаминаз, описанное и у других видов пушных зверей [7, 6], способствует накоплению массы тела в период подготовки зверей к зиме [1, 8]. На протяжении постнатального онтогенеза активность АЛТ выше, чем активность АСТ, при этом их уровни у самок были ниже, чем у самцов.

Таблица – Биохимические показатели крови серебристо-черной лисицы
в постнатальном онтогенезе

Table – Biochemical blood parameters of silver-black fox in postnatal ontogenesis

Показатель Indicator	Возраст серебристо-черных лисиц / Age of silver-black foxes							
	2 мес. 2 month		4 мес. 4 month		6 мес. 6 month		12 мес. (взрослые) 12 month (adults)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
Общий белок, г/л Total protein, g/l	51,0± 1,9	56,4± 1,1	73,9± 2,0 ^C	76,7± 1,0 ^C	71,4± 4,5 ^B	71,4± 1,2 ^C	63,1± 1,2 ^{BE}	70,5± 4,5 ^A
Альбумин, г/л Albumin, g/l	25,7± 1,7	29,8± 1,0	33,0± 0,6 ^B	33,0± 0,8	44,6± 0,6 ^{CF}	43,5± 2,7 ^{CE}	37,8± 1,7 ^{CH}	38,5± 1,0 ^{CE}
АЛТ, Е/л ALT, E/l	37,2± 1,9	41,9± 4,8	46,3± 4,3	52,6± 5,9	50,1± 8,2	55,0± 2,9	51,5± 1,7 ^B	63,5± 3,5 ^A
АСТ, Е/л AST, E/l	32,8± 3,3	31,8± 1,2	36,9± 2,2	39,9± 4,6	33,0±4 7	39,2± 3,4	39,1± 6,6	42,9± 2,4 ^B
Щелочная фосфатаза, Е/л Alkaline phosphatase, E/l	156,1± 15,3	118,8± 6,4	58,3± 6,2 ^B	48,4± 8,6 ^C	17,5± 1,6 ^{CF}	20,7± 3,1 ^{CD}	19,3± 3,4 ^{CF}	19,7± 2,8 ^{CD}
α-амилаза, Е/л α-amylase, E/l	1065± 56,7	1380± 75,8	1535± 120,2 ^B	1744± 96,1 ^A	1201± 70,1 ^D	1214± 94,1 ^E	1075± 59,4 ^E	1138± 72,6 ^E
Глюкоза, ммоль/л Glucose, mmol/l	5,62± 0,66	5,87± 0,33	6,20± 0,40	6,67± 0,30	4,90± 0,38 ^D	5,40± 0,21 ^D	5,40± 0,40	6,00± 0,48
Общ. билирубин, мкмоль/л Total bilirubin, μmol/l	5,70± 1,15	5,20± 0,93	6,02± 0,49	4,62± 0,32	5,37± 0,23	4,65± 0,33	5,57± 0,32	4,16± 0,21
Мочевина, ммоль/л Urea, mmol/l	6,62± 0,50	6,22± 0,50	6,60± 0,68	7,10± 1,02	7,12± 0,39	7,60± 0,36	5,92± 0,24	7,02± 0,67
Креатинин, мкмоль/л Creatinine, μmol/l	79,9± 1,6	85,3± 2,7	81,4± 3,1	89,2± 4,7	81,7± 5,0	88,9± 4,9	84,5± 6,1	107,2± 6,6 ^A

Примечание: различия статистически значимы:

A, B, C – с 2-х месячными зверями, соответственно $P<0,05$; $P<0,01$; $P<0,001$;

D, E, F – с 4-х месячными зверями, соответственно $P<0,05$; $P<0,01$; $P<0,001$.

Активность ЩФ значительно уменьшалась с возрастом животных. Например, у самок уже к 4-месячному возрасту содержание ЩФ снизилось в 2,5 раза ($P<0,01$), к 12-месячному – в 8 раз ($P<0,001$), у самцов, соответственно, – в 2,5 ($P<0,001$) и 6 раз ($P<0,001$), по сравнению с 2-месячными щенками. Данная закономерность обусловлена участием фермента в формировании скелета в процессе онтогенеза зверей. Его активное формирование происходит в раннем постнатальном онтогенезе (до 2-3-месячного возраста), с 4-месячного возраста рост и соответственно развитие скелета замедляется, к 6-месячному возрасту звери почти приобретают размеры и массу тела взрослых животных [2]. Интересно, что у самок до 4-месячного возраста уровень ЩФ была в 1,3 раза выше, чем у самцов, у самок старше 4-месячного возраста – наоборот.

Активность α -амилазы у лисиц к 4-месячному возрасту увеличилась у самок на 44 % ($P<0,01$), у самцов – на 23 % ($P<0,05$), достигнув при этом максимальных значений. Затем к 6-месячному возрасту и старше уровень показателя снизился, соответственно, на 30 ($P<0,01$) и 35 % ($P<0,01$), по сравнению с максимальными значениями. Данные колебания активности фермента связаны с перестройкой (адаптацией) растущего организма к изменяющимся условиям окружающей среды (осень), в том числе, с началом формирования зимнего волосяного покрова.

Энергетический обмен организма отражает уровень глюкозы крови, который к 4-месячному возрасту повышался у самок и самцов в 1,1 раза, по сравнению с 2-месячным, а к 6-месячному возрасту снижался соответственно на 21 ($P<0,05$) и 19 % ($P<0,05$), по сравнению с 4-месячным. Этот период совпадает с завершением интенсивного роста и перестройкой метаболизма на подготовку организма зверей к зимнему периоду (формирование зимнего волосяного покрова) с активным использованием энергии в организме. Половые отличия характеризуют более низкий уровень гликемии у самок, чем у самцов.

Возрастные изменения концентраций в крови общего билирубина, мочевины и креатинина были незначительными, за исключением повышения количества креатинина у взрослых самцов по сравнению с 2-месячными щенками ($P<0,05$). Отметим, что у самок по сравнению с самцами уровень общего билирубина был выше, а мочевины и креатинина – ниже.

Достоверные половые различия у серебристо-черных лисиц выявлены в основном в показателях белкового обмена, что подтверждается наличием тесных корреляционных связей между самками и самцами по общему белку ($r_s=1$, $P<0,05$), альбумину ($r_s=1$, $P<0,05$), АЛТ ($r_s=1$, $P<0,05$), АСТ ($r_s=0.975$, $P<0,05$) и креатинину ($r_s=0.975$, $P<0,05$).

Отсутствие достоверных различий в уровнях показателей 6- и 12-месячных животных свидетельствует, что уже к 6-месячному возрасту серебристо-черные лисицы в основном приобретают биохимический профиль крови взрослых зверей.

Заключение. Каждому периоду постнатального онтогенеза серебристо-черной лисицы соответствует определенный уровень биохимических показателей крови. Животные имеют половые различия в основном по значениям показателей белкового обмена. К 6-месячному возрасту молодняк серебристо-черной лисицы приобретает биохимический профиль крови взрослых зверей.

Библиографический список

1. Балакирев, Н.А. Особенности кормления пушных зверей в современных условиях // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2014. № 5. С. 55-60.
2. Балакирев Н.А., Перельдик Д.Н., Домский И.А. Содержание, кормление и болезни клеточных пушных зверей. Санкт-Петербург, 2013. 272 с.
3. Белковый обмен у domesticированных лисиц (*Vulpes vulpes* L.) разных генотипов в постнатальном онтогенезе/ Т.В. Тебенькова, О.Н. Сухих, А.Е. Кокорина, Ю.А. Березина, О.Ю. Беспярых // Международный вестник ветеринарии. 2018. № 4. С. 115-119.
4. Балхановская Т.В. Зависимость биохимических показателей крови серебристо-черных лисиц от сезона года в условиях севера Тюменской области // Фундаментальные исследования. 2013. № 4-5. С. 1120-1123.
5. Биохимическая картина крови взрослых песцов разного пола и цветовых окрасов/ Ю.А. Березина, М.А. Кошурникова, И.А. Домский, О.Ю. Беспярых // Пермский аграрный вестник. 2015. № 3. С. 54-58.
6. Биохимические показатели крови взрослого вуалевоего песца в зависимости от пола и сезона/ Ю.А. Березина, М.А. Кошурникова, И.А. Домский, О.Ю. Беспярых // Ветеринария. 2016. № 1. С. 41-43.
7. Биохимическая картина крови серебристого песца в зависимости от пола и возраста / Ю.А. Березина, М.А. Кошурникова, И.А. Домский, О.Ю. Беспярых // Ветеринария. 2015. Т. 4. С. 50-52.

8. Енотовидная собака: биология, экология, морфология/ Н.А. Сунцова, В.З. Газизов, Л.Е. Бояринцев, О.Ю. Беспятых. Киров, 2014. 500 с.
9. Концентрация минеральных элементов в крови взрослых песцов/ Ю.А. Березина, О.Ю. Беспятых, И.Н. Староверова, В.И. Максимов // Вестник ветеринарии. 2015. № 4 (75). С. 65-67.
10. Balakirev N.A., Zaitsev S.Y., Rizvanov A.A. Phenozan influence on the physiological-biochemical parameters of the young minks leading to their advanced properties // International Journal of Zoology. 2016. Vol. 2016. Article ID 2159509. P. 6.
11. Comparison of the antioxidant system response to melatonin implant in raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) and silver fox (*Vulpes vulpes*) / S. Sergina, I. Baishnikova, V. Ilyukha, M. Lis, S. Lapinski, P. Niedbala, B. Barabasz // Turkish Journal of veterinary and animal sciences. 2013. Vol. 37. № 6. P. 641-646.
12. Morphological abnormalities of blood and bone marrow leukocytes and age-related changes in different leukocyte counts in the american mink (*Neovison vison*)/ A. Kizhina, L. Uzenbaeva, V. Ilyukha., N. Tyutyunnik // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2017. Vol. 41. № 4. P. 570-577.
13. Paradoxical roles of antioxidant enzymes: basic mechanisms and health implications/ X. G. Lei, J. H. Zhu, W. H. Cheng et al. // Physiol. Rev. 2016. Vol. 96. P. 307-364.
14. Shevchuk T., Yi K. Морфологічні показники крові та якості хутра товарного молодняку білих лисів за різнохарактерного живлення// Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2015. Т. 17. № 3. С. 342-346.

References

1. Balakirev, N. A. Osobennosti kormleniya pushnyh zverey v sovremennyh usloviyah // Kormlenie sel'skokozyajstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo. 2014. № 5. P. 55-60.
2. Balakirev N. A., Perel'dik D. N., Domskij I. A. Soderzhanie, kormlenie i bolezni kletochnyh pushnyh zverey. Sankt-Peterburg, 2013. 272 p.
3. Belkovyj obmen u domestikirovannyh lisic (*Vulpes vulpes* L.) raznyh genotipov v postnatal'nom ontogeneze/ T. V. Teben'kova, O. N. Suhil, A. E. Kokorina, Yu. A. Berezina, O. Yu. Bespyatyh // Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii. 2018. № 4. P. 115-119.
4. Balhanovskaya T. V. Zavisimost' biohimicheskikh pokazatelej krovi serebristo-chernyh lisic ot sezona goda v usloviyah severa Tyumenskoj oblasti // Fundamental'nye issledovaniya. 2013. № 4-5. P. 1120-1123.
5. Biohimicheskaya kartina krovi vzroslyh pescov raznogo pola i cvetovyh okrasov/ Yu. A. Berezina, M. A. Koshurnikova, I. A. Domskij, O. Yu. Bespyatyh // Permskij agrarnyj vestnik. 2015. № 3. P. 54-58.
6. Biohimicheskie pokazateli krovi vzroslogo vualevogo pesca v zavisimosti ot pola i sezona/ Yu. A. Berezina, M. A. Koshurnikova, I. A. Domskij, O. Yu. Bespyatyh // Veterinariya. 2016. № 1. S. 41-43.
7. Biohimicheskaya kartina krovi serebristogo pesca v zavisimosti ot pola i vozrasta / Yu. A. Berezina, M. A. Koshurnikova, I. A. Domskij, O. Yu. Bespyatyh // Veterinariya. 2015. T. 4. P. 50-52.
8. Enotovidnaya sobaka: biologiya, jekologiya, morfologiya/ N. A. Suncova, V. Z. Gazizov, L. E. Boyarincev, O. Yu. Bespyatyh. Kirov, 2014. 500 p.
9. Koncentraciya mineral'nyh jelementov v krovi vzroslyh pescov/ Yu. A. Berezina, O. Yu. Bespyatyh, I. N. Staroverova, V. I. Maksimov // Vestnik veterinarii. 2015. № 4 (75). P. 65-67.
10. Balakirev N.A., Zaitsev S.Y., Rizvanov A.A. Phenozan influence on the physiological-biochemical parameters of the young minks leading to their advanced properties // International Journal of Zoology. 2016. Vol. 2016. Article ID 2159509. P. 6.
11. Comparison of the antioxidant system response to melatonin implant in raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*) and silver fox (*Vulpes vulpes*) / S. Sergina, I. Baishnikova, V. Ilyukha, M. Lis, S. Lapinski, P. Niedbala, B. Barabasz // Turkish Journal of veterinary and animal sciences. 2013. Vol. 37. № 6. P. 641-646.
12. Morphological abnormalities of blood and bone marrow leukocytes and age-related changes in different leukocyte counts in the american mink (*Neovison vison*)/ A. Kizhina, L. Uzenbaeva, V. Ilyukha., N. Tyutyunnik // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2017. Vol. 41. № 4. P. 570-577.

13. Paradoxical roles of antioxidant enzymes: basic mechanisms and health implications/ X. G. Lei, J. H. Zhu, W. H. Cheng et al. // *Physiol. Rev.* 2016. Vol. 96. P. 307-364.

14. Shevchuk T., Yi K. Морфологічні показники крові та якості хутра товарного молодняку білих лисів за різнохарактерного живлення// Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2015. Т. 17. № 3. С. 342-346.

Информация об авторах:

Березина Юлия Анатольевна, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова» (РФ, 610020, г. Киров (обл.), ул. Преображенская, 79). Тел. раб. +7 (8332) 64-78-57, тел. моб. +7 9226635101. Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5082-716X> E-mail: uliyal80775@bk.ru

Беспярых Олег Юрьевич, доктор биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (РФ, 610002, г. Киров (обл.), ул. Орловская, 12, ВятГУ). Тел. моб. +7 9226626820. Vyatka State University. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4539-7385> E-mail: b_oleg@mail.ru

Кокорина Анастасия Евгеньевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства им. проф. Б.М. Житкова» (РФ, 610020, г. Киров (обл.), ул. Преображенская, 79) Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5286-284X> E-mail: bio.vniioz@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 639.519:574.24

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-33

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТОВАРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ ТЕПЛОВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ АКВАКУЛЬТУРЫ

IMPROVING THE PROCESS OF COMMERCIAL CULTIVATION OF THE HEAT-WATER OBJECTS OF AQUACULTURE

Е.Г. Васильева, кандидат биологических наук

И.В. Мельник, кандидат биологических наук, доцент

В.И. Кантемиров, кандидат технических наук, доцент

В.Н. Крючков, доктор биологических наук, профессор

E.G. Vasileva, I. V. Melnik, V.I. Kantemirov, V.N. Kryuchkov

Астраханский государственный технический университет

Astrakhan State Technical University

Дата поступления в редакцию 29.04.2019

Received 29.04.2019

Дата принятия к печати 16.08.2019

Submitted 16.08.2019

В настоящее время аквакультура – активно развивающееся направление. Все большую популярность приобретают объекты, являющиеся представителями тропических и субтропических районов (тиляпия, австралийские раки и т.д.). Для стран с умеренным климатом наиболее подходящими являются дорогостоящие интенсивные технологии культивирования этих гидробионтов с управляемым режимом параметров среды, позволяющим снизить сроки выращивания товарной продукции и исключить климатические риски. В связи с этим наибольшую актуальность приобретают вопросы снижения себестоимости продукции. В статье рассматривается возможность оптимизации технологии выращивания тилляпии в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ). Предложено использование каскадной автоматизированной системы регулирования (АСР) концентрации кислорода для усовершенствования систем автоматизации УЗВ. Управление параметрами качества воды положительно влияет на производственные показатели при выращивании гидробионтов, а уровень содержания кислорода может стать критическим параметром, поскольку при отключении оксигенатора концентрация кислорода быстро пада-

ет, что может вести к гибели рыб. Начальные данные по динамике концентрации кислорода при изменении расхода воды, прошедшей через оксигенатор, получены на УЗВ МИП «Эко-тропик». Концентрацию кислорода в бассейне возможно менять через корректировку объемов вырабатываемого оксигенатором кислорода и объемов поступления насыщенной им воды в бассейн. Поэтому в качестве вспомогательного канала регулирования выделен расход воды на выходе из оксигенатора. Посредством имитационного моделирования в среде Matlab Simulink произведено сравнение переходных процессов в каскадной АСР и одноконтурной АСР и показано преимущество первой системы. Перерегулирование при ее использовании уменьшается в 2,4 раз, а квадратичный интегральный показатель качества переходного процесса – в 20 раз.

Currently, aquaculture is an actively developing area. Objects that are representatives of tropical and subtropical regions (tilapia, Australian crayfish, etc.) are becoming increasingly popular. For countries with a temperate climate, costly intensive technologies for cultivating these aquatic organisms with a controlled regime of environmental parameters are the most suitable, which allows to reduce the growing time of marketable products and eliminate climate risks. In this regard, the most relevant issues are reducing the cost of production. The article considers the possibility of optimizing the technology of growing tilapia in closed water supply (UZV). The use of a cascade automated system of regulation (ASR) of oxygen concentration for the improvement of automation systems of ultrasonic ultrasound is proposed. Managing water quality parameters has a positive effect on performance when growing aquatic organisms, and the level of oxygen can be a critical parameter, since when the oxygen generator is turned off, the oxygen concentration drops rapidly, which can lead to fish death. Initial data on the dynamics of oxygen concentration with a change in the flow rate of water passing through the oxygen generator were obtained at the Eco-Tropic ultrasonic testing device. It is possible to change the oxygen concentration in the pool by adjusting the volumes of oxygen generated by the oxygen generator and the volumes of inflow of saturated water into the pool. Therefore, the water flow rate at the outlet of the oxygenator is allocated as an auxiliary control channel. Using simulation in the Matlab Simulink environment, transients in cascaded ASR and single-circuit ASR are compared and the advantage of the first system is shown. Overshoot when using it is reduced by 2.4 times, and the quadratic integral indicator of the quality of the transition process is reduced by 20 times.

Ключевые слова: *тиляпия, аквакультура, автоматизированная система регулирования, установка замкнутого водоснабжения.*

Key words: *tilapia, aquaculture, automated regulation system, installation of closed water supply.*

Цитирование. Васильева Е.Г., Мельник И.В., Кантемиров В.И., Крючков В.Н. Совершенствование процессов товарного выращивания тепловодных объектов аквакультуры. *Известия НВ АУК.* 2019. 3(55). 258-264. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-33.

Citation. Vasileva E. G., Melnik I. V., Kantemirov V. I., Kryuchkov V. N. Improving the process of commercial cultivation of the heat-water objects of aquaculture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 258-264. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-33.

Введение. Аквакультура в последнее десятилетие – одно из самых быстро развивающихся направлений производства пищевой промышленности. Продукция тепловодной аквакультуры ежегодно увеличивается [12, 10]. Всё большую популярность приобретают на российском рынке несвойственные ранее виды, например, тиляпия, австралийские раки, гигантские пресноводные креветки и т.д., поскольку они обладают рядом ценных пищевых качеств и относятся к диетическим продуктам [6, 8, 9].

Выращивание рыбы в индустриальных рыбоводных хозяйствах имеет ряд преимуществ по сравнению с прудовым выращиванием. К примеру, возможно получение продукции при повышенных плотностях посадки, что снижает затраты площади и воды [2, 7, 11]. Вместе с этим популярные объекты аквакультуры, как правило, – это представители тропических и субтропических районов. Для стран с умеренным климатом наиболее подхо-

дьящими являются интенсивные технологии культивирования гидробионтов с управляемым режимом параметров среды, позволяющим снизить сроки выращивания товарной продукции и исключить климатические риски. Подобные технологии требуют капиталовложений, и поэтому их оптимизация остается актуальной задачей [11].

Создание автоматизированных систем управления позволяет оптимизировать процессы воспроизводства, условия выращивания и кормления гидробионтов, что в итоге положительно влияет на производственные показатели.

Материалы и методы. Нами предложено технологическое решение по регуляции содержания кислорода в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) при выращивании тилапии (рис. 1), поскольку данный показатель является критическим. При отключении оксигенатора концентрация кислорода быстро падает, что может привести к гибели гидробионтов.

Для получения исходных параметров для расчета характеристик автоматизированной системы регулирования проведены исследования изменения динамики кислорода в УЗВ на МИП «ЭКО-Тропик» (Астраханская область, Камызякский район).



Рисунок 1 – Объект культивирования (тиляпия)

Figure 1 – The object of cultivation (tilapia)

Измерения концентрации кислорода проводились оксиметром. Имитационное моделирование процессов произведено в программе Matlab Simulink. Построена замкнутая динамическая система для нахождения оптимальных настроек регуляторов. Для анализа целесообразности применения системы проведено сравнение переходных процессов каскадной и одноконтурной систем регулирования.

Результаты и обсуждение. Потребность в кислороде у тилапий зависит от температуры воды, возраста и размера рыбы, физиологической активности. Так, стойкое увеличение потребности в кислороде наблюдается у рыб после их кормления, а также при снижении давления кислорода в воде. При насыщении кислородом ниже 25 % скорость роста тилапии снижалась, а при 20 % насыщения, державшемся на протяжении двух-трех суток, наблюдалась гибель рыбы [13].

Для регулирования концентрации кислорода в бассейне замкнутой рыбоводной системы нами предложено использование каскадной автоматизированной системы регулирования (АСР), так как основной канал регулирования обладает значительной инерционностью, связанной с запаздыванием. Поскольку изменение содержания кислорода в воде бассейнов УЗВ зависит от изменения давления в оксигенаторе и от объемов поступления насыщенной им воды, мы выделили вспомогательный канал регулирования – расход воды на выходе из оксигенатора, благодаря чему предполагается получить более качественное регулирование.

На рисунке 2 приведена предложенная структурная схема регулирования концентрации кислорода в бассейне рыбоводной установки.

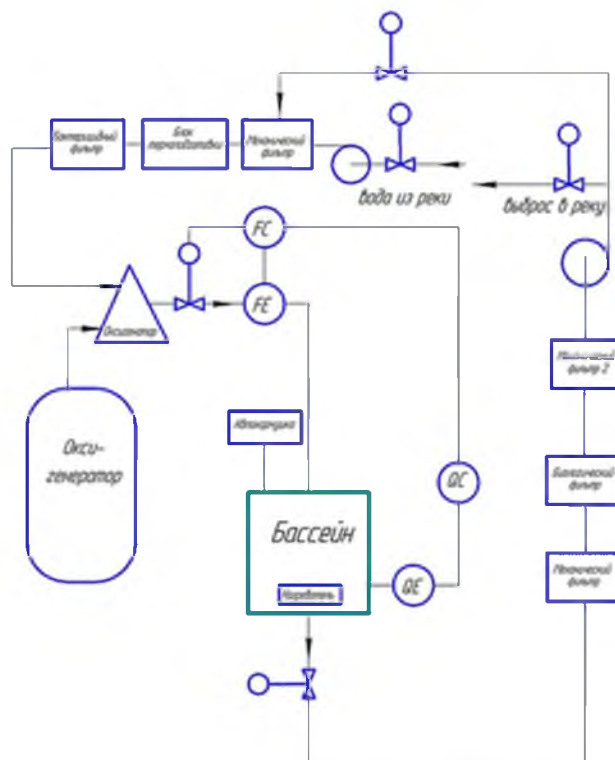


Рисунок 2 – Схема каскадной системы регулирования концентрации кислорода в бассейне

Figure 2 – Diagram of a cascade system for regulating oxygen concentration in a pool

При увеличении расхода воды, измеренного в процентах хода регулирующего органа (х.р.о.%) на 50 %, нами были получены переходные характеристики по основному каналу – динамика изменения концентрации кислорода (рисунок 3). По вспомогательному каналу на рисунке 4 показана динамика изменения расхода аэрированной воды на выходе из оксигенатора.

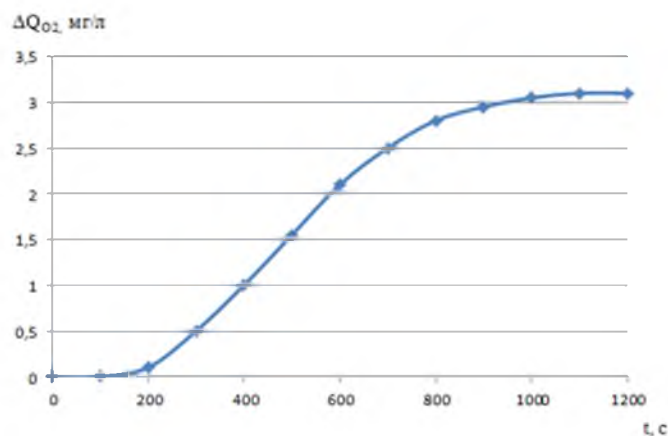


Рисунок 3 – Переходный процесс по основному каналу регулирования при изменении положения х.р.о. на 50 %

Figure 3 – The transition process along the main channel of regulation when changing the position of h.r.o. 50 %

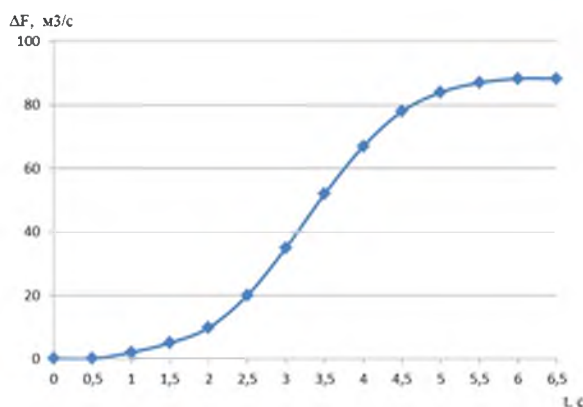


Рисунок 4 – Переходный процесс по вспомогательному каналу регулирования при изменении положения х.р.о. на 50 %

Figure 4 – The transition process on the auxiliary control channel when changing the position of the h.r.o. 50 %

По найденным переходным характеристикам были получены передаточные функции объекта методом Симою М.П. [1, 5], произведено сравнение полученных переходных процессов в программе Matlab Simulink и рассчитаны частотные характеристики. Методом расширенных частотных характеристик определены оптимальные настройки регуляторов [3, 4].

Методами имитационного моделирования было исследовано качество переходных процессов в одноконтурной и каскадной АСР. На рисунке 5 приведено сравнение переходных процессов в двух АСР.

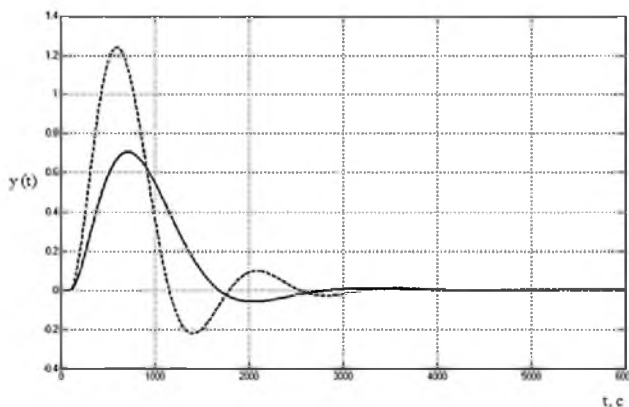


Рисунок 5 – Сравнение переходных процессов двух АСР

Figure 5 – Comparison of transients of two automatic regulation systems

Интегральные критерии качества дают общую оценку времени регулирования и степени отклонения управляемой величины от установившегося значения в переходном процессе в совокупности, без нахождения того и другого в отдельности [1].

Время регулирования переходного процесса каскадной АСР не изменилось. Перерегулирование переходного процесса каскадной АСР в 2,4 раза меньше, чем у одноконтурной АСР. Квадратичный интегральный показатель переходного процесса каскадной АСР в 20 раз меньше, чем у одноконтурной АСР.

Закключение. Сравнение переходных процессов в каскадной и одноконтурной АСР показало преимущество выбора первого вида АСР. При использовании каскадной АСР значительно повышается качество регулирования по сравнению с одноконтурной,

что позволяет использовать данную автоматизированную систему управления для регулирования концентрации кислорода в бассейне при выращивании тилапии как лимитирующего показателя водной среды.

Библиографический список

1. Автоматизация оптимальной идентификации передаточных функций динамических элементов сложных технологических объектов по кривым разгона/ А.Ю. Аликов, М.А. Ковалева, А.Л. Рутковский, Н.В. Тедеева // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017. Т. 44. № 2. С. 97-106.
2. Инновационная биотехнология получения экологически чистой продукции аквабиокультуры в модульной установке замкнутого водоснабжения / Г.Г. Матишов, Е.Н. Пономарева, А.В. Казарникова, Л.П. Ильина, В.А. Григорьев и др. // Известия высших учебных заведений Северо-Кавказского региона. Серия: Естественные науки. 2016. № 3. С. 41-48.
3. Марголис Б.И., Мешков И.С. Синтез настроек регуляторов в системах автоматического управления методом расширенных частотных характеристик// Вестник Костромского государственного университета. 2014. № 2. С. 31-33.
4. Марголис Б.И., Мешков И.С. Программа расчета настроек регуляторов методом расширенных частотных характеристик // Программные продукты и системы. 2018. № 3 (31). С. 636-639.
5. Метод повышения эффективности расчета динамических характеристик объекта управления / А.Л. Рутковский, М.А. Ковалева, А.Ю. Аликов, Н.В. Тедеева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2017. № 2. С. 16-21.
6. Опыт выращивания товарной продукции тилапии в прудах ТОО «Чиликское прудовое хозяйство» Алматинской области/ Д.К. Жаркенов, К.Б. Исбеков, С.Ж. Асылбекова, С.К. Койшыбаева, Н.С. Бадрызлова, Е.В. Федоров // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2017. № 2. С. 86-95.
7. Хрусталева Е.И., Молчанова К.А., Пекарская В.В. Оценка эффективности выращивания угря в установке замкнутого водоиспользования // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2017. №5 (19). С. 59-63.
8. Dietary supplementation of microbial phytase improves growth and protein efficiency ratio of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) / S. Biradar, H. Murthy Shivananda, P. Patil, E.G. Jayaraj, N.K. B. Tammegowda // Aquaculture International. 2017. 25(2). P. 567-575.
9. Effects of water flow rates on growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in a recirculating aquaculture system/ K.A. Obirikorang, N.W. Agbo, C. Obirikorang, S.E.Ahiave, P.V. Skov // Aquaculture International. 2019. 27(2). P. 449-462.
10. Food from the ocean; towards a research agenda for sustainable use of our oceans' natural resources / L. van Hoof, G. Fabi, V. Johansen, D. Lisbjerg, G. Kraus // Marine Policy. 2019. 105. P. 44-51.
11. Estimating production costs of preadult redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, reared in a commercial nursery system: a stochastic bioeconomic approach / L. Núñez-Amao, J. Naranjo-Páramo, A. Hernández-Llamas, M. Vargas-Mendieta, H. Villarreal // Journal of the World Aquaculture Society. 2019. 50(1). P. 172-185.
12. Ottinger M. Clauss K., Kuenzer C. Opportunities and challenges for the estimation of aquaculture production based on earth observation data// Remote Sensing . 2018. 10(7). P. 24.
13. Nile tilapia fingerling cultivated in a low-salinity biofloc system at different stocking densities/ P.C.M. Lima, J.L. Abreu, A.E.M. Silva, A.O. Galvez, L.O. Brito // Spanish Journal of Agricultural Research. 2018. 16(4). e0612. 9 p.

Reference

1. Avtomatizaciya optimal'noj identifikacii peredatochnykh funkciy dinamicheskikh elementov slozhnykh tehnologicheskikh ob'ektov po krivym razgona/ A. Yu. Alikov, M. A. Kovaleva, A. L. Rutkovskij, N. V. Tedeeva // Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. Tehnicheskie nauki. 2017. T. 44. № 2. P. 97-106.

2. Innovacionnaya biotekhnologiya polucheniya jkologicheskij chistoj produkcii akvabiokul'tury v modul'noj ustanovke zamknutogo vodosnabzheniya / G. G. Matishov, E. N. Ponomareva, A. V. Kazarnikova, L. P. Il'ina, V. A. Grigor'ev i dr. // Izvestiya vysshijh uchebnyh zavedenij Severo-Kavkazskogo regiona. Seriya: Estestvennye nauki. 2016. № 3. P. 41-48.

3. Margolis B. I., Meshkov I. S. Sintez nastroek reguljatorov v sistemah avtomaticheskogo upravleniya metodom rasshirenyh chastotnyh harakteristik// Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. № 2. P. 31-33.

4. Margolis B. I., Meshkov I. S. Programma rascheta nastroek reguljatorov metodom rasshirenyh chastotnyh harakteristik // Programmnye produkty i sistemy. 2018. № 3 (31). P. 636-639.

5. Metod povysheniya jffektivnosti rascheta dinamicheskij harakteristik ob'ekta upravleniya / A. L. Rutkovskij, M. A. Kovaleva, A. Yu. Alikov, N. V. Tedeeva // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii. 2017. № 2. P. 16-21.

6. Opyt vyraschivaniya tovarnoj produkcii tilyapii v prudah TOO "Chilikskoe prudovoe hozjajstvo" Almatinskij oblasti/ D. K. Zharkenov, K. B. Isbekov, S. Zh. Asylbekova, S. K. Kojshybaeva, N. S. Badryzlova, E. V. Fedorov // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Seriya: Rybnoe hozjajstvo. 2017. № 2. P. 86-95.

7. Hrustalev E. I., Molchanova K. A., Pekarskajte V. V. Ocenka jeffektivnosti vyraschivaniya ugrya v ustanovke zamknutogo vodoispol'zovaniya // Tehnologii pischevoj i pererabatyvayushej promyshlennosti APK - produkty zdorovogo pitaniya. 2017. №5 (19). S. 59-63.

8. Dietary supplementation of microbial phytase improves growth and protein efficiency ratio of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)/ S. Biradar, H. Murthy Shivananda, P. Patil, E.G. Jayaraj, N.K. B. Tammegowda // Aquaculture International. 2017. 25(2). P. 567-575.

9. Effects of water flow rates on growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in a recirculating aquaculture system/ K.A. Obirikorang, N.W. Agbo, C. Obirikorang, S.E.Ahiave, P.V. Skov // Aquaculture International. 2019. 27(2). P. 449-462.

10. Food from the ocean; towards a research agenda for sustainable use of our oceans' natural resources / L. van Hoof, G. Fabi, V. Johansen, D. Lisbjerg, G. Kraus // Marine Policy. 2019. 105. P. 44-51.

11. Estimating production costs of preadult redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, reared in a commercial nursery system: a stochastic bioeconomic approach / L. Núñez-Amao, J. Naranjo-Páramo, A. Hernández-Llamas, M. Vargas-Mendieta, H. Villarreal // Journal of the World Aquaculture Society. 2019. 50(1). P. 172-185.

12. Ottinger M. Clauss K., Kuenzer C. Opportunities and challenges for the estimation of aquaculture production based on earth observation data// Remote Sensing . 2018. 10(7). P. 24.

13. Nile tilapia fingerling cultivated in a low-salinity biofloc system at different stocking densities/ P.C.M. Lima, J.L. Abreu, A.E.M. Silva, A.O. Galvez, L.O. Brito // Spanish Journal of Agricultural Research. 2018. 16(4). e0612. 9 p.

Информация об авторах

Васильева Екатерина Геннадьевна, доцент кафедры «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технического университета (РФ 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16), кандидат биологических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7637-5421> katerina.84@mail.ru

Мельник Ирина Викторовна, доцент кафедры «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технического университета (РФ 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16), кандидат биологических наук, доцент ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6925-6835> irina-lmelnik@mail.ru

Кантемиров Владимир Ильич, доцент кафедры «Автоматизация и управление» Астраханского государственного технического университета (РФ 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16), кандидат технических наук, доцент ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6139-3459> kvi.200@rambler.ru

Крючков Виктор Николаевич, профессор кафедры «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технического университета (РФ 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, 16), доктор биологических наук, профессор ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8749-6069> kvn394@rambler.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 636.2.082.12: 637.12.04

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-34

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОРОВ-МАТЕРЕЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОКА
И КРОВИ ДОЧЕРЕЙ****ASSESSMENT OF INFLUENCE OF COWS-MOTHERS ON INDICATORS OF
MILK AND BLOOD PARAMETERS OF COW'S DAUGHTERS****Л.В. Ефимова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**Т.В. Зазнобина**, научный сотрудник**О.В. Иванова**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН**L.V. Efimova, T.V. Zaznobina, O.V. Ivanova***Красноярский научно-исследовательский институт животноводства –
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия**Krasnoyarsk Research Institute of Animal Husbandry is a separate subdivision of the Federal State
Budget Scientific Institution Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian
Branch of the Russian Academy of Sciences», Krasnoyarsk, Russia*Дата поступления в редакцию 19.08.2019
Received 19.08.2019Дата принятия к печати 19.09.2019
Submitted 19.09.2019

Оценка влияния продуктивных качеств коров-матерей на дочерей является одним из важных условий при ведении селекции на улучшение качественных показателей получаемого молока. Целью исследований являлось изучение влияния коров-матерей на показатели качества молока и биохимический состав крови дочерей. Для проведения исследований в АО «Арефьевское» Красноярского края было отобрано 14 пар коров «мать – дочь» красно-пестрой породы. Отбор проб молока и крови для исследований осуществляли весной (стойловый период содержания). Анализ проб проводили в Красноярском научно-исследовательском институте животноводства ФИЦ КНЦ СО РАН (КрасНИИЖ). В результате исследования проб молока коров установлено, что молоко матерей отличалось лучшими физико-химическими свойствами по сравнению с молоком, полученным от их дочерей. Также в группе матерей отмечены большие значения отдельных биохимических показателей крови. Выявлены достоверные связи между суточным удоем и содержанием СОМО в молоке матерей и дочерей ($r = -0,69 \dots -0,77$), удоем и плотностью молока дочерей ($r = -0,67$), содержанием глюкозы в крови матерей и активной кислотностью их молока ($r = 0,70$), содержанием триглицеридов в крови дочерей и температурой замерзания их молока ($r = 0,58$). Расчет коэффициентов генетической корреляции по показателям молока и крови коров не обнаружил значительного влияния матерей на дочерей. Выявлена тенденция зависимости отдельных показателей молока (содержание жира, белка, лактозы, СОМО в молоке, температура замерзания молока) и крови (количество глюкозы, фосфора, мочевины) у дочерей от матерей.

Assessing the impact of the productive qualities of mother cows on daughters is one of the important conditions when conducting breeding on improving the quality indicators of milk received. The aim of the study was to study the effect of mother cows on milk quality indicators and the biochemical composition of daughters' blood. To conduct research at Arefyevskoye JSC in the Krasnoyarsk Territory, 14 pairs of "mother-daughter" cows of red-motley breed were selected. Sampling of milk and blood for research was carried out in the spring (stall period of detention). Samples were analyzed at the Krasnoyarsk Research Institute of Animal Husbandry is a separate subdivision of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Research Center «Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences». As a result of a study of samples of cow's milk, it was found that mother's milk had better physical and chemical properties compared to milk obtained from their daughters. Also, in the group of mothers, higher values of individual biochemical blood parameters were noted. Significant relationships were found between the daily milk yield and the content of SOMO in the milk of mothers and daughters ($r = -0,69 \dots - 0,77$), the milk yield and density of milk of daughters ($r = -0,67$), the glucose con-

tent in mothers blood and active acidity their milk ($r = 0,70$), the content of triglycerides in the blood of daughters and the freezing temperature of their milk ($r = 0,58$). The calculation of the genetic correlation coefficients for milk and blood of cows did not reveal a significant effect of mothers on their daughters. The tendency of the dependence of individual indicators of milk (the content of fat, protein, lactose, SOMO in milk, the freezing temperature of milk) and blood (the amount of glucose, phosphorus, urea) in mothers and daughters was revealed.

Ключевые слова: корова-мать, корова-дочь, красно-пестрая порода, молоко коров, физико-химические свойства молока, кровь коров, биохимические свойства.

Key words: cow-mother, cow-daughter, red-motley breed, milk of cows, physicochemical properties of milk, blood of cows, biochemical properties.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки
и высшего образования России, номер государственного учёта
НИОКТР: АААА-А19-119012290066-7*

Цитирование. Ефимова, Л.В., Зазнобина Т.В., Иванова О.В. Оценка влияния коров-матерей на показатели молока и крови дочерей. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 265-274. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-34.

Citation. Efimova L.V., Zaznobina T.V., Ivanova O.V. Assessment of influence of cows-mothers on indicators of milk and blood parameters of cow's daughters. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 265-274. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-34.

Введение. В настоящее время одной из основных задач в отрасли молочного скотоводства Российской Федерации является увеличение продуктивности животных и получение молока высокого качества. В связи с этим селекционно-племенная работа в отрасли направлена на отбор животных с улучшенными качественными характеристиками молока [8].

Качество молока определяется его компонентным составом (жиры, белки, углеводы, витамины и минеральные вещества), а пригодность к дальнейшей переработке – физико-химическими и технологическими свойствами.

Как известно, кровь принимает непосредственное участие в процессе молокообразования, следовательно, является основным поставщиком составных компонентов молока. Доказано, что химический состав и физические свойства молока коров тесно связаны с показателями крови [4, 13]. Кроме того, по составу крови можно судить об интенсивности протекания процессов метаболизма в организме животных [1].

Компонентный состав молока и крови, а также их свойства зависят от действия генотипических (наследственных) и паратипических (средовых) факторов.

Поэтому для получения молока, соответствующего нормативам государственного стандарта по молоку-сырью, предназначенному для переработки, следует проводить анализ показателей не только молока, но и крови животных, при этом необходимо учитывать влияние внешних и внутренних факторов.

Одним из генетических факторов, оказывающих влияние на продуктивные показатели дочерей, является влияние коров-матерей. Исследованиями, проведенными в Российской Федерации, подтверждено влияние матерей как на показатели молочной продуктивности (удой, содержание молочного жира и белка) и живой массы дочерей [3, 6], так и на физико-химические свойства их молока [9], а также на биохимические параметры их крови [2]. В Красноярском крае таких комплексных исследований не проводилось, в связи с чем данные исследования представляют научную новизну.

Целью являлось изучение влияния коров-матерей на показатели качества молока и биохимический состав крови дочерей.

Материалы и методы. Для проведения исследований в АО «Арефьевское» Канского района Красноярского края было отобрано 14 пар коров «мать-дочь» красно-пестрой породы. Коровы-матери находились в возрасте третьей лактации, коровы-дочери – в возрасте первой и второй лактации.

В хозяйстве коров содержат привязно, доение осуществляют в молокопровод, кормление коров – по принятым в хозяйстве рационам.

Отбор проб молока производился в стойловый период содержания (март) во время контрольной дойки коров. Кровь брали до утреннего кормления животных из подхвостовой вены с помощью системы вакуумного забора венозной крови PUTH Vacumine.

Исследование отобранных проб молока и крови коров проводили в Красноярском научно-исследовательском институте животноводства ФИЦ КНЦ СО РАН (КрасНИИЖ) спустя 24 часа после отбора проб.

Определение физико-химических показателей (содержание жира, белка, сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), лактозы и т.д.) осуществляли на анализаторе молока Lactoscan™ FARM Eco, активную кислотность определяли с помощью рН-метра Testo 206 ph1, термоустойчивость – методом алкогольной пробы по ГОСТ 25228-82, класс молока по сычужно-бродильной пробе – по ГОСТ 32901-2014.

Пробы крови предварительно центрифугировали с помощью лабораторной центрифуги ULAB (UC-141D), полученную сыворотку исследовали фотометрическим методом на автоматическом биохимическом и иммуноферментном анализаторе крови «Chem Well 2910 с».

Биометрическую обработку данных проводили в компьютерной программе Microsoft Office Excel с использованием методов вариационной статистики. Коэффициент наследуемости (h^2) вычисляли по формуле С. Райта путем удвоения коэффициента корреляции (r) между показателями одного и того же признака матери и дочери. Достоверность разницы между средними значениями признаков в группах устанавливали по t -критерию Стьюдента, при этом разницу считали статистически значимой при $P > 0,95$.

Результаты и обсуждение. Пищевая ценность молока как сырья для производства сыра и других продуктов обусловлена его составом и свойствами отдельных компонентов.

Проведенный анализ данных, представленных в таблице 1, позволил установить, что молоко коров-матерей характеризовалось лучшими физико-химическими свойствами, чем молоко дочерей: в нем содержалось больше жира (на 0,04 %), белка (на 0,06 %) и лактозы (на 0,09 %), а температура его замерзания была ниже на 0,016 °С. Суточный удой был больше также в группе матерей (+0,39 кг к группе дочерей).

В целом молоко коров соответствовало нормативным значениям ГОСТ 31449-2013, следовательно, оно пригодно для дальнейшей переработки.

Наибольшей вариабельностью отличались показатели суточного удоя коров (19,91-20,80 %), массовой доли белка (20,36-24,92 %) и лактозы в молоке (19,03-22,95 %). Наименее изменчивыми в двух анализируемых группах оказались показатели плотности (0,08-0,11 %) и активной кислотности (0,67-0,83 %). Следует отметить, что коэффициент изменчивости большинства физико-химических показателей молока коров-дочерей был ниже по сравнению с матерями.

По результатам сычужно-бродильной пробы молоко коров отнесено ко II классу качества, что свидетельствует о пригодности получаемого молока для сыроделия.

Таблица 1 – Суточный удой, физико-химические и технологические свойства молока коров

Table 1 – Daily milk yield, physical-chemical and technological properties of milk of cows

Показатель / Indicator	Группа коров / Cows group					
	Матери / Mothers			Дочери / Daughters		
	M±m	σ	C _v , %	M±m	σ	C _v , %
Суточный удой, кг Daily milk yield, kg	20,56±1,186	4,28	20,80	20,17±1,114	4,02	19,91
Массовая доля, %: жира Mass fraction, %: fat	3,97±0,209	0,76	19,02	3,93±0,171	0,62	15,69
белка protein	4,07±0,281	1,01	24,92	4,01±0,226	0,82	20,36
лактозы lactose	5,63±0,359	1,29	22,95	5,54±0,292	1,05	19,03
сухого обезжиренного молочного остатка (COMO) solids-not-fat (SNF)	8,36±0,072	0,26	3,10	8,35±0,074	0,27	3,18
Температура замерзания, °C Freezing point, °C	-0,604±28,241	101,82	16,85	-0,588±21,827	78,70	13,38
Плотность, кг/м³ Density, kg/m³	1028,06±0,306	1,10	0,11	1028,09±0,233	0,84	0,08
Активная кислотность Active acidity	6,72±0,016	0,06	0,83	6,73±0,012	0,05	0,67
Класс молока для сыроделия Class of milk for cheese making	II			II		

Одним из основных технологических свойств молока, которое учитывают при его переработке, является термоустойчивость (рисунок 1).



Рисунок 1 – Доля коров, продуцирующих термоустойчивое молоко

Figure 1 – The proportion of cows producing heat-resistant milk

Выявлено, что молоко матерей было более термоустойчивым (79 % коров), чем молоко дочерей (71 %).

Данные биохимического исследования крови коров представлены в таблице 2.

В результате исследования установлено, что в крови матерей, по сравнению с дочерьми, содержалось больше общего белка (на 15,58 г/л), альбумина (на 2,54 ммоль/л), глюкозы (на 0,10 ммоль/л), холестерина (на 0,23 ммоль/л), мочевины (на 0,25 ммоль/л), магния (на 0,19 ммоль/л) и фосфора (на 0,11 ммоль/л).

Поскольку в группе коров-матерей установлен наибольший удой (таблица 1), а интенсивность обмена веществ коров напрямую связана с их молочной продуктивностью [7], полученные результаты биохимического анализа крови позволяют говорить о

том, что в организме коров-матерей метаболические процессы (белковый, углеводный, липидный) протекают интенсивнее, чем в организме дочерей. Другие ученые получили результаты, также подтверждающие достоверную связь показателей крови и интенсивности метаболизма в организме крупного рогатого скота [5].

Наибольшая изменчивость была отмечена у коров по следующим показателям: содержание мочевины (105,73-125,09 %), амилазы (85,19-180,83 %) и триглицеридов (89,66-95,18 %).

Сравнительный анализ биохимических показателей крови коров с физиологическими нормами выявил дефицитное содержание большинства компонентов; исключение составили показатели содержания белка, холестерина и мочевины. При этом показатели количества холестерина и мочевины находились в пределах нормы, а содержание общего белка было выше максимального предела на 0,96–16,54 г/л.

Таблица 2 – Биохимические показатели крови коров

Table 2 – Biochemical blood parameters of cows

Показатель Indicator	Группа коров / Cows group					
	Матери / Mothers			Дочери / Daughters		
	M±m	σ	C _v , %	M±m	σ	C _v , %
Общий белок, г/л Total protein, g/l	96,54±4,798	17,30	17,92	80,96±1,85	6,67	8,24
Амилаза, ед/л Amylase, IU/L	6,21±1,468	5,29	85,19	6,93±3,475	12,53	180,83
Альбумин, ммоль/л Albumin, mol/L	20,21±2,499	9,01	44,59	17,67±3,059	11,03	62,41
Хлориды, ммоль/л Chlorides, mol/L	85,86±1,826	6,59	7,67	91,29±2,914	10,51	11,51
Глюкоза, ммоль/л Glucose, mol/L	0,81±0,083	0,30	36,97	0,71±0,077	0,28	39,08
Холестерин, ммоль/л Cholesterol, mol/L	1,83±0,274	0,99	54,07	1,60±0,11	0,398	24,94
Мочевина, ммоль/л Urea, mol/L	3,16±0,926	3,34	105,73	2,91±1,009	3,64	125,09
Магний, ммоль/л Magnesium, mol/L	0,64±0,077	0,28	43,64	0,45±0,091	0,33	73,38
Фосфор, ммоль/л Phosphorus, mol/L	0,97±0,147	0,53	54,52	0,86±0,064	0,23	27,04
Железо, мкмоль/л Iron, μmol/l	17,36±2,263	8,16	47,00	25,44±7,939	28,62	112,53
Креатинин, мкмоль/л Creatinine, μmol/l	54,61±5,838	21,05	38,54	58,26±4,306	15,53	26,65
Триглицериды, мкмоль/л Triglycerides, μmol/l	0,08±0,022	0,08	95,18	0,06±0,014	0,05	89,66

С целью изучения связей между различными показателями коров были рассчитаны коэффициенты корреляции (таблицы 3-5).

Выявлены достоверные ($P > 0,99$) коэффициенты корреляции отрицательной направленности между суточным удоем и содержанием СОМО в группе матерей и дочерей ($r = -0,69 \dots -0,77$), удоем и плотностью молока в группе дочерей ($r = -0,67$).

По утверждению отдельных авторов, существует связь между показателями состава молока и крови. Так, высокие положительные корреляции обнаружены между молочным белком и такими показателями крови, как содержание белка, альбуминов, мочевины [12], молочным жиром и холестерином крови [11].

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции (r) между суточным удоем и физико-химическими показателями молока коров

Table 3 – Correlation coefficients (r) between daily milk yield and physical-chemical characteristics of cow milk

Показатель / Indicator	Группа коров / Cows group	
	Матери / Mothers	Дочери / Daughters
Массовая доля, %: жира / Mass fraction, %: fat	-0,26±0,279	-0,41±0,264
белка / protein	-0,24±0,280	-0,39±0,266
лактозы / lactose	-0,25±0,279	-0,40±0,264
СОМО / SNF	-0,69±0,210**	-0,77±0,183**
Температура замерзания, °C / Freezing point, °C	-0,38±0,267	-0,51±0,248
Плотность, кг/м³ / Density, kg/m³	-0,45±0,257	-0,67±0,214**
Активная кислотность / Active acidity	-0,36±0,270	0,03±0,289

*P>0,95; **P>0,99; ***P>0,999, здесь и далее / *P>0,95; **P>0,99; ***P>0,999, here and later

В наших исследованиях с помощью корреляционного анализа между показателями молока и крови коров установлены слабые связи различной направленности (таблицы 4-5).

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции между показателями молока и крови коров-матерей

Table 4 – Correlation coefficients between milk and blood indicators of mother cows

Показатель / Indicator	Массовая доля, %: Mass fraction, %:				Температура замерзания, °C Freezing point, °C	Плотность, кг/м³ Density, kg/m³	Активная кислотность Active acidity
	жира fat	белка protein	лактозы lactose	СОМО SNF			
Общий белок, г/л Total protein, g/l	0,00	0,00	0,00	0,03	-0,04	0,03	-0,01
Амилаза, ед/л Amylase, IU/L	-0,21	-0,21	-0,21	-0,10	-0,22	0,04	0,19
Альбумин, ммоль/л Albumin, mol/L	0,24	0,23	0,2	0,50	0,19	0,30	0,04
Хлориды, ммоль/л Chlorides, mol/L	0,16	0,17	0,16	-0,34	0,10	-0,39	-0,12
Глюкоза, ммоль/л Glucose, mol/L	-0,03	-0,04	-0,03	0,51	0,08	0,46	0,70**
Холестерин, ммоль/л Cholesterol, mol/L	0,08	0,09	0,09	-0,27	0,02	-0,28	-0,09
Мочевина, ммоль/л Urea, mol/L	0,04	0,05	0,04	-0,25	0,04	-0,24	0,27
Магний, ммоль/л Magnesium, mol/L	-0,40	-0,39	-0,40	-0,39	-0,48	-0,11	-0,14
Фосфор, ммоль/л Phosphorus, mol/L	0,16	0,16	0,16	-0,02	0,12	-0,11	-0,18
Железо, мкмоль/л Iron, µmol/l	-0,07	-0,06	-0,06	-0,15	-0,12	-0,09	-0,12
Креатинин, мкмоль/л Creatinine, µmol/l	0,28	0,28	0,28	-0,19	0,27	-0,33	-0,28
Триглицериды, мкмоль/л Triglycerides, µmol/l	-0,03	-0,03	-0,03	-0,07	-0,04	-0,04	-0,22

Таблица 5 – Коэффициенты корреляции между показателями молока и крови коров-дочерей

Table 5 – Correlation coefficients between milk and blood indicators of daughter cows

Показатель Indicator	Массовая доля, %: Mass fraction, %:				Температура замерзания, °C Freezing point, °C	Плот- ность, кг/м ³ Density, kg/m ³	Актив- ная кис- лот- ность Active acidity
	жира fat	белка protein	лактозы lactose	COMO SNF			
Общий белок, г/л Total protein, g/l	-0,05	-0,04	-0,04	-0,12	0,05	-0,12	-0,13
Амилаза, ед/л Amylase, IU/L	-0,01	0,00	-0,01	-0,22	-0,06	-0,26	-0,07
Альбумин, ммоль/л Albumin, mol/L	-0,18	-0,18	-0,18	0,12	-0,21	0,25	0,01
Хлориды, ммоль/л Chlorides, mol/L	0,04	0,03	0,01	0,16	0,09	0,16	0,41
Глюкоза, ммоль/л Glucose, mol/L	-0,42	-0,42	-0,40	-0,32	-0,39	-0,11	-0,23
Холестерин, ммоль/л Cholesterol, mol/L	0,01	0,01	0,02	-0,15	-0,02	-0,18	-0,10
Мочевина, ммоль/л Urea, mol/L	-0,07	-0,06	-0,08	-0,39	-0,13	-0,42	-0,16
Магний, ммоль/л Magnesium, mol/L	-0,48	-0,49	-0,48	0,04	-0,42	0,35	-0,03
Фосфор, ммоль/л Phosphorus, mol/L	0,41	0,41	0,40	0,10	0,47	-0,14	-0,20
Железо, мкмоль/л Iron, μmol/l	0,20	0,19	0,20	0,24	0,22	0,17	0,24
Креатинин, мкмоль/л Creatinine, μmol/l	-0,22	-0,22	-0,22	-0,06	-0,11	0,07	0,20
Триглицериды, мкмоль/л Triglycerides, μmol/l	0,53	0,52	0,53	0,41	0,58*	0,16	0,30

Достоверные положительные коэффициенты корреляции обнаружены в группе коров-матерей между содержанием глюкозы в крови и активной кислотностью молока ($r = 0,70$; $P > 0,99$), в группе дочерей между содержанием триглицеридов в крови и температурой замерзания молока ($r = 0,58$; $P > 0,95$).

О.Г. Лоретц и др. [4] в своих исследованиях выявили положительную слабую связь между содержанием лактозы в молоке и глюкозы в крови коров; в наших исследованиях, напротив, между данными показателями как в группе матерей, так и в группе дочерей была установлена слабая связь отрицательной направленности ($r = -0,03$ и $-0,40$).

В сельскохозяйственном производстве при проведении отбора и подбора пар крупного рогатого скота важное значение имеет информация не только о связях между признаками, но и об их наследуемости у животных (таблицы 6–7).

Проведенный расчет коэффициентов корреляции между суточным удоем, физико-химическими показателями молока матерей и дочерей позволил установить положительную связь средней силы по активной кислотности ($r = 0,56$) и слабые связи по остальным показателям ($r = 0,14 \dots 0,40$). Была обнаружена высокая наследуемость компонентного состава и температуры замерзания молока ($h^2 = 0,64 \dots 0,80$), следователь-

но, влияние генотипа матерей на величину проявления выявленных признаков у дочерей было значительным. Подобное заключение о высокой наследуемости белка сделала Л.Г. Хромова и др. [10].

Таблица 6 – Генетическая корреляция и наследуемость суточного удоя и физико-химических показателей молока коров

Table 6 – Genetic correlation and heritability of daily milk yield and physicochemical parameters of cow's milk

Показатель / Indicator	$r \pm m_r$	h^2
Суточный удой, кг / Daily milk yield, kg	$-0,13 \pm 0,286$	0,26
Массовая доля, %: жира / Mass fraction, %: fat	$0,39 \pm 0,265$	0,79
белка / protein	$0,38 \pm 0,267$	0,77
лактозы / lactose	$0,35 \pm 0,270$	0,70
COMO / SNF	$0,40 \pm 0,265$	0,80
Температура замерзания, °C / Freezing point, °C	$0,32 \pm 0,273$	0,64
Плотность, кг/м ³ / Density, kg/m ³	$0,14 \pm 0,286$	0,28
Активная кислотность / Active acidity	$0,56 \pm 0,239$	0,00

Таблица 7 – Генетическая корреляция и наследуемость биохимических показателей крови коров

Table 7 – Genetic correlation and heritability of biochemical blood parameters of cows

Показатель / Indicator	$r \pm m_r$	h^2
Общий белок, г/л / Total protein, g/l	$0,19 \pm 0,284$	0,38
Амилаза, ед/л / Amylase, IU/L	$-0,54 \pm 0,243$	0,00
Альбумин, ммоль/л / Albumin, mol/L	$-0,12 \pm 0,287$	0,24
Хлориды, ммоль/л / Chlorides, mol/L	$-0,14 \pm 0,286$	0,28
Глюкоза, ммоль/л / Glucose, mol/L	$0,46 \pm 0,256$	0,92
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mol/L	$0,55 \pm 0,242$	0,00
Мочевина, ммоль/л / Urea, mol/L	$-0,32 \pm 0,274$	0,63
Магний, ммоль/л / Magnesium, mol/L	$-0,16 \pm 0,285$	0,31
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mol/L	$0,35 \pm 0,270$	0,71
Железо, мкмоль/л / Iron, μ mol/l	$0,001 \pm 0,289$	0,00
Креатинин, мкмоль/л / Creatinine, μ mol/l	$0,19 \pm 0,283$	0,39
Триглицериды, мкмоль/л / Triglycerides, μ mol/l	$0,11 \pm 0,287$	0,22

В результате определения генетической корреляции между биохимическими показателями крови матерей и дочерей статистически значимых связей не выявлено. Однако установлены коэффициенты корреляции средней силы – положительные между содержанием холестерина ($r = 0,55$) и отрицательные между содержанием амилазы ($r = -0,54$); по остальным признакам корреляционная связь была слабой. Высокие коэффициенты наследуемости получены по таким показателям, как содержание мочевины ($h^2 = 0,63$), фосфора ($h^2 = 0,71$) и глюкозы ($h^2 = 0,92$).

Выявленные высокие коэффициенты наследуемости могут свидетельствовать о том, что изменчивость всех показателей химического состава молока и отдельных показателей состава крови дочерей обусловлена влиянием генетических факторов (в данном случае – влиянием матери), однако для установления закономерности данного явления требуются дальнейшие исследования на большем объеме выборки.

Заключение. В результате исследований установлено, что молоко коров-матерей по химическому составу и технологическим свойствам имело лучшие характеристики. В крови матерей обнаружено больше белка, глюкозы, холестерина, мочевины, магния и фосфора, что говорит о высокой интенсивности процессов метаболизма в их

организме. Выявлены достоверные связи между суточным удоем и содержанием СОМО в молоке матерей и дочерей, удоем и плотностью молока дочерей, содержанием глюкозы в крови матерей и активной кислотностью их молока, содержанием триглицеридов в крови дочерей и температурой замерзания. Проведенный расчет коэффициентов генетической корреляции по показателям молока и крови коров не обнаружил значительного влияния матерей на дочерей. Выявлена тенденция зависимости отдельных показателей молока (содержание жира, белка, лактозы, СОМО в молоке, температура замерзания молока) и крови (количество глюкозы, фосфора, мочевины) у дочерей от матерей.

Полученные результаты могут быть рекомендованы к применению в племенной работе с крупным рогатым скотом красно-пестрой породы при ведении селекции на повышение качества молока.

Библиографический список

1. Ахметзянова Г.Р., Мударисов Р.М. Биохимический и морфологический состав крови голштинских коров венгерской и немецкой селекции // Вестник БГАУ. 2014. № 4. С. 45–48.
2. Вильвер М.С. Наследственная предрасположенность факторов естественной резистентности коров-матерей и их дочерей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (56). С. 148–149.
3. Влияние эффекта матерей на показатели хозяйственно-полезных признаков их дочерей / Д.А. Абылкасымов, А.А. Вахонева, Л.В. Ионова, Н.П. Сударев // Зоотехния. 2012. № 1. С. 6-7.
4. Генетические параметры биохимического состава молока и крови коров молочного направления продуктивности/ О.Г. Лоретц, О.В. Горелик, С.А. Гриценко, А.А. Белооков // Аграрный вестник Урала. 2017. № 10 (164). С. 14-19.
5. Гусев И.В., Рыков Р.А., Боголюбова Н.В. Взаимосвязь биохимических показателей с молочной продуктивностью коров // Ветеринария и кормление. 2017. № 4. С. 14–16.
6. Журавлев Н.В., Коханов М.А., Арнопольская А.Ю. Роль материнского организма на продуктивное долголетие дочерей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2 (42). С. 165–170.
7. Милаева, И.В., Воронина О.А., Зайцев С.Ю. Особенности метаболизма лактирующих коров // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. № 2 (62). С. 275-281. DOI 10.18551/rjoas.2017-02.32.
8. Сафиуллин Н.А., Каналина Н.М., Загидуллин Л.Р. Оценка качества молока у коров/ Н.А. Сафиуллин, // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2013. Т. 3. С. 309-313.
9. Хатанов К.Ю. Влияние генетических и технологических факторов на молочную продуктивность коров-первотелок в СПК «Киладевский» // Аграрный вестник Урала. 2014. № 9. С. 41-43.
10. Хромова Л.Г., Байлова Н.В., Е.А. Пилюгина Проблема повышения белковости молочного скота // Вестник Воронежского ГАУ. 2015. № 4 (47). Ч. 2. С. 56-61.
11. Comparative milk and serum cholesterol content in dairy cow and camel/ B. Faye, M. Bengoumi, A. Al-Masaud, G. Konuspayeva // Journal of King Saud University – Science. 2015. Vol. 27. Iss. 2. P. 168-175. DOI: 10.1016/j.jksus.2014.11.003
12. Džija I., Jemeljanovs A. Correlation between productivity of cows sired by different breeding bulls and biochemical parameters of their blood // Research for Rural Development. 2013. № 1. P. 156-162.
13. Relationship between milk yield, stage of lactation, and some blood serum metabolic parameters of dairy cows/ A. Jóźwik, N. Strzałkowska, E. Bagnicka, W. Grzybek, J. Krzyżewski, E. Poławska, A. Kołataj, J.O. Horbańczuk // Czech Journal of Animal Science. 2012. № 57(8). P. 353-360. DOI: 10.17221/6270-CJAS.

Reference

1. Ahmetzyanova G. R., Mudarisov R. M. Biohimicheskij i morfologicheskij sostav krovi golshinskih korov vengerskoj i nemeckoj selekcii // Vestnik BGU. 2014. № 4. P. 45-48.
2. Vil'ver M. S. Nasledstvennaya predispozitsionnaya faktorov estestvennoj rezistentnosti korov-materej i ih docherej // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 6 (56). S. 148-149.
3. Vliyanie jeffekta materej na pokazateli hozyajstvenno-poleznyh priznakov ih docherej / D. A. Abylkasymov, A. A. Vahoneva, L. V. Ionova, N. P. Sudarev // Zootehniya. 2012. № 1. P. 6-7.
4. Geneticheskie parametry biohimicheskogo sostava moloka i krovi korov molochnogo napravleniya produktivnosti/ O. G. Loretc, O. V. Gorelik, S. A. Gricenko, A. A. Belookov // Agrarnyj vestnik Urala. 2017. № 10 (164). P. 14-19.
5. Gusev I. V., Rykov R. A., Bogolyubova N. V. Vzaimosvyaz' biohimicheskikh pokazatelej s molochnoj produktivnost'yu korov // Veterinariya i kormlenie. 2017. № 4. P. 14-16.
6. Zhuravlev N. V., Kohanov M. A., Arnopol'skaya A. Yu. Rol' materinskogo organizma na produktivnoe dolgoletie docherej // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 2 (42). P. 165-170.
7. Milaeva, I. V., Voronina O. A., Zajcev S. Yu. Osobennosti metabolizma laktiruyuschih korov // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. № 2 (62). P. 275-281. DOI 10.18551/rjoas.2017-02.32.
8. Safiullin N. A., Kanalina N. M., Zagidullin L. R. Ocenka kachestva moloka u korov/ N. A. Safiullin, // Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. Je. Bauman. 2013. T. 3. P. 309-313.
9. Hatanov K. Yu. Vliyanie geneticheskikh i tehnologicheskikh faktorov na molochnuyu produktivnost' korov-pervotelok v SPK "Kilachevskij" // Agrarnyj vestnik Urala. 2014. № 9. P. 41-43.
10. Hromova L. G., Bajlova N. V., E. A. Pilyugina Problema povysheniya belkovosti molochnogo skota // Vestnik Voronezhskogo GAU. 2015. № 4 (47). Ch. 2. P. 56-61.
11. Comparative milk and serum cholesterol content in dairy cow and camel/ B. Faye, M. Bengoumi, A. Al-Masaud, G. Konuspayeva // Journal of King Saud University – Science. 2015. Vol. 27. Iss. 2. P. 168-175. DOI: 10.1016/j.jksus.2014.11.003
12. Dūjiņa I., Jemeljanovs A. Correlation between productivity of cows sired by different breeding bulls and biochemical parameters of their blood // Research for Rural Development. 2013. № 1. P. 156-162.
13. Relationship between milk yield, stage of lactation, and some blood serum metabolic parameters of dairy cows/ A. Jóźwik, N. Strzalkowska, E. Bagnicka, W. Grzybek, J. Krzyżewski, E. Polawska, A. Kolataj, J.O. Horbańczuk // Czech Journal of Animal Science. 2012. № 57(8). P. 353-360. DOI: 10.17221/6270-CJAS.

Информация об авторах

Ефимова Любовь Валентиновна, ведущий научный сотрудник отдела разведения сельскохозяйственных животных Красноярского научно-исследовательского института животноводства – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН (РФ, 660049, г. Красноярск, пр. Мира, д. 66), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3234-9747> ljubow_wal@mail.ru

Зазнобина Татьяна Вячеславовна, научный сотрудник отдела разведения сельскохозяйственных животных Красноярского научно-исследовательского института животноводства – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН (РФ, 660049, г. Красноярск, пр. Мира, д. 66),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6951-2475> krasnptig75@yandex.ru

Иванова Ольга Валерьевна, директор Красноярского научно-исследовательского института животноводства – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН (РФ, 660049, г. Красноярск, пр. Мира, д. 66), доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8740-5267> krasnptig75@yandex.ru.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 636.082 + 636.2.034

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-35

**ОЦЕНКА ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
ПОПУЛЯЦИИ ЧЕРНО-ПЕСТРОГО СКОТА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ПО ТИПУ ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ ДОЧЕРЕЙ****EVALUATION OF A TRIBAL VALUE OF BULLS-PRODUCERS
OF THE POPULATION OF BLACK-MILLED CATTLE OF
MOSCOW REGION BY TYPE OF BODIES OF COW'S DAUGHTERS****А.Ф. Контэ, кандидат сельскохозяйственных наук****А.Н. Ермилов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор****Н.Г. Бычкунова, аспирант****А.А. Сермягин, кандидат сельскохозяйственных наук****A.F. Conte, A.N. Ermilov, N.G. Bychkunova, A.A. Sermyagin***ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста ОАО «Московское» по племенной работе,
г. Москва, Россия**Federal Scientific Center All-Russian Institute of Livestock-Breeding named after Academy Member
L.K. Ernst; Artificial insemination station «Moskovskoe», Moscow, Russia*Дата поступления в редакцию 13.08.2019
Received 13.08.2019Дата принятия к печати 15.09.2019
Submitted 15.09.2019

Для популяции черно-пестрого и голштинского скота Московской области проведены расчеты значений селекционных индексов (ЕИТ) племенной ценности по комплексу экстерьерных показателей. Рассчитана относительная племенная ценность (RBV) и определены селекционно-генетические параметры исследуемой популяции черно-пестрого и голштинского скота. Выработана структура уравнения селекционного индекса (ЕИТ) племенной ценности животных по показателям экстерьера, основанная на 17 параметрах внешних признаков. Проведен анализ корреляционных связей значений относительной племенной ценности с их оценками селекционных индексов по показателям экстерьера дочерей быков-производителей, рассчитанным методом ограниченного максимального правдоподобия (REML) с использованием программы BLUPF90. В соответствии с причинами выбытия животных были определены весовые коэффициенты: $I_1 = 0,130$; $I_2 = 0,286$; $I_3 = 0,496$; $I_4 = 0,088$. Общее число оцененных производителей составило 170 гол. Согласно распределению по категориям относительной племенной ценности (RBV) среди 16 быков-производителей, чей индекс превышает 120 единиц, 14 имеют категорию «+ +» и 16 – категорию «+». Около 88 % имеют селекционный индекс в пределах 70-120 единиц, являются нейтральными по 3-17 признакам, однако среди них 40 имеют категорию «+ +». Достаточно сильную корреляцию ($r=0,35-0,48$) имеют оценки, относящиеся к туловищу: высота, глубина туловища, положение и ширина зада, а также показатели вымени: глубина вымени, расположение передних сосков и длина сосков ($r=0,38-0,56$). Полученные результаты указывают на возможности эффективного отбора животных для проведения стратегии комплексного улучшения типа телосложения молочного скота.

For the population of black-and-white and Holstein cattle in Moscow region, calculations of the values of selection indices (EIT) of breeding value were carried out using a complex of exterior indicators. The relative breeding value (RBV) was calculated and the selection and genetic parameters of the studied population of black-and-white and Holstein cattle were determined. The structure of the selection index (EIT) of breeding value of animals according to indicators of the exterior, based on 17 indicators of external features, has been developed. The analysis of the correlation of values of relative breeding value with their estimates of breeding indices by indicators of exterior the daughters of bulls, calculated by the method of limited maximum likelihood (REML) using the BLUPF90 program. In accordance with the reasons for the disposal of animals, weight coefficients were determined: $I_1 = 0,130$; $I_2 = 0,286$; $I_3 = 0,496$; $I_4 = 0,088$. The total number of estimated producers was 170 goals. According to the distribution by categories of relative breeding value (RBV) among 16 bulls whose index exceeds 120 units, 14 have the category "+ +".

+" and 16 – the category "+". About 88% have a selection index in the range of 70-120 units, are neutral according to 3-17 characteristics, but among them 40 have the category “+ +”. Rather strong correlation ($r = 0,35-0,48$) has body estimates — height, body depth, Rump angle and rump width, and udder indicators — udder depth, front teat placement and teat length ($r = 0,38-0,56$). The results indicate a wide opportunities of animal selection for different breeding strategies in cattle herds.

Ключевые слова: черно-пестрый скот, селекционный индекс, экстерьер, относительная племенная ценность.

Key words: Black-and-White cattle, selection index, exterior, the relative breeding value.

Исследования выполнены при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (ГЗ ААА-А18-118021590134-3)

Цитирование. Контэ А.Ф., Ермилов А.Н., Бычкунова Н.Г., Сермягин А.А. Оценка племенной ценности быков-производителей популяции черно-пестрого скота Московской области по типу телосложения дочерей. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 275-283. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-35.

Citation. Conte A.F., Ermilov A.N., Bychkunova N.G., Sermyagin A.A. Evaluation of breeding values of sires in population of black-and-white cattle in Moscow region for daughters' body type. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 275-283. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-35.

Введение. В современной племенной работе с маточным скотом широкое распространение получили так называемые селекционные индексы. Селекционный индекс выражается в одном показателе суммы различных селекционных параметров [7]. Хотя в селекции молочного скота зачастую основной акцент делается на показателях продуктивности, в некоторых странах, особенно в Северной Америке, значительное внимание уделяется и другим признакам, влияющим на эффективность всего технологического процесса производства молока. Многие из этих признаков связаны с внешним видом коров [5].

За рубежом и в нашей стране широкое распространение получила линейная оценка экстерьера животных [8, 1]. Однако в мировой практике при оценке животных по экстерьеру используются и иные методические подходы, позволяющие более точно спрогнозировать соотносительную генетическую ценность животных. В их основе лежат процедуры, позволяющие нивелировать эффекты среды на изменчивость фенотипических значений и базирующиеся на построении и решении уравнений смешанного типа (BLUP-модели) [9, 4].

Модель линейного несмещенного (BLUP) прогноза племенной ценности на модели животных является методом получения генетической оценки у большинства видов домашнего скота. Animal model BLUP использует информацию от всех родственников и одновременно оценивает (и следовательно, учитывает с максимальной точностью) фиксированные эффекты. Таким образом, оценки BLUP являются наиболее точными оценками значений племенной ценности. В краткосрочной перспективе максимальная точность должна привести к максимальному результату [2].

Практический опыт стран с развитым молочным скотоводством свидетельствует о том, что наибольшей интенсивности генетического прогресса в популяции можно добиться при ведении индексной селекции, когда при отборе особей принимается во внимание племенная ценность животного не по отдельному признаку, а по их совокупности [6]. Наиболее теоретически обоснованной, следовательно, и наиболее объективной является методология построения селекционного индекса по комплексу признаков. Согласно ей, определение комплексной ценности животных базируется на принципе максимизации корреляции между истинной генетической ценностью особи и ее оценкой по комплексу

признаков. Значения индексных оценок животных позволяют проранжировать имеющееся поголовье как мужских, так и женских особей по совокупности их характеристик и сделать процесс отбора индивидов в селекционные группы наиболее объективным [3].

Целью исследований являлась разработка системы комплексной оценки телосложения коров по совокупности оценок признаков экстерьера на основе селекционного индекса.

Материалы и методы. Объектом исследований были коровы первого отела голштинизированной черно-пестрой породы, популяция которой является лидирующей по численности поголовья в хозяйствах Московской области. Были проведены исследования по оценке типа телосложения животных первой лактации численностью 36496 голов на основе базы данных РИСЦ «Мосплеминформ» Московской области. Линейная оценка экстерьера коров-первотелок проводилась согласно методике НП «Мосплем».

Для изучения изменчивости недостатков экстерьера коров использовались абсолютные показатели индивидуальных оценок животных по годам (2005-2015 гг.), которые в совокупности характеризовали уровень развития популяции скота по исследуемым показателям в конкретный момент времени (календарный год).

При вычислении значений параметров генетических вариантов и коварианс признаков экстерьера использовался метод ограниченного максимального правдоподобия (REML) [11] с использованием программ RENUMF90, BLUPF90 [10] согласно следующему уравнению модели:

$$Y_{ijk} = \mu + HYS_i + b_1 A_k + b_2 DL_k + Sire_j + e_{ijk}, \quad (1)$$

где Y_{ijk} – оцениваемый показатель линейной оценки экстерьера k -ой коровы-первотелки; μ – популяционная константа; HYS_i – фиксированный эффект i -го «стадо – год – сезон» отела ($i=1, \dots, 897$); $b_{1,2}$ – коэффициенты линейной регрессии; A_k – возраст первого отела k -ой первотелки; DL – день лактации k -ой первотелки на момент оценки; $Sire_j$ – рандомизированный эффект j -го быка-производителя ($j=1, \dots, 709$); e_{ijk} – эффект неучтенных факторов.

Оценку генетических и фенотипических корреляций осуществляли по смешанной модели, учитывающей все взаимосвязанные признаки (Multiple traits model), которые были взяты в анализ.

Получение наилучших линейных несмещенных оценок вариантов и коварианс, а также величин прогноза племенной ценности быков осуществляли с использованием итеративного метода Гаусса-Зейделя (порог точности (сходимости) уравнения модели – 9×10^{-11}) [12].

Среди этих составляющих важнейшее значение имеет точность оценки генетических особенностей животного, которое в целом определяется точностью построения уравнения оценки, которое и представляет собой селекционный индекс. Использование имеющейся информации о родственниках, взвесив ее через коэффициенты относительной важности (степени соответствия), позволяет построить уравнение вида:

$$I = b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_n X_n, \quad (2)$$

где b_i – соответствующие весовые коэффициенты информации о родственниках; X_i – известные данные о родственниках; I – селекционный индекс прогноза истинной генетической ценности оцениваемых животных.

В этом случае селекционный индекс приобретает вид:

$$I = \sum_{j=1}^t y_j b_j = y' b, \quad (3)$$

где y_j – фенотипическое значение животного по j -му признаку; b_j – индексный вес j -го признака; y' – вектор фенотипических значений животного; $b = [b_1, b_2, \dots, b_t]$ – вектор индексных весов.

Основным критерием выбора индексных весов служит максимальное увеличение силы корреляций между значениями индекса и агрегатного генотипа. Индексные веса, соответствующие этому критерию, служат решением системы уравнений:

$$b = P_0^{-1} G_{OH} v, \quad (4)$$

где P_0 – фенотипическая ковариационная матрица признаков, включенных в селекционный индекс; G_{OH} – аддитивная генетическая ковариационная матрица между признаками, включенными в селекционный индекс, и признаками, включенными в агрегатный генотип.

На основе полученных вариационных компонентов производился расчет параметров генетической изменчивости между признаками и наследуемостью, а также оценка влияния паратипических факторов. Племенная ценность самого быка есть:

$$BV = 2 \times s^{\wedge}, \quad (5)$$

где $s^{\wedge}$ – это прогноз $\frac{1}{2}$ аддитивной генетической ценности быка.

Для сравнения племенной ценности разных быков-производителей по разным признакам удобнее пользоваться относительной племенной ценностью (RBV,%), которая рассчитывается по формуле:

$$RBV = (BV + \bar{P}) \times 100 / \bar{P}, \quad (6)$$

где $\bar{P}$ – средняя продуктивность по дочерям всех быков.

Расчет проводился на рабочей станции мощностью 2 процессора Intel Xeon с тактовой частотой 3,50 GHz, объемом оперативной памяти 128 Gb.

Результаты и обсуждение. Показатели экстерьера: ширина зада, расположение передних сосков, крепость телосложения, молочный тип, длина передних долей вымени – тесно связаны с глубиной туловища. При этом отрицательно связан молочный тип с крепостью телосложения. Это может характеризоваться различной степенью развития статей экстерьера коров, а также неодинаковой долей восприимчивости к факторам внешней среды. Глубина вымени отрицательно связана с глубиной туловища, но имеет положительную связь с прикреплением передних долей и высотой задних долей вымени. Наибольшим количеством положительных связей с показателями конечностей и вымени обладает показатель «расположение задних сосков». В целом показатели вымени тесно взаимосвязаны, что может быть обусловлено продолжительной селекцией, направленной на получение животных, наиболее приспособленных к условиям промышленной технологии. Следует отметить, что генетические корреляции были выше фенотипических. Наибольшей положительной взаимосвязью обладают слабая поясница и мягкая спина, крыловидная лопатка и горбатая спина; слабая поясница, крышеобразный зад и высокий хвост, косое дно вымени и неправильная форма сосков. Следует отметить, что генетические корреляции преимущественно выше фенотипических.

Каждый из показателей линейной оценки экстерьера имеет свои особенности наследования (таблица 1).

Коэффициенты наследуемости в целом по годам колеблются от 0,04 до 0,28. Наивысший коэффициент наследуемости имеют такие показатели, как длина сосков, глубина вымени, длина передних долей, глубина туловища. Увеличение коэффициента наследуемости по некоторым из этих признаков может свидетельствовать об уменьшении действия паратипических факторов.

Также следует обращать внимание на наследуемость недостатков экстерьера. Несмотря на то, что встречаемость пороков экстерьера достаточно низка – они имеют высокую степень наследуемости. Наиболее часто у них отмечены следующие пороки:

размет передних ног, высокий хвост, мягкие бабки. Поэтому при работе с быками-производителями следует обращать внимание на телосложение их дочерей с тем, чтобы в последующем не усилить частоту их проявления.

Таблица 1 – Коэффициенты наследуемости показателей экстерьера (h^2)

Table 1 – the Heritability coefficients of the indicators of the exterior (h^2)

Показатели (indicators)	2009, 2012, 2015	2012-2016
система А (System A)		
Глубина туловища (Body Depth)	0,15	0,16
Положение зада (Rump Angle)	0,23	0,20
Ширина зада (Rump Width)	0,15	0,14
Угол задних ног сбоку (Rear Legs Side)	0,10	0,09
Высота пятки (Foot Angle)	0,06	0,04
Постановка задних ног сзади (Rear Legs Rear View)	0,05	0,05
Прикрепление передних долей (Fore Udder Attachment)	0,10	0,10
Высота задних долей (Rear Udder Height)	0,09	0,10
Центральная связка (Central Ligament)	0,10	0,10
Глубина вымени (Udder Depth)	0,17	0,14
Расположение передних сосков (Front Teat Placement)	0,15	0,17
Длина сосков (Teat Length)	0,25	0,22
Крепость (Chest Width)	0,12	0,07
Молочный тип (Dairy type)	0,14	0,18
Длина передних долей (Fore Udder Length)	0,07	0,07
Скакательный сустав сзади (Rear Hock View)	0,07	0,06
Расположение задних сосков (Rear Teat Placement)	0,23	0,24

В основу оценки животных по комплексу признаков экстерьера их потомков была положена теория построения селекционного индекса. Для каждого показателя 100-балльной системы оценки экстерьера (вымя, конечности, корпус и молочный тип) были построены частные субиндексы, включающие группы оценок показателей линейной системы с учетом их коэффициентов наследуемости генетических и фенотипических коварианс. Полученные уравнения субиндексов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Уравнения селекционных субиндексов племенных качеств быков-производителей по экстерьеру дочерей

Table 2 – Equations of breeding subindexes of breeding qualities of bulls on the exterior of daughters

Показатель 100-балльной системы оценки экстерьера животных / Indicator of 100-point system of assessment of the exterior of animals	Уравнение субиндекса (The equation subindex)
Вымя / Udder	$I_1 = 0,0086138x_8 + 0,0378118x_9 - 0,0014224x_{10} + 0,0429499x_{11} + 0,0472363x_{12} - 0,0135996x_{13} + 0,0026835x_{16} + 0,045502x_{18}$
Конечности / Limbs	$I_2 = 0,0096242x_5 - 0,0022118x_6 + 0,0066467x_7 - 0,0022449x_{17}$
Корпус / Body	$I_3 = 0,0338979x_1 + 0,0347964x_2 + 0,0224490x_3 + 0,0097070x_4 - 0,0264661x_{14}$
Молочный тип / Dairy type	$I_4 = 0,054838x_{15}$

Примечание: x_1 – высота; x_2 – глубина туловища, x_3 – положение зада; x_4 – ширина зада; x_5 – угол задних ног сбоку; x_6 – высота пятки; x_7 – постановка задних ног сзади; x_8 – прикрепление передних долей вымени; x_9 – высота задних долей вымени; x_{10} – центральная связка; x_{11} – глубина вымени; x_{12} – расположение передних сосков; x_{13} – длина передних сосков; x_{14} – крепость; x_{15} – молочный тип; x_{16} – длина передних долей вымени; x_{17} – скакательный сустав сзади.

Анализ структурных элементов полученных уравнений субиндексов показывает неравнозначную их ценность при расчете агрегативных показателей, о чем свидетельствуют весовые коэффициенты аргументов субиндексов.

Разная информативность отдельных показателей в агрегативной оценке субиндексов обусловлена разными уровнями изменчивости отдельных показателей экстерьера животных в популяции черно-пестрого скота в Московской области, а также разной степенью их взаимосвязи (как фенотипической, так и генетической).

Для определения весовых коэффициентов отдельных субиндексов в общем уравнении совокупного индекса экстерьера животных были проанализированы данные о выбытии коров в Подмоскowie. В соответствии с причинами выбытия животных были определены весовые коэффициенты (весовой коэффициент был взят прямо пропорциональным относительной численности выбывших животных по той или иной причине). В результате были получены следующие значения: $I_1 = 0,130$; $I_2 = 0,286$; $I_3 = 0,496$; $I_4 = 0,088$.

Эти значения обусловили структуру общего селекционного индекса: $I_{\text{ТОТ.ЭКС.}} = 0,130 I_1 + 0,286 I_2 + 0,496 I_3 + 0,088 I_4 = 0,0338979x_1 + 0,0347964x_2 + 0,0224490x_3 + 0,0097070x_4 + 0,0096242x_5 - 0,0022118x_6 + 0,0066467x_7 + 0,0086138x_8 + 0,0378118x_9 - 0,0014224x_{10} + 0,0429499x_{11} + 0,0472363x_{12} - 0,0135996x_{13} - 0,0264661x_{14} + 0,054838x_{15} + 0,0026835x_{16} + 0,0022449x_{17} + 0,045502x_{18}$.

Рассмотрим параметры оценок типа телосложения в отдельности и с использованием разработанного селекционного индекса, объединяющего в себе 17 оценочных показателей экстерьера (таблица 3). В качестве примера приведены оценки племенной ценности и показатели селекционного индекса (ЕИТ) для быков-производителей, превышающих порог свыше 120 единиц, а также контраст отрицательных значений по животным с индексом ниже 70 единиц. Общее число оцененных производителей составило 170 гол.

Таблица 3 – Категории оценок племенной ценности и показатели селекционного индекса быков-производителей в исследуемой популяции

Table 3 – Categories of assessments of breeding value and indicators of the breeding index of bulls in the studied population

ЕИТ	n	Категории (по RBV) (Categories (by RBV))				
		«+ +»	«+»	«0»	«-»	«- -»
>120	16	14 (1...4)*	16 (4...10)	16 (3...11)	12 (1...5)	5 (1)
70-120	151	40 (1...3)	129 (1...8)	151 (3...17)	133 (1...8)	43 (1...5)
<70	3	1 (1)	3 (1...5)	3 (5...8)	3 (2...10)	2 (2...4)

Примечание: * - в скобках указаны min и max количества признаков

Полученные данные по лучшим быкам-производителям среди своих сверстников в популяции черно-пестрого и голштинского скота позволили провести сравнительную оценку со всей выборкой: разница между максимальным и минимальным значением индекса, выраженного в долях сигмы, составило 133 пункта. При этом согласно распределению по категориям относительной племенной ценности (RBV) среди 16 быков-производителей, чей индекс превышает 120 единиц, 14 имеют категорию «+ +» и 16 – категорию «+»; эти же 16 быков являются нейтральными по 3...11 показателям и 12 относятся к категории «-» по 1...5 признакам. Основная доля быков-производителей (около 88%) имеют селекционный индекс в пределах 70-120 единиц, являются нейтральными по 3...17 признакам, однако среди них 40 из категории «+ +» по 1...3 признакам. Если обратить

внимание на характер связи между системами оценок, то достаточно сильную положительную связь ($r=0,344-0,485$) имеют оценки, относящиеся к туловищу: высота, глубина туловища, положение и ширина зада, а также показатели вымени: глубина вымени, расположение передних сосков и длина сосков ($r=0,379-0,557$).

В таблице 4 представлены среднее количество быков, относящихся к различным категориям и среднее значение индекса (N – число быков; n – среднее число дочерей на быка).

Таблица 4 – Соотношение оценок племенной ценности быков

Table 4 – the Ratio of estimates of the breeding value of bulls

Комплексный признак (Complex feature)	Категория (Category)	N	n	EIT
Корпус (Body)	++	4	84	112,0
	+	33	102	110,1
	0	96	86	100,1
	-	33	91	89,6
	--	4	60	82,6
Конечности (Limbs)	++	5	77	104,5
	+	28	77	101,8
	0	102	92	100,0
	-	30	88	98,3
	--	5	129	92,6
Вымя (Udder)	++	5	117	114,0
	+	31	82	107,2
	0	98	89	99,9
	-	31	92	93,0
	--	5	76	87,5
Молочный тип (Dairy type)	++	3	89	138,3
	+	36	94	116,1
	0	94	91	99,3
	-	34	82	84,8
	--	3	50	62,0

Быки, относящиеся к категории «++», имели значения селекционного индекса в пределах 104,5-138,3. Производителей с категорией «+» было больше и пределы значения EIT были 101,8-116,1 соответственно.

Заключение. Таким образом, при селекции по показателям экстерьера можно достичь более значительного положительного эффекта по общему комплексу признаков, нежели чем при прямой селекции по каким-то определенным показателям. Представляется целесообразным использовать в качестве одного из основных критериев селекции значения селекционного индекса. Полученные результаты также указывают на широкие возможности отбора животных для проведения той или иной стратегии селекционно-племенной работы в стадах. Данные исследования позволяют заключить:

- необходимо проводить регулярный мониторинг селекционно-генетических параметров популяции голштинизированного чёрно-пёстрого скота Подмосковья;
- полученные на основе селекционных индексов оценки животных по экстерьеру следовало бы использовать в системе репродукции генетических ресурсов популяции чёрно-пёстрого голштинизированного скота в Московской области.

Библиографический список

1. Изменчивость селекционно-генетических параметров линейной оценки типа телосложения дочерей быков популяции голштинизированного черно-пестрого скота / А.Ф. Контэ, С.Н. Харитонов, А.А. Сермягин и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 8. С. 3-9.

2. Использование метода BLUP Animal Model в определении племенной ценности голштинизированного скота Ленинградской области / К.В. Племяшов, В.В. Лабинов, Н.Р. Рахматулина и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2016. №1. С. 2-5.
3. Комплексная оценка молочного скота на основе селекционного индекса / И.Н. Янчуков, А.А. Сермягин, Е.Е. Мельникова и др. // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017. №20-1. С. 13-21.
4. Критерии отбора особей при формировании селекционной группы матерей-коров по признакам молочной продуктивности / Е.Е. Мельникова, А.А. Сермягин, С.Н. Харитонов и др. // Достижения науки и техники АПК. 2018. №32 (5). С. 59-62.
5. Лукьянов, К.И., Федяев, П.М. Современные тенденции в индексной оценке племенной ценности молочного скота // Генетика и разведение животных. 2016. № 4. С.11-19.
6. Селекционный индекс племенной ценности коров популяции черно-пестрого скота Московской области / Е.Е. Мельникова, И.Н. Янчуков, А.Н. Ермилов и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. №1. С. 85-97.
7. Тележенко Е.В. Мировые тенденции в селекции голштинского скота // Генетика и разведение животных. 2014. № 2. С. 38-41.
8. Тишкина Т.Н. Линейная оценка экстерьера животных красно-пестрой породы // Вестник Ульяновской ГСХА. 2015. № 4 (32). С.156-159.
9. Харитонов С.Н., Янчуков И.Н., Ермилов А.Н. Совершенствование системы оценки молочного скота по комплексу экстерьерных показателей // Известия ТСХА. 2011. № 4. С. 103-113.
10. Acceleration of computations in AI REML for single-step GBLUP models / Y. Masuda, I. Aguilar, S. Tsuruta, I. Misztal // Conference Paper: 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 2014.
11. Estimation of variance components of milk, fat, and protein yields of Tunisian Holstein dairy cattle using Bayesian and REML methods / H. Ben Zaabza, A. Ben Gara, H. Hammami et al. // Arch. Anim. Breed. Vol. 59. P. 243-248.
12. Misztal I. Computational techniques in animal breeding. University of Georgia // Athens: 2014, USA. 200 p.

Reference

1. Izmenchivost' selekcionno-geneticheskikh parametrov linejnoy ocenki tipa teloslozheniya docherej bykov populyacii golshtinizirovannogo cherno-pestrogo skota / A. F. Kontje, S. N. Haritonov, A. A. Sermyagin i dr. // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2017. № 8. P. 3-9.
2. Ispol'zovanie metoda VLUP Animal Model v opredelenii plemennoj cennosti golshtinizirovannogo skota Leningradskoj oblasti / K. V. Plemyashov, V. V Labinov, N. R. Rahmatulina i dr. // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2016. №1. P. 2-5.
3. Kompleksnaya ocenka molochnogo skota na osnove selekcionnogo indeksa / I. N. Yanchukov, A. A. Sermyagin, E. E. Mel'nikova i dr. // Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva. 2017. №20-1. P. 13-21.
4. Kriterii otbora osobej pri formirovanii selekcionnoj gruppy materej-korov po priznakam molochnoj produktivnosti / E. E. Mel'nikova, A. A. Sermyagin, S. N. Haritonov i dr. // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2018. №32 (5). P. 59-62.
5. Luk'yanov, K. I., Fedyaev, P. M. Sovremennye tendencii v indeksnoj ocenke plemennoj cennosti molochnogo skota // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2016. № 4. P. 11-19.
6. Selekcionnyj indeks plemennoj cennosti korov populyacii cherno-pestrogo skota Moskovskoj oblasti / E. E. Mel'nikova, I. N. Yanchukov, A. N. Ermilov i dr. // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skhozaystvennoj akademii. 2017. №1. P. 85-97.
7. Telezhenko E. V. Mirovye tendencii v selekcii golshtinskogo skota // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2014. № 2. S. 38-41.
8. Tishkina T. N. Linejnaya ocenka jekster'era zhivotnyh krasno-pestroj porody // Vestnik Ul'yanskoj GSXA. 2015. № 4 (32). P.156-159.
9. Haritonov S. N., Yanchukov I. N., Ermilov A. N. Sovershenstvovanie sistemy ocenki molochnogo skota po kompleksu jekster'ernyh pokazatelej // Izvestiya TSXA. 2011. № 4. S. 103-113.

10. Acceleration of computations in AI REML for single-step GBLUP models / Y. Masuda, I. Aguilar, S. Tsuruta, I. Misztal // Conference Paper: 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. 2014.

11. Estimation of variance components of milk, fat, and protein yields of Tunisian Holstein dairy cattle using Bayesian and REML methods / H. Ben Zaabza, A. Ben Gara, H. Hammami et al. // Arch. Anim. Breed. Vol. 59. P. 243-248.

12. Misztal I. Computational techniques in animal breeding. University of Georgia // Athens: 2014, USA. 200 p.

Информация об авторах

Конте Александр Федорович, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста ОАО «Московское» по племенной работе», г. Москва; E-mail: alexandreconte@yandex.ru; Тел: +7(964) 784-28-90.

Ермилов Александр Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заместитель генерального директора ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста ОАО «Московское» по племенной работе»; E-mail: mos-bulls@mail.ru; +7(909) 695-14-90.

Бычкунова Надежда Геннадиевна, младший научный сотрудник отдела генетики, разведения сельскохозяйственных животных и технологий животноводства ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста ОАО «Московское» по племенной работе»; E-mail: bychkunova2016@yandex.ru; +79164344966.

Сермягин Александр Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории популяционной генетики и разведения животных ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста ОАО «Московское» по племенной работе»; E-mail: popgen@vij.ru; +7(903) 206-51-93.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 636.2.034+616-084

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-36

МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ КРОВИ КОРОВ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЛЕН-СОДЕРЖАЩЕГО И ТКАНЕВОГО ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ АМУРСКОЙ ОБЛАСТИ

MORPHOLOGICAL COMPOSITION OF COW'S BLOOD ON THE BACKGROUND OF SELF-CONTAINING AND TISSUE DRUGS UNDER CONDITIONS OF AMUR REGION

Н.Н. Малкова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

М.Е. Остякова, доктор биологических наук, доцент, директор

С.А. Щербинина, младший научный сотрудник

Н.С. Голайдо, научный сотрудник

N.N. Malkova, M.E. Ostyakova, S.A. Shcherbinina, N.S. Golaydo

ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский
ветеринарный институт», г. Благовещенск, Россия

Federal State Budget Institution «Far Eastern Zonal Scientific Research
Veterinary Institute», Blagoveshchensk, Russia

Дата поступления в редакцию 23.04.2019

Дата принятия к печати 16.09.2019

Received 23.04.2019

Submitted 16.09.2019

Амурская область, как и практически весь Дальневосточный федеральный округ, является неблагоприятной по содержанию в окружающей среде такого жизненно важного химического элемента, как селен. Недостаток селена приводит к дисбалансу процессов метаболизма, снижению общей резистентности организма и является предрасполагающим фактором для развития заболеваний различной этиологии как у коров-матерей, так и у их потомства. При выборе препаратов, содержащих селен, для его восполнения в организме животных, необходимо учитывать специфику региона с целью выбора обоснованной дозы используемого препарата во избежание превышения содержания селена в организме животного и развития на этом фоне аллергических реакций. Иссле-

дования проводились на коровах голштинской породы в условиях Амурской области, у которых производили забор крови в начале и конце исследования, после чего проводили анализ полученных результатов в динамике. В ходе проведенных исследований в опытной группе установлена положительная динамика комплексного применения селен-содержащего и тканевого препаратов коровам голштинской породы, которая выражалась в достоверном увеличении уровня гемоглобина (на 41 %) и цветового показателя (на 40 %), а также нормализации соотношения лимфоцитов к сегментоядерным нейтрофилам, указывающих на уравнивание процессов торможения и возбуждения в коре головного мозга, а также в наименьшем росте лейкоцитарных индексов: ядерного индекса Г.Д. Даштаянца (в 5,0 раза), индекса Кребса (в 8,5 раза), лейкоцитарного индекса интоксикации (в 8,3 раза) и меньшем снижении лейкоцитарного индекса (в 5,0 раза) и индекса соотношения лимфоцитов и моноцитов (в 2,8 раза) относительно контрольной группы.

The Amur Region, like almost the entire Far Eastern Federal District, is unsuccessful in terms of the content of such a vital chemical element as selenium in the environment. Lack of selenium leads to an imbalance in metabolic processes, a decrease in the overall resistance of the body and is a predisposing factor for the development of diseases of various etiologies, both in mother cows and their offspring. When choosing preparations containing selenium to supplement it in animals, it is necessary to take into account the specifics of the region in order to choose a reasonable dose of the drug used in order to avoid exceeding the selenium content in the animal organism and the development of allergic reactions against this background. The studies were conducted on Holstein cows in the Amur Region, where blood was taken at the beginning and end of the study, after which the results were analyzed in dynamics. During the studies in the experimental group, the positive dynamics of the complex use of selenium-containing and tissue preparations for Holstein cows was established, which was expressed in a significant increase in hemoglobin level (by 41%) and color index (by 40%), as well as normalization of the ratio of lymphocytes to segmented neutrophils, indicating a balancing of the processes of inhibition and excitation in the cerebral cortex, as well as in the smallest growth of leukocyte indices: the nuclear index Dashtayants (5,0 times), Krebs index (8,5 times), leukocyte intoxication index (8,3 times) and a lower decrease in leukocyte index (5,0 times) and the ratio of lymphocytes and monocytes (2,8 times) relative to the control group.

Ключевые слова: коровы, кровь коров, селен.

Key words: cows, cow's blood, selenium.

*Работа выполнена по теме Государственного задания № 0819-2017-0003 «Усовершенствовать методологию профилактики послеродовых осложнений коров в молочном скотоводстве»
Министерство науки и высшего образования*

Цитирование. Малкова Н.Н., Остякова М.Е., Щербинина С.А., Голайдо Н.С. (2019). Морфологический состав крови коров на фоне применения селен-содержащего и тканевого препаратов в условиях Амурской области. *Известия НВ АУК*. 3 (53). 283-290. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-36.

Citation. Malkova N.N., Ostyakova M.E., Shcherbinina S.A., Golaydo N.S. The morphological composition of the blood of cows against the background of the use of selenium-containing and tissue preparations under the conditions of the Amur region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 283-290. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-36.

Введение. В последний триместр стельности происходит интенсивный рост плода, развитие плаценты и молочной железы, в результате чего материнский организм затрачивает большое количество питательных веществ и энергии, в связи с этим корова испытывает большие нагрузки, при этом она наиболее чувствительна к воздействию внешних неблагоприятных факторов, что в свою очередь ведет к дисбалансу в организме, а именно к нарушению обмена веществ, снижению иммунитета и др. [1, 8, 5, 10]. К неблагоприятным факторам с уверенностью можно отнести гипозлементозы [11, 12], которые наиболее актуальны для биогеохимических провинций. Амурская область является неблагополучной по содержанию в почве, воде, воздухе и заготавливаемых растительных кормах на данной территории важных для нормального функционирования живого организма химических элементов, в том числе селена. Одной из проблем в области недостатка эссенциальных эле-

ментов является тот факт, что гипозлементозы зачастую протекают в латентной форме, вплоть до развития необратимых патологических изменений в организме. Необходимо учитывать тот факт, что на все изменения в организме животных под влиянием внешних и внутренних факторов, протекающих даже в скрытой форме, чутко реагирует морфологический состав крови.

Недостаток селена приводит к развитию эндемического заболевания, в основе которого лежит нарушение метаболизма, ведущее к снижению продуктивности сельскохозяйственных животных, нарушению развития плода, росту процента заболеваемости в послеродовом периоде, что не может отразиться негативно на общей резистентности коров-матерей и их потомства с последующим развитием у последнего заболеваний различного генеза [6]. В условиях современного ведения такой отрасли, как скотоводство, существует необходимость в применении щадящих противовоспалительных, иммуностимулирующих препаратов, положительно влияющих на репаративные процессы в поврежденных тканях.

В настоящее время существует целый ряд инъекционных препаратов, в состав которых входит селен в разных комбинациях с другими жизненно важными веществами, но, к большому сожалению, они не всегда эффективны и могут вызывать аллергические реакции. Это связано с тем, что процент содержания селена в одном миллилитре каждого препарата разный и требует применения используемых препаратов с учетом специфики региона. Поэтому изучение морфологического состава крови у коров на фоне применения селен-содержащего и тканевого препаратов в условиях Амурской области послужило целью нашего исследования.

Материалы и методы. Исследования проводили в условиях Амурской области на стельных коровах голштинской породы, содержащихся в одинаковых условиях, у которых период стельности протекал без видимых патологий. Формировали равные группы животных по пять голов в каждой: контрольная и опытная. У исследуемых животных производили забор крови для гематологического исследования в утренние часы в начале и конце опытного периода (1 день исследований, 14 день после отела), после чего определяли количество эритроцитов, лейкоцитов, уровень гемоглобина, рассчитывали цветовой показатель, выводили лейкограмму по общепринятым методикам, на основании которой производили вычисление лейкоцитарных индексов: гемоцитологический показатель (ГЦП) по П.А. Волоскову и А.А. Сунайкину (лимфоциты/сегментоядерные нейтрофилы), индекс Кребса (ИК) – нейтрофилы/лимфоциты; лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИ) – нейтрофилы/сумма лимфоцитов, моноцитов и эозинофилов; ядерный индекс Г.Д. Дашта-янца (ЯИ) – моноциты/палочкоядерные нейтрофилы; лейкоцитарный индекс (ЛИ) – лимфоциты/нейтрофилы; индекс соотношения лимфоцитов и моноцитов (ИСЛМ) [9]. В качестве антикоагулянта использовали раствор гепарина (5000 Ед.). Через 14 дней после отела у исследуемых коров дополнительно учитывали течение отела, количество полученных телят, процент заболеваемости в послеродовый период.

В первые часы после отела всем исследуемым коровам применяли препарат, способствующий сокращению матки (эстрофан), а также комплекс витаминов (А, Д, Е) согласно инструкциям по применению. В опытной группе животным дополнительно вводили в первый день исследований селен-содержащий препарат для инъекций (в 1 мл раствора содержится 0,15 мг действующего вещества), а также тканевой препарат для инъекций после отела [2, 3].

Весь цифровой материал, полученный в ходе исследований, был статистически обработан при помощи компьютерной программы Microsoft Excel (StatSoft, США, 2010). При этом проводили сравнительный анализ полученных гематологических показателей относительно общепринятых норм, описанных Воробьевым А.И., Кондрахиным И.П. [7].

Результаты и обсуждение. На момент начала проведения исследований у коров контрольной и опытной групп не регистрировали какие-либо клинические проявления патологического состояния, также на удовлетворительное состояние указывал ядерный индекс Г.Д. Даштаянца, соответствующий следующим значениям: в контроле – 0,12; в опыте – 0,21.

Несмотря на то что по внешним показателям животные контрольной группы находились в удовлетворительном состоянии, были установлены отклонения от физиологической нормы морфологического состава крови, а именно низкие показатели гемоглобина и палочкоядерных нейтрофилов, которые были ниже нормы на 8 % и 30 % соответственно. Также регистрировали повышенные значения количества лейкоцитов (на 2 %), процента эозинофилов (на 67 %) и сегментоядерных нейтрофилов (на 14 %) относительно общепринятых значений (таблица 1). Этот факт может свидетельствовать о наличии гипоксии гемического типа и о некоторой степени интоксикации организма у стельных коров, которые могут развиваться на фоне повышенной нагрузки на организм в период стельности и возможных функциональных нарушений желудочно-кишечного тракта, которые клинически никак не проявлялись.

Таблица 1 – Морфологический состав крови коров контрольной группы в начале и конце исследования, $M \pm m$

Table 1 – Morphological composition of the blood of cows of the control group at the beginning and end of the study, $M \pm m$

Показатели/ Indicators	Начало исследования Start of research	Конец исследования End of research	%
Эритроциты, $10^{12}/л$ / Erythrocyte, $10^{12}/l$	5,2±0,41	6,6±0,36*	123
Гемоглобин, г/л/ Hemoglobin, g/l	91,5±4,07	92,6±5,12	101
Цветовой показатель Color indicator	1,0±0,08	0,7±0,02*	70
Лейкоциты, $10^9/л$ Leukocyte, $10^9/l$	12,3±1,69	10,5±2,80	85
Базофилы, % Basophil, %	0	0	-
Эозинофилы, % Eosinophil, %	13,4±5,17	4,2±2,03	31
Нейтрофилы: Neutrophil, %:			
-миелоциты, % myelocyte;	0	0	-
-юные, % young;	0	0	-
-палочкоядерные, % stab;	1,4±0,24	5,0±2,05	357
-сегментоядерные, % segmented	40,0±7,15	46,4±5,27	116
Лимфоциты, % Lymphocyte, %	41,6±3,96	31,0±1,22*	74
Моноциты, % Monocyte, %	3,6±0,60	10,7±5,23	339

Примечание: 1. *- $p < 0,05$ по сравнению с соответствующими показателями в первый день исследования. 2. % - процентное соотношение по отношению конца исследования к началу исследования.

В конце исследований у контрольных коров были зарегистрированы изменения со стороны картины крови, а именно восстановление до нормативных значений таких показателей, как количество лейкоцитов, процент эозинофилов и палочкоядерных нейтрофилов, при этом процент сегментоядерных нейтрофилов вырос на 16 %, что на 33 % выше верхнего предела нормы, процент моноцитов увеличился в 3,4 раза, что на 53 % выше верхнего предела, а также снизился процент лимфоцитов на 26 %, что на 22% ниже нормы (таблица 1). Также регистрировали достоверное снижение цветового показателя до нижней границы нормы на 30 % на фоне достоверного увеличения количества эритроцитов на 23 %. Этот факт может свидетельствовать о том, что на 14 день после отела у контрольных коров была тенденция к развитию процессов анемии и снижению уровня иммунитета.

Таким образом, у коров контрольной группы в начале исследований на фоне удовлетворительного состояния регистрировали отклонения гематологических показателей, свидетельствующие о некоторой степени анемии и интоксикации. На 14 день после отела

регистрировали ухудшение показателей крови: рост сегментоядерных нейтрофилов и моноцитов на 33 % и 53 % соответственно, а также снижение процента лимфоцитов на 22 % на фоне низкого уровня гемоглобина и снижения цветового показателя на 30 %, что свидетельствовало о нарастании процессов интоксикации и снижении иммунитета.

При гематологическом исследовании крови у условно здоровых коров опытной группы в первый день исследований регистрировали низкие уровни гемоглобина (на 32%), цветового показателя – на 29 % и процента эозинофилов – на 7 %, а также повышенные значения количества лейкоцитов – на 17 % относительно нормативных пределов (таблица 2). Отклонения вышеперечисленных показателей говорят о том, что у исследуемых животных имеет место быть гипоксия гемического типа, незначительный лейкоцитоз, а также эозинопения, предположительно обусловленные высокой нагрузкой в период третьего триместра стельности на фоне возможного низкого усвоения питательных веществ корма в желудочно-кишечном тракте.

На 14 день после отела у коров опытной группы регистрировали восстановление до физиологических величин цветового показателя, количества лейкоцитов, процента эозинофилов, при этом уровень гемоглобина приблизился к нижней границе нормы, увеличившись на 41 %. Этот факт свидетельствует об увеличении степени насыщения эритроцитов гемоглобином.

Таблица 2 – Морфологический состав крови коров опытной группы
в начале и конце исследования, $M \pm m$

Table 2 – Morphological blood composition of the cows of the experimental group at the
beginning and end of the study, $M \pm m$

Показатели Indicators	Начало исследования Start of research	Конец исследования End of research	%
Эритроциты, $10^{12}/л$ Erythrocyte, $10^{12}/l$	$6,9 \pm 0,48$	$7,3 \pm 0,91$	106
Гемоглобин, г/л Hemoglobin, g/l	$67,6 \pm 1,94$	$95,4 \pm 6,95^{**}$	141
Цветовой показатель/ Color indicator	$0,5 \pm 0,03$	$0,7 \pm 0,08^*$	140
Лейкоциты, $10^9/л$ Leukocyte, $10^9/l$	$14,1 \pm 2,40$	$9,7 \pm 0,98$	69
Базофилы /Basophil, %	0	0	-
Эозинофилы /Eosinophil, %	$2,8 \pm 1,16$	$3,4 \pm 1,12$	121
Нейтрофилы / Neutrophil, %:			
-миелоциты / myelocyte;	0	0	-
-юные / young;	0	0	-
-палочкоядерные / stab;	$2,0 \pm 0,84$	$3,8 \pm 1,16$	190
-сегментоядерные / segmented	$27,8 \pm 2,24$	$27,2 \pm 6,70$	98
Лимфоциты / Lymphocyte, %	$63,4 \pm 2,91$	$60,4 \pm 7,30$	95
Моноциты / Monocyte, %	$4,0 \pm 2,07$	$5,2 \pm 0,49$	130

Примечание: 1. *- $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$ по сравнению с соответствующими показателями в первый день исследования. 2. % - процентное соотношение по отношению конца исследования к началу исследования.

Таким образом, в начале исследований у стельных коров опытной группы отмечали гипоксию гемического типа, интоксикацию без клинического проявления, а к концу опытного периода регистрировали положительную динамику состава крови, указывающую на снижение уровня гипоксии, что подтверждалось ростом уровня гемоглобина на 41 % и восстановлением до нормативного предела цветового показателя.

В результате вычисления лейкоцитарных индексов у коров опытной и контрольной групп до и после опыта наблюдали изменения, которые в контроле были значительно выражены. Так, регистрировали рост ЯИ в контрольной группе в 2,8 раза, а в опытной – на 57

%, рост ИК в контроле на 68 %, в опыте – на 8%, ЛИИ в контрольной группе на 58%, а в опыте – на 8 %. Также отмечали снижение ГЦП у контрольных животных на 30 %, а у опытных коров на 4 %, ЛИ – на 60 % в контроле и на 8 % в опыте, снижение ИСЛМ в контрольной группе составило 75 %, а в опытной – 27 % (рисунок 1). При этом следует отметить, что ГЦП в контроле был низким в начале опыта (1,0), после чего этот показатель еще понизился, тогда как в опыте он был несколько повышенным, после чего регистрировали его понижение. Данный факт может говорить о том, что у коров контрольной группы преобладали процессы торможения в коре головного мозга, что характерно для заболеваний послеродового периода, что согласуется с данными Гаврилова Б.В. (2005) [4]. В опытной группе ГЦП приблизился к верхней границе нормы, что может свидетельствовать об оптимизации процессов торможения и возбуждения в центральной системе.

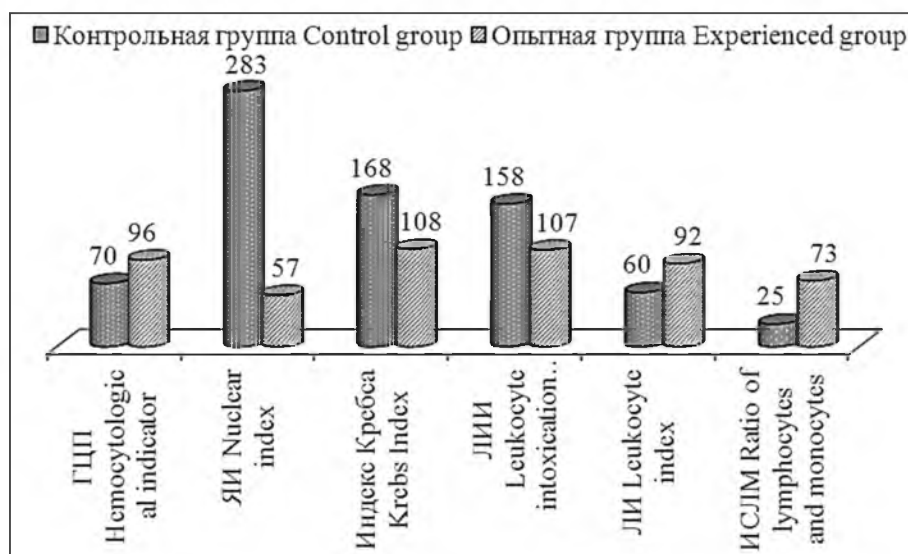


Рисунок 1 – Динамика изменений величин лейкоцитарных индексов коров в начале и конце исследования в контрольной и опытной группах, %

Figure 1 – Dynamics of changes in the values of leukocyte indices of cows at the beginning and end of the study in the control and experimental groups, %

Таким образом, на основании полученных лейкоцитарных индексов до и после опыта у исследуемых коров и анализа их динамики следует отметить, что у всех исследуемых коров в конце опыта отмечались процессы интоксикации, при этом в опытной группе этот процесс был в наименьшей степени выражен. Наряду с этим необходимо подчеркнуть тот момент, что в контроле у животных преобладали процессы торможения в центральной нервной системе, а в опытной группе, напротив, регистрировали оптимизацию процессов торможения и возбуждения в коре головного мозга, в результате чего можно предположить, что у коров в контроле процесс восстановления после отела имел затяжной характер с возможным развитием латентно протекающего хронического воспаления в половой системе, а для опытной группы процессы восстановления организма отелившихся коров имели положительную тенденцию.

В результате анализа проведенной оценки послеродового периода было установлено, что от всех исследуемых животных было получено 100 % жизнеспособных телят (таблица 3). В контрольной группе у двух коров регистрировали задержание последа, с последующим оперативным его отделением. На 14 день после отела в контрольной и опытной группах отсутствовали клинически выраженные признаки заболеваний послеродового периода.

Таблица 3 – Характеристика групп по течению послеродового периода

Table 3 – Characterization of the groups during the postpartum period

Наименование / Name	Контрольная группа / Control group		Опытная группа / Experienced group	
	голов / goals	%	голов / goals	%
Получено телят / Calves received	5	100	5	100
Задержание последа / Cows afterbirth	2	40	0	0
Другие заболевания / Other diseases	0	0	0	0
Итого / Total:	2	40	0	0

Таким образом, в результате оценки послеродового периода было установлено, что от коров опытной и контрольной групп было получено 100 % телят, при этом были зарегистрированы послеродовые осложнения только в контрольной группе в 40 % случаев.

Вывод. На основании полученных результатов в ходе проведенных исследований следует заключить, что применение селен-содержащего препарата для инъекций коровам в период стельности и тканевого препарата после отела имело положительную динамику, которая проявлялась достоверным восстановлением до нормативного значения цветового показателя, в результате его увеличения на 40 %, ростом уровня гемоглобина на 41 %, что свидетельствовало о повышении насыщенности эритроцитов гемоглобином, а также снижении процента заболеваемости коров в послеродовой период и уравнивании процессов торможения и возбуждения в коре головного мозга, на что указывал гемоцитологический показатель, который после отела приблизился к нормативному значению. Положительным моментом являлось то, что процессы интоксикации у коров опытной группы проявлялись в незначительной степени относительно контрольной группы, на что указывал меньший рост ядерного индекса Г.Д. Даштаянца (в 5,0 раза), индекса Кребса (в 8,5 раза), лейкоцитарного индекса интоксикации (в 8,3 раза) и наименьшее снижение лейкоцитарного индекса (в 5,0 раза) и индекса соотношения лимфоцитов и моноцитов (в 2,8 раза).

Библиографический список

1. Баймишев М.Х., Сафиуллин Х.А., Пристяжнюк О.Н. Эффективность использования препарата Цимактин для профилактики послеродовых осложнений у коров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 3. С.46-50.
2. Инструкция по применению витаминно-минерального препарата Фермивит-Се для профилактики и лечения гиповитаминозов, и заболеваний животных, вызванных недостатком железа и селена [Электронный ресурс]. URL: <http://askont-plus.ru/fermivit-se> (дата обращения: 04.03.2019).
3. Инструкция по применению Плаценты денатурированной эмульгированной для инъекций (ПДЭ) [Электронный ресурс]. URL: <http://farmaks.com/ru/products/pde/placenta-denaturirovannaya-emulgirovannaya-pde> (дата обращения: 04.03.2019).
4. Коба И.С. М., Решетка Б., Дубовикова М.С. Распространение острых и хронических эндометритов у коров в сельскохозяйственных организациях Краснодарского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 2(136). С. 103-106.
5. Профилактика родильного пареза у коров/ Н.Н. Малкова, М.Е. Остякова, Н.М. Мандро, Н.С. Голайдо, В.К. Ирхина, С.А. Щербинина // АгроЭкоИнфо. 2018. № 4. С. 45-47.
6. Мансурова М.С. Морфо-биохимические показатели крови завезенного австралийского мясного скота породы герефорд в весенний период года // Ветеринария сегодня. 2017. №4 (23). С. 14-16.
7. Остякова М.Е., Царенко Ю.Е. Биорезонансная терапия эндометритов у крупного рогатого скота // Вестник ветеринарии. 2012. № 63 (4). С. 86-89.
8. Позднякова В.Ф. Интерьерные особенности крупного рогатого скота при свободно-выгульном способе содержания в зимний период // Вестник АПК Верхневолжья. 2014. № 2 (26). С. 36.
9. Ткаченко Е.А., Дерхно М.А. Лейкоцитарные индексы при экспериментальной кадмиевой интоксикации мышей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 81-83.

10. Humann-Ziehank, E. Selenium, copper and iron in veterinary medicine - From clinical implications to scientific models // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2016. Vol. 37. P. 96-103.
11. Mehdi Y., Dufrasne I. Selenium in Cattle: A Review// Molecules. 2016. № 21 (4). P. 545.
12. Serum selenium and liposoluble vitamins in Japanese Black cows that had stillborn calves / U. Mizuho, G. Kitahara, H. Sameshima, T. Osawa // The Journal of Veterinary Medical Science. 2016. № 78(9). P. 1501-1504.

Reference

1. Bajmishev M.X., Safiullin H. A., Pristvazhnyuk O. N. Jefferktivnost' ispol'zovaniya preparata Cimaktin dlya profilaktiki poslerodovyh oslozhnenij u korov // Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 3. P. 46-50.
2. Instrukciya po primeneniyu vitaminno-mineral'nogo preparata Fermivit-Se dlya profilaktiki i lecheniya gipovitaminozov, i zabolevanij zhivotnyh, vyzvannyh nedostatkom zheleza i svena [Elektronnyj resurs]. URL: <http://askont-plus.ru/fermivit-se> (data obrascheniya: 04.03.2019).
3. Instrukciya po primeneniyu Placenty denaturirovannoj jemul'girovannoj dlya in'ekcij (PDJe) [Elektronnyj resurs]. URL: <http://farmaks.com/ru/products/pde/placenta-denaturirovannaya-emulgirovannaya-pde> (data obrascheniya: 04.03.2019).
4. Koba I. S. M., Reshetka B., Dubovikova M. S. Rasprostranenie ostryh i hronicheskikh jendometritov u korov v sel'skohozyajstvennyh organizacijah Krasnodarskogo kraja // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 2(136). P. 103-106.
5. Profilaktika rodil'nogo pareza u korov/ N. N. Malkova, M. E. Ostyakova, N. M. Mandro, N. S. Golajdo, V. K. Irhina, S. A. Scherbinina // AgroJekoInfo. 2018. № 4. P. 45-47.
6. Mansurova M. S. Morfo-biohimicheskie pokazateli krovi zavezennogo avstralijskogo myasnogo skota porody gereford v vesennij period goda // Veterinariya segodnya. 2017. №4 (23). S. 14-16.
7. Ostyakova M. E., Carenko Yu. E. Biorezonansnaya terapiya jendometritov u krupnogo rogatogo skota // Vestnik veterinarii. 2012. № 63 (4). P. 86-89.
8. Pozdnyakova V. F. Inter'ernye osobennosti krupnogo rogatogo skota pri svobodno-vygul'nom sposobe soderzhaniya v zimnij period // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. 2014. № 2 (26). P. 36.
9. Tkachenko E. A., Derhno M. A. Lejkocitarnye indeksy pri jeksperimental'noj kadmiovoj intoksikacii myshej // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 3. P. 81-83.
10. Humann-Ziehank, E. Selenium, copper and iron in veterinary medicine - From clinical implications to scientific models // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2016. Vol. 37. P. 96-103.
11. Mehdi Y., Dufrasne I. Selenium in Cattle: A Review// Molecules. 2016. № 21 (4). P. 545.
12. Serum selenium and liposoluble vitamins in Japanese Black cows that had stillborn calves / U. Mizuho, G. Kitahara, H. Sameshima, T. Osawa // The Journal of Veterinary Medical Science. 2016. № 78(9). P. 1501-1504.

Информация об авторах

Малкова Надежда Николаевна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт» (РФ, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, 112), кандидат биологических наук, ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-2061-745x>, mnn.1@mail.ru

Остякова Марина Евгеньевна, директор ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт» (РФ, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, 112), доктор биологических наук, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-0991>, most-68@bk.ru

Щербинина Светлана Алексеевна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт» (РФ, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, 112), ORCID ID <https://orcid.org/0000-0003-2262-540x>, s-shherbinina@mail.ru

Голайдо Наталья Сергеевна, научный сотрудник ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт» (РФ, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Северная, 112), ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-1439-5125>, ngolaydo86@mail.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

**УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЯЙЦЕНОСКОСТИ И КАЧЕСТВА ЯЙЦА
ПРИ ВВЕДЕНИИ В РАЦИОН КУР-НЕСУШЕК
НЕТРАДИЦИОННЫХ КОРМОВЫХ ИСТОЧНИКОВ**

**IMPROVEMENT OF INDICATORS OF EGG PRODUCTION
AND QUALITY OF EGGS UNDER THE INTRODUCTION
OF NON-TRADITIONAL FEED SOURCES
INTO THE DIET FOR LAYING HENS**

Л.В. Андреев¹, аспирант

С.И. Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.К. Карапетян¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

М.В. Струк², кандидат сельскохозяйственных наук

L.V. Andreenko, S.I. Nikolaev, A.K. Karapetyan, M.V. Struk

¹ ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет

² ЗАО птицефабрика «Волжская», Волгоградская область, Среднеахтубинский район, х. Заяр

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

² Closed Joint-Stock Company «Volzhskaya Poultry Farm»,
Volgograd region, Sredneahutubinsky area, h. Sar

Дата поступления в редакцию 08.05.2019

Дата принятия к печати 28.08.2019

Received 08.05.2019

Submitted 28.08.2019

Приведенные в статье данные свидетельствуют о положительном влиянии кремний-содержащей полидобавки «НаБиКат» в рационе кур-несушек. Исследования проводились на базе ОАО «Птицефабрика «Волжская» Среднеахтубинского района Волгоградской области в период с 2015 по 2019 гг. Для оценки влияния предложенной кормовой добавки было сформировано четыре группы: одна из них – контрольная, птица которой получала основной рацион, и три опытных, птица которых дополнительно к основному рациону получала «НаБиКат» в концентрации 0,12 %; 0,15 %; 0,17 % соответственно. В результате относительно контрольных групп валовой сбор яиц в опытных группах увеличился от 0,4 % до 1,40 %; интенсивность яйцекладки – от 0,35 % до 1,23 %, при этом яичная масса – от 10,78 до 32,09 кг и средняя масса яйца от 0,43 г (0,68 %) до 1,16 г (1,84 %), а толщина скорлупы – от 0,41 мкм до 1,56 мкм. Морфологические показатели яйца кур находились в пределах физиологических норм для кросса. Сумма аминокислот белка и желтка яиц в опытных группах кур была выше контрольной от 1,97 % до 3,73 % и 3,32 %, до 7,17 % соответственно. Витаминная ценность яйца также возросла в группах птиц, в рационах которых содержался «НаБиКат». Таким образом, в ходе научно-хозяйственного эксперимента на курах-несушках получены положительные данные о влиянии в составе рациона кремнийсодержащей полидобавки «НаБиКат» на яйценоскость, морфологические показатели яйца, а также на их аминокислотный и витаминный составы. Таким образом, оптимальной нормой ввода полидобавки «НаБиКат» в рационы кур-несушек является 0,15 мг на 100 г комбикорма, что позволит увеличить как количественные, так и качественные зоотехнические показатели.

The data presented in the article testify to the positive effect of the silicon-containing «NaBiKat» supplement in the diet of laying hens. The studies were carried out on the basis of Closed Joint-Stock Company «Volzhskaya Poultry Farm» of the Sredneahutubinsk district of the Volgograd region in the period from 2015 to 2019. To assess the impact of the proposed feed supplement, four groups were formed: one of them was a control one, the bird of which received the main diet, and three experimental groups, the bird of which in addition to the main diet received «NaBiKat» at a concentration of 0,12%; 0,15%; 0,17%, respectively. As a result, relative to control groups, gross egg collection in the experimental groups increased from 0,4% to 1,40%; egg

laying intensity - from 0,35% to 1.23%, while the egg mass is from 10,78 to 32,09 kg and the average egg weight is from 0,43 g (0,68%) to 1,16 g (1, 84%), and the shell thickness is from 0,41 microns to 1,56 microns. Morphological indicators of hen eggs were within the physiological norms for cross. The sum of amino acids of the protein and yolk of the eggs in the experimental groups of hens was higher than the control from 1,97% to 3,73% and 3,32%, to 7,17%, respectively. The vitamin value of the egg also increased in the groups of birds in the diets of which «NaBiKat» was contained. Thus, in the course of a scientific and economic experiment on laying hens, positive data were obtained on the effect of the silicon-containing «NaBiKat» supplement on the egg production, morphological parameters of the egg, as well as their amino acid and vitamin composition in the diet. Thus, 0,15 mg per 100 g of compound feed is the optimal norm for introducing «NaBiKat» food supplements into the rations of laying hens, which will increase both quantitative and qualitative zootechnical indicators.

Ключевые слова: птицеводство, куры-несушки, рационы кур-несушек, полидобавки, хелатный кремний, яичная продуктивность, качество яйца, нетрадиционные корма.

Key words: poultry farming, laying hens, laying hens rations, dietary supplements, silicon chelate, egg productivity, egg quality, unconventional feed.

Цитирование. Андрееenko, Л.В., Николаев С.И., Карапетян А.К., Струк М.В. Улучшение показателей яйценоскости и качества яйца при введении в рацион кур-несушек нетрадиционных кормовых источников. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 291-298. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-37.

Citation. Andreenko L.V., Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Struk M.V. The improvement of indicators of egg production and quality of eggs under the introduction of non-traditional feed sources into the diet for laying hens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 291-298. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-37.

Введение. Продуктивное птицеводство – это активно развивающаяся, перспективная отрасль аграрного комплекса страны, продуктом которого, главным образом, является яйцо. Куриное яйцо – важный компонент рациона питания любого человека. В России за 2018 год произведено 23,8 млрд штук яиц, что на 1,8 % больше, чем за предыдущий год, при этом около половины приходится на предприятия Приволжского и Центрального федеральных округов. Увеличение производства и потребления пищевых яиц населением связано с их исключительными питательными качествами и эталонным для человека аминокислотным составом [7, 8]. Протеины яйца считаются высококачественными и признаны стандартом, с которым сравнивают все другие пищевые белки. Также доброкачественное куриное яйцо считается единственным продуктом, усваивающимся в организме практически на 98 %, не оставляя шлаков в кишечнике [6]. Необходимо отметить, что потребление одного яйца покрывает суточную потребность взрослого человека в протеине на 10 %, рибофлавине – 15 %, В₁₂ – 8 %, А – 6 %, фолиевой кислоте – 4 %, Е – 3 %, тиамине – 2 %, цинке и железе – 4 %, селене – 10 % и других микроэлементах и витаминах [3].

Качество снесенного яйца зависит от яичного кросса, возраста кур, условий содержания и, главным образом, от рациона кормления кур. На сегодняшний день имеются убедительные данные по доработке рационов несушек путем обогащения их комбикормов необходимыми биологически активными, питательными и минеральными веществами, в частности кремнийсодержащими [1, 5, 10].

Испытуемый препарат «НаБиКат» является полидобавкой, содержащей помимо углеводов и протеинов, кальция и микроэлементов, витаминов Е, С и группы В, хелатную форму кремния. Это особая форма атомного соединения, позволяющая легко сме-

шиваться с типичными компонентами комбикорма, не вступая с ними в химические взаимодействия, и при этом сохранять инертность в кислой среде желудочно-кишечном тракта до поступления корма с его включением в желудок [2, 4, 9].

Цель нашего исследования – повышение яичной продуктивности и качества яйца кур-несушек за счет введения в комбикорм кремнийсодержащей полидобавки «НаБиКат».

Материалы и методы. Для осуществления поставленной цели на базе ОАО «Птицефабрика «Волжская» был организован научно-хозяйственный опыт на курах-несушках кросса «Хайсекс Коричневый», в ходе которого птицу методом аналогов сформировали в четыре группы. Контрольная группа получала основной рацион, утверждённый на предприятии, 1, 2 и 3 опытным группам к основному рациону дополнительно включали полидобавку «НаБиКат» в дозе 0,12 %; 0,15 % и 0,17 % соответственно (таблица 1). Все остальные важные зоотехнические параметры соответствовали требованиям к кроссу «Хайсекс Коричневый».

Таблица 1 – Схема проведения научно-хозяйственного опыта на курах-несушках

Table 1 – Scheme of scientific and economic experience on laying hens:

Группа Group	Кол-во голов в группе number of goals in a group	Прод. опыта, недель duration of experi- ence, weeks	Особенности кормления features of the diet
Контрольная Control	49	52	Основной рацион (ОР) basic diet (BD)
1 опытная 1 experimental			ОР (с 0,12 % «НаБиКат») BD (with 0,12 % «NaBiKat»)
2 опытная 2 experimental			ОР (с 0,15 % «НаБиКат») BD (with 0,15 % «NaBiKat»)
3 опытная 3 experimental			ОР (с 0,17% «НаБиКат») BD (with 0,17 % «NaBiKat»)

Результаты исследования свидетельствуют об интенсификации, процессов яйценоскости при введении в рационы кур-несушек многокомпонентной добавки «НаБиКат» (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты исследования яйценоскости кур-несушек

Table 2 – the results of the study of egg production of laying hens

Показатель Parameter	Группа / Group			
	Контрольная Control	1 опытная 1 experimental	2 опытная 2 experimental	3 опытная 3 experimental
Среднее количество кур-несушек, гол. average number of laying hens, goals	49	49	49	49
Получено яиц всего, шт. Eggs received total, pieces	15744	15807	15964	15959
Интенсивность яйцекладки, % The intensity of oviposition, %	88,03	88,38	89,26	89,23
Средняя масса яиц, г Average egg weight, g	63,17	63,60	64,33	63,98
Выход яичной массы, кг The output of egg mass, kg	994,55	1005,33	1026,64	1021,38

Так, валовой сбор яиц в 1, 2 и 3 опытных группах составил 15 807 шт., 15 964 шт. и 15 959 шт. соответственно, что на 63 шт. (0,4 %); 220 шт. (1,40 %) и 215 шт. (1,36 %) выше, чем в контрольной группе (рисунок 1).



Рисунок 1 – Валовой сбор яйца, шт.

Figure 1 – Gross egg harvest.

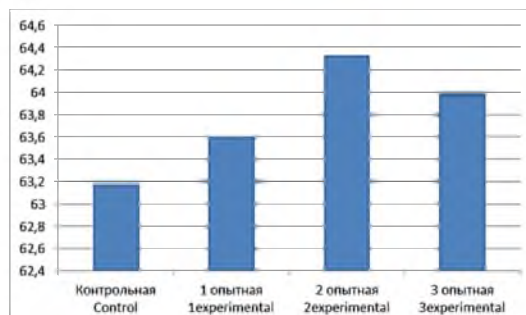


Рисунок 2 – Средняя масса яйца кур-несушек подопытных групп, г

Figure 2 – The average egg mass of laying hens of the experimental groups, gm

Показатель интенсивности яйцекладки у кур в 1-, 2- и 3-опытных группах возрос соответственно на 0,35 %; 1,23 % и 1,20 % относительно контроля. Яичная масса также была выше в опытных группах на 10,78 кг (1,08 %), 32,09 кг (3,23 %) и 26,83 кг (2,70 %) соответственно аналогичным контрольным показателям. Средняя масса яиц кур в контрольной группе 63,17 г, а в 1, 2 и 3 опытных выше на 0,43 г (0,68 %), 1,16 г (1,84 %) и на 0,81 г (1,28 %) соответственно контрольной группе кур (рисунок 2).

Для определения качества снесённых яиц провели оценку их морфологических показателей (таблица 3).

Таблица 3 – Некоторые морфологические показатели качества яйца

Table 3 – Some morphological indicators of egg quality

Показатель Parameter	Группа / Group			
	Контрольная Control	1 опытная 1 experimental	2 опытная 2 experimental	3 опытная 3 experimental
Доля, %: / share, %:				
Белка / Protein	58,09±2,41	58,12±2,70	58,16±3,12	58,15±2,75
Желтка / Yolk	26,79±1,8	26,80±1,75	26,81±2,10	26,80±1,92
Скорлупы / Eggshell	15,12±1,71	15,08±1,85	15,03±1,25	15,05±1,60
Индекс белка, % Protein index, %	6,48±0,30	6,54±0,41	6,96±0,36	6,80±0,37
Индекс желтка, % Yolk index, %	42,01±1,28	42,47±1,21	43,16±1,15	42,55±1,20
Единицы Хау / How unit	74,45±2,63	75,33±2,31	75,58±2,58	75,41±2,40

Долевое соотношение составных частей яиц во всех подопытных группах находилось в пределах физиологической нормы. Однако следует отметить, что, несмотря на незначительное увеличение процента белка, улучшаются основные показатели, характеризующие его качество. Так, индекс белка и единицы Хау в 1-, 2-, 3-опытных группах превышали контроль на 0,06 % и 0,88; 0,48 % и 1,13; 0,32 % и 0,96 соответственно, однако разница не достоверна.

Полученные данные по толщине скорлупы без подскорлупных оболочек говорят об оптимальных условиях содержания кур-несушек в течение научно хозяйственного опыта. Так, наибольшую толщину скорлупы имели яйца, полученные во 2-опытной

группе, где она составила 348,30 мкм. Этот показатель был выше показателя контрольной группы на 1,56 мкм, а в 1 и 3 опытных группах, толщина скорлупы яйца 347,15 мкм и 347,86 мкм, что превышает контроль на 0,41 мкм и 1,12 мкм соответственно.

Введение кремнийсодержащей кормовой добавки «НаБиКат» положительно повлияло и на аминокислотный состав белка и желтка яйца (таблица 4).

Таблица 4 – Аминокислотный состав белка яйца, %

Table 4 – Amino acid composition of egg protein, %

Аминокислота Amino acid	Группа / Group			
	Контрольная Control	1 опытная 1 experimental	2 опытная 2 experimental	3 опытная 3 experimental
Аргинин / Arginine	4,06±0,06	4,34±0,12	4,43±0,05**	4,39±0,08*
Лизин / Lysine	7,89±0,05	7,89±0,02	8,12±0,05*	7,92±0,04
Тирозин / Tyrosine	1,53±0,06	1,63±0,03	1,89±0,01**	1,76±0,03*
Фенилаланин / Phenylalanine	4,51±0,06	4,55±0,06	4,84±0,01*	4,65±0,05
Гистидин / Histidine	1,18±0,05	1,31±0,04	1,51±0,01**	1,44±0,06*
Лейцин + изолейцин Leucine + isoleucine	6,89±0,04	7,21±0,05*	7,30±0,04**	7,28±0,05**
Метионин / Methionine	5,22±0,04	5,39±0,06	5,49±0,04**	5,41±0,04**
Валин / Valine	2,83±0,03	2,97±0,03*	3,17±0,03**	3,13±0,06*
Пролин / Proline	2,22±0,03	2,29±0,05	2,31±0,03	2,30±0,03
Треонин / Threonine	5,13±0,04	5,21±0,03	5,33±0,02*	5,27±0,03
Серин / Serine	9,22±0,06	9,40±0,04	9,44±0,02**	9,42±0,01*
Аланин / Alanine	6,18±0,05	6,31±0,03	6,33±0,01	6,32±0,07
Глицин / Glycine	2,38±0,02	2,57±0,05*	2,59±0,02**	2,58±0,02**
Глутаминовая кислота Glutamic acid	7,90±0,04	7,91±0,03	7,93±0,03	7,92±0,04
Аспарагиновая кислота Aspartic acid	5,83±0,03	5,96±0,02*	6,02±0,01**	5,99±0,04**
Итого / Total	72,97±0,20	74,94±0,19**	76,70±0,15***	75,78±0,17***

*P>0,95; **P>0,99; ***P>0,999. Разница по показателям достоверна.

Важно: тенденция повышения содержания аминокислот наблюдалась в опытных группах и в белке, и в желтке.

Наибольшая разница по содержанию аминокислот белка яиц по отношению к контролю в 1, 2 и 3 опытных группах отмечена по аргинину выше на 0,28 %, 0,37 %, и 0,33 %, тирозину – на 0,10 %, 0,36 %, и 0,23 %; фенилаланину – на 0,04 %, 0,33 %, и 0,14 %; гистидину – на 0,13 %, 0,33 %, и 0,26 %; лейцину и изолейцину – на 0,32 %, 0,41 %, и 0,39 %; метионину – на 0,17%, 0,27 %, и 0,19 %; и валину – на 0,14 %, 0,34 %, и 0,30 % соответственно.

В желтке яйца существенно выше была разница в 1, 2, 3 опытных группах по отношению к контролю следующих аминокислот: лизину на 0,18 %, 0,74 %, и 0,61 %; тирозину – на 0,31 %, 0,35 %, и 0,33 %; фенилаланину – на 0,17 %, 0,20 %, и 0,18 %; лейцину и изолейцину – на 0,26 %, 1,02 %, и 0,75 %; метионину – на 0,43%, 0,53 % и 0,44 % и валину на 0,48 %, 0,53 %, и 0,51 % соответственно (таблица 5).

Суммарный показатель аминокислот белка и желтка яиц, полученных от опытных групп, был, соответственно, на 1,97 % и 3,32 %, 3,73 % и 7,17 %, 2,81 % и 5,74 % выше контроля (рисунок 3).

Таблица 5 – Аминокислотный состав желтка яйца, %

Table 5 – Amino acid composition of egg yolk, %

Аминокислота Amino acid	Группа / Group			
	Контрольная Control	1 опытная 1 experimental	2 опытная 2 experimental	3 опытная 3 experimental
Аргинин / Arginine	4,67±0,17	4,49±0,28	4,20±0,20	4,29±0,15
Лизин / Lysine	6,91±0,09	7,09±0,11	7,65±0,09**	7,52±0,10*
Тирозин / Tyrosine	4,68±0,14	4,99±0,15	5,03±0,08	5,01±0,10
Фенилаланин / Phenylalanine	4,41±0,13	4,58±0,17	4,61±0,14	4,59±0,17
Гистидин / Histidine	2,50±0,18	2,54±0,17	2,55±0,16	2,54±0,11
Лейцин + изолейцин Leucine + isoleucine	8,51±0,10	8,77±0,14	9,53±0,11**	9,26±0,10*
Метионин / Methionine	2,75±0,08	3,18±0,10*	3,28±0,04**	3,19±0,11*
Валин / Valine	2,97±0,05	3,45±0,13*	3,50±0,15*	3,48±0,13*
Пролин / Proline	4,96±0,12	5,32±0,14	5,44±0,09*	5,32±0,15
Треонин / Threonine	4,54±0,10	4,71±0,12	5,20±0,10**	4,99±0,11
Серин / Serine	5,77±0,10	5,78±0,11	6,07±0,12	5,91±0,13
Аланин / Alanine	6,01±0,16	6,19±0,15	7,02±0,10*	6,79±0,14*
Глицин / Glycine	4,60±0,11	4,97±0,13	5,03±0,07*	4,98±0,17
Глутаминовая кислота Glutamic acid	2,47±0,09	2,80±0,05*	3,29±0,08**	3,17±0,06**
Аспарагиновая кислота Aspartic acid	6,90±0,14	7,11±0,12	7,42±0,10	7,35±0,17
Итого / Total	72,65±1,02	75,97±1,13	79,82±1,28*	78,39±1,10*

*P>0,95; **P>0,99. Разница по показателям достоверна.

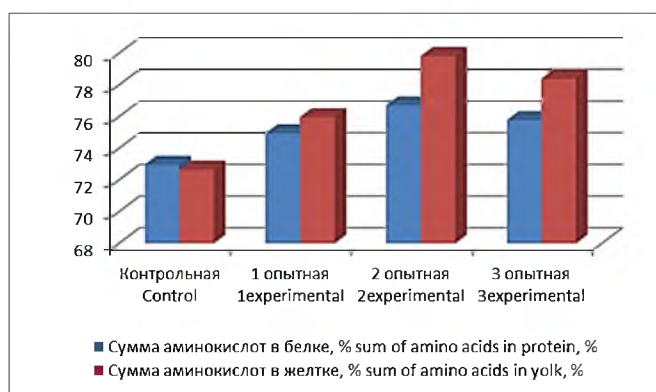


Рисунок 3 – Суммарный показатель аминокислот белка и желтка яиц

Figure 3 – The total amino acid protein and egg yolk

Введение полидобавки «НаБиКат» в рацион кур-несушек положительно повлияло и на витаминную ценность снесённых яиц (таблица 4). Содержание витамина В₂ в белке и желтке яйца контрольной группы составило 2,73 % и 4,22 %, а в 1-, 2- и 3-опытных группах было выше аналогов из контрольной группы соответственно на 0,02 % и 0,03 %; 0,19 % и 0,41% и 0,15 % и 0,15 %. Содержание витамина С в белке и желтке яйца контрольной группы составило соответственно 4,06 % и 11,39 %, а в 1-, 2- и 3-опытных группах соответственно на 0,03 % и 0,05 %; 0,82 % и 0,72 %; 0,73 % и 0,19 %. Содержание витамина А в желтке яйца в 1, 2 и 3 опытных группах превышало показатели контроля на 0,04 %, 0,72 % и 0,49 % соответственно, а содержание витамина Е

выше показателей контроля на 0,18 %, 0,46 % и 0,33 % соответственно; содержание витамина В₁ больше на 0,03 %, 0,31 % и 0,26 % соответственно, при этом содержание каротиноидов в желтке яиц стало больше на 0,08 % в 1 опытной группе, на 0,24 % во 2 опытной группе и на 0,17 % в 3 опытной группе.

Полученные в ходе научно-хозяйственного опыта данные подтверждают возможность эффективного применения кремнийсодержащей полидобавки «НаБиКат» в кормлении кур-несушек.

Заключение. Считаем, что введение в рацион кур-несушек кросса «Хайсекс Коричневый» многокомпонентной добавки «НаБиКат» зоотехнически оправданным. Полученные в ходе опыта на курах-несушках с использованием изучаемой полидобавки данные о яичной продуктивности и качестве яйца имеют положительную тенденцию. Так, валовой сбор яиц в 1, 2 и 3 опытных группах на 0,4 %, 1,40 % и 1,36 % выше, чем в контрольной; интенсивность яйцекладки возросла на 0,35 %, 1,23 % и 1,20 % относительно контроля соответственно, при этом яичная масса и средняя масса яйца выше на 10,78 кг (1,08 %) и 0,43 г (0,68 %), 32,09 кг (3,23 %) и 1,16 г (1,84 %) и 26,83 кг (2,70 %) и 0,81 г (1,28 %) соответственно. Полученные морфологические показатели яйца находились в пределах физиологических норм для кросса. Толщина скорлупы в 1-, 2- и 3-опытных группах составила 347,15 мкм, 348,30 мкм и 347,86 мкм соответственно, что выше аналогичного показателя в контроле на 0,41 мкм, 1,56 мкм и 1,12 мкм соответственно.

Сумма аминокислот белка и желтка яиц опытных групп была, соответственно, на 1,97 % и 3,32 %, 3,73 % и 7,17 %, 2,81 % и 5,74 % выше контроля. Витаминная ценность яйца также возросла в группах птиц, в рационах которых содержался «НаБиКат». Наибольшая разница наблюдалась по содержанию витамина В₂ в белке и желтке яйца и различалась относительно контроля на 0,02 % и 0,03 %; содержание витамина Е и каротиноидов увеличилось в 1-, 2- и 3-опытных группах на 0,18 % и 0,08 %; 0,46 % и 0,24 % и 0,33 % и 0,17 % соответственно.

Таким образом, для повышения яичной продуктивности кур и качества, полученного от них яйца, рекомендуем вводить дополнительно в комбикорм полидобавку «НаБиКат» в дозе от 0,15 % до 0,17 %. Следует отметить, что наибольший положительный эффект был получен у кур, получавших 0,15 % кремнийсодержащей полидобавки «НаБиКат».

Библиографический список

1. Аминокислотный состав яиц кур как показатель ассимиляционных процессов в их организме при использовании в рационе антиоксидантного препарата / Л.Ю. Гуляева, В.Е. Улитко, О.Е. Ерисанова, Л.А. Пыхтина, С.П. Лифанова // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (48). С. 86-91.
2. Использование ресурсосберегающих источников кормового сырья - основа успешной модернизации животноводческого комплекса России / А.Ф. Кузнецов, К.А. Рожков, И.В. Луневова, В.В. Богомолов, И.С. Яковлев, Е.М. Белорусская // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2018. № 1. С. 113-115.
3. Краснощекова Т.А. Перепелкина Л.И., Бабухадия К.Р. Оптимизация микроминерального питания кур-несушек // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 2 (42). С. 87-92.
4. Перспективы использования яичного белка в составе функциональных пищевых продуктов / И.Л. Стефанова, В.К. Мазо, И.В. Мокшанцева, А.Ю. Клименкова // Птица и птицепродукты. 2017. № 1. С. 43-45.
5. Физиологические показатели и яичная продуктивность кур-несушек при использовании в рационах нетрадиционных кормовых средств / С.И. Николаев, О.В. Чепрасова, А.А. Лятыгина, А.Б. Мулик, О.Д. Будтуева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 190-196.

6. Эффективность использования нетрадиционного корма в кормлении сельскохозяйственной птицы / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, М.В. Струк, И.Г. Плешакова, Х.Б. Баймишев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. №4 (52). С. 272-279.

7. Яичная продуктивность сельскохозяйственной птицы при скармливании различных доз органической формы селена и йода / О.А. Багно, Ю.Н. Федоров, С.А. Шевченко, А.И. Шевченко, А.И. Петрученко // Аграрный вестник Верхневолжья. 2018. № 3 (24). С. 70-76.

8. Beattie, P. The “chicken-and-egg” development of political opinions: The roles of genes, social status, ideology, and information // Politics and the Life Sciences. 2017. Vol. 36(1). P. 1-13.

9. Lima H., Souza L. Vitamin A in the diet of laying hens: Enrichment of table eggs to prevent nutritional deficiencies in humans // World's Poultry Science Journal. 2018. Vol. 74(4). P. 619-626.

10. Samira F., Sheikhahmadi A. Effect of nanosilicon dioxide on growth performance, egg quality, liver histopathology and concentration of calcium, phosphorus and silicon in egg, liver and bone in laying quails // Applied Nanoscience. 2017. Vol. 7(8). P. 765.

Reference

1. Aminokislnotnyj sostav yaic kur kak pokazatel' assimilyacionnyh processov v ih organizme pri ispol'zovanii v racione antioksidantnogo preparata / L. Yu. Gulyaeva, V. E. Ulit'ko, O. E. Erisanova, L. A. Pyhtina, S. P. Lifanova // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 3 (48). P. 86-91.

2. Ispol'zovanie resursoberegayuschih istochnikov kormovogo syr'ya - osnova uspešnoj modernizacii zhivotnovodcheskogo kompleksa Rossii / A. F. Kuznecov, K. A. Rozhkov, I. V. Lungova, V. V. Bogomolov, I. S. Yakovlev, E. M. Belorusskaya // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. 2018. № 1. P. 113-115.

3. Krasnoschekova T. A. Perepelkina L. I., Babuhadiya K. R. Optimizaciya mikromineral'nogo pitaniya kur-nesushek // Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. 2017. № 2 (42). P. 87-92.

4. Perspektivy ispol'zovaniya yaichnogo belka v sostave funkcional'nyh pischevyh produktov / I. L. Stefanova, V. K. Mazo, I. V. Mokshanceva, A. Yu. Klimenkova // Ptica i pticeprodukty. 2017. № 1. P. 43-45.

5. Fiziologicheskie pokazateli i yaichnaya produktivnost' kur-nesushek pri ispol'zovanii v racione netradicionnyh kormovyh sredstv / S. I. Nikolaev, O. V. Cheprasova, A. A. Letyagina, A. B. Mulik, O. D. Budtueva // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 4 (48). P. 190-196.

6. Эффективность использования нетрадиционного корма в кормлении сельскохозяйственной птицы / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, М.В. Струк, И.Г. Плешакова, Х.Б. Баймишев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. №4 (52). С. 272-279.

7. Яичная продуктивность сельскохозяйственной птицы при скармливании различных доз органической формы селена и йода / О. А. Багно, Ю. Н. Федоров, С. А. Шевченко, А. И. Шевченко, А. И. Петрученко // Аграрный вестник Верхневолжья. 2018. № 3 (24). С. 70-76.

8. Beattie, P. The “chicken-and-egg” development of political opinions: The roles of genes, social status, ideology, and information // Politics and the Life Sciences. 2017. Vol. 36(1). P. 1-13.

9. Lima H., Souza L. Vitamin A in the diet of laying hens: Enrichment of table eggs to prevent nutritional deficiencies in humans // World's Poultry Science Journal. 2018. Vol. 74(4). P. 619-626.

10. Samira F., Sheikhahmadi A. Effect of nanosilicon dioxide on growth performance, egg quality, liver histopathology and concentration of calcium, phosphorus and silicon in egg, liver and bone in laying quails // Applied Nanoscience. 2017. Vol. 7(8). P. 765.

Информация об авторах

Андреев Людмила Валентиновна, аспирант факультета Биотехнологий и ветеринарной медицины Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2130-8341> milaanko@mail.ru

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4076-1694> nikolaevvolgau@yandex.ru

Карапетян Анжела Кероповна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), кандидат сельскохозяйственных наук

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-0604> a.k.karapetyan@bk.ru

Струк Михаил Владимирович, генеральный директор ЗАО птицефабрика «Волжская» (РФ, 404143, х. Заяр, Волгоградская область, Среднеахтубинский район),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1841-1444> pticefabrika_34@mail.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 619:616.36:636.7/8

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-38

КЛИНИЧЕСКО-ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ПЕЧЕНИ У СОБАК И КОШЕК

CLINICAL AND DIAGNOSTIC INDICATORS FOR DRUG-INDUCED LIVER INJURY IN DOGS AND CATS

М.А. Мурашкина, аспирант

А.Н. Шинкаренко, доктор ветеринарных наук, профессор

M.A. Murashkina, A.N. Shinkarenko

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Дата поступления в редакцию 10.06.2019

Дата принятия к печати 15.09.2019

Received 10.06.2019

Submitted 15.09.2019

Лекарственный гепатит кошек и собак в практике отечественных и зарубежных ветеринарных специалистов встречается достаточно часто. В рассмотренных нами случаях лекарственного гепатита собак и кошек отмечались следующие лекарственные поражения печени: гепатоцеллюлярный, холестатический и смешанный. При гепатоцеллюлярном поражении отмечено значительное увеличение показателя АЛТ, соотношение АЛТ и АСТ > 3 , показатель ЩФ был в пределах нормы. Увеличение показателей активности аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы было в следующих пределах: АСТ – $79,2 \pm 2,5$, АЛТ – $277,6 \pm 2,98$. В результате контроля исследуемой группы собак было определено изменение показателя уровня общего и прямого билирубина соответственно $23,1 \pm 0,17$, $16,2 \pm 1,3$. Значительное изменение уровня щелочной фосфатазы при гепатоцеллюлярных поражениях обнаружено не было. У собак наиболее часто регистрировался холестатический тип поражения, при этом повышение уровня АЛТ было во всех наблюдаемых случаях лекарственного гепатита. Уровень АЛТ в сыворотке крови собак составил $88,2 \pm 2,3$. Показатель активности АСТ был значительно выражен – $176,3 \pm 3,48$. Содержание билирубина в крови исследуемых собак были выявлены следующие, общий – $7,1 \pm 0,09$, прямой – $4,1 \pm 0,18$. При холестатическом типе активность щелочной фосфатазы в сыворотке крови собак была следующей – $140,5 \pm 1,8$. Повышение гамма-глутамилтранспептидазы в сыворотке крови отмечено во всех случаях холестатического повреждения. Смешанный тип повреждения печени собак характеризовался изменением показателей аланинаминотрансферазы, аспартатаминотрансферазы и щелочной фосфатазы. Выраженных изменений со стороны остальных контролируемых биохимических показателей не прослеживалось. По результатам исследования было возможным отметить общее снижение содержания альбуминов в сыворотке крови практически всех исследуемых собак при всех типах повреждения печени. В некоторых случаях лекарственный гепатит у собак проходил в тяжелой форме, уровень щелочной фосфатазы в таких случаях был выше в 4 раза по сравнению с контрольной группой исследуемых животных. Показатели АСТ, АЛТ при тяжелой форме чаще были самые высокие, но иногда не имели прямой патогномоничности.

Cats and dogs drug-induced hepatitis in the practice of domestic and foreign veterinary specialists is quite common. In the cases of dogs and cats drug-induced hepatitis examined by us, the following medicinal liver injuries were noted: hepatocellular, cholestatic and mixedone. In hepatocellular injury, a significant increase in the ALT index was observed, the ratio of ALT to AST > 3, alkaline phosphatase index was within the normal range. The increase in the activity of aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase was in the following limits AST – $79,2 \pm 2,5$, ALT – $277,6 \pm 2,98$. As the result of the dogsstudied group control, the change in the total and direct bilirubin level indicator was determined, respectively, $23,1 \pm 0,17$, $16,2 \pm 1,3$. Significant changes in alkaline phosphatase levels were not found at hepatocellular injuries. In dogs, the holistaticinjury typewasmost frequently observed, at the same time an increase in the ALTlevel was in all observed cases of drug-induced hepatitis. The ALT level in dogsserum was $88,2 \pm 2,3$. The AST activity index was significantly pronounced – $176,3 \pm 3,48$. The content of bilirubin in the studieddogs bloodwas foundas follows, total – $7,1 \pm 0,09$, direct – $4,1 \pm 0,18$. In cholestatic type, alkaline phosphatase activity in the dogs'serum was as follows: $140,5 \pm 1,8$. An increase in gamma-glutamyltransferasein serum was observed in all cases of cholestaticinjury. The mixed type of dogsliver injury was characterized by changes in alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase and alkaline phosphatase. Pronounced changes from the rest of the controlled biochemical parameters were not observed. According to the research results, it was possible to note a general decrease in the albumin content in the blood serum of almost all the studied dogs with all types of liver injury. In some cases, drug-induced hepatitis in dogs was severe; the level of alkaline phosphatase in such cases was 4 times higher than in the control group of the animals studied. Indicators of AST, ALT in severe form were most often the highest, but sometimes did not have direct pathognomoncity.

Ключевые слова: лекарственный гепатит, лекарственные препараты, гепатиты, повреждения печени собак.

Key words: drug hepatitis, drugs, hepatitis, liver damage in dogs.

Цитирование. Мурашкина, М.А., Шинкаренко А.Н. Клиническо-диагностические показатели при лекарственных повреждениях печени у собак и кошек. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 299-306. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-38.

Citation. Murashkina M.A., Shinkarenko A.N. Clinical and diagnostic indicators for drug-induced liver injuryin dogs and cats. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp*. 2019. 3(55). 299-306. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-38.

Введение. На сегодняшний день не выяснены ни специфические морфологические, клинические признаки лекарственных поражений печени у собак и кошек, ни специфичные методы их диагностики, что во многом осложняет практическую деятельность ветеринарных специалистов.

Существуют известные факторы возможного возникновения лекарственных поражений печени у собак и кошек, такие как тактика необоснованной избыточной лекарственной нагрузки, одновременное назначение нескольких препаратов без учета их совместимости, учет дозозависимости возможного гепатотоксического действия препарата. Но в некоторых случаях одно и то же лекарственное средство может приводить к разным типам гепатотоксического действия. Также выявление причинно-следственной связи между применением определенного лекарства и изменениями в печени часто бывает невозможным. Нередко усугублением при этом служит то, что специалисты подготовлены так, что при назначении препарата должны рассчитывать на результат выздоровления, из-за которого лекарственное средство введено в лечение, и не рассматривать возможные нежелательные реакции, так как положительное лечебное действие возникает как правило, а нежелательные реакции – как исключение.

Следует отметить важность полного изучения анамнеза, при этом стоит концентрировать внимание не только на применении лекарственных препаратов, но и на растительных средствах в назначении, поскольку при применении фитотерапевтических форм в лечении возможны гепатотоксичные воздействия, связанные с назначением лекарственных трав.

В современных научных работах исследователи отмечают общее увеличение числа лекарственных повреждений печени у собак, его факторы остаются малоизученными [3].

Проработка данных научных работ позволяет согласиться с позицией исследователей, утверждающих, что подробное изучение как процессов возникновения, так и патологических механизмов имеет практический и теоретический интерес в диагностике данного заболевания на ранних этапах.

Поэтому исследования особенности клинических проявлений при лекарственных гепатитах у собак и кошек являются весьма актуальными на сегодняшний день.

Цель – изучить особенности клинических проявлений при лекарственных гепатитах у собак и кошек.

Материалы и методы. Исследования выполнены в период 2015-2019 гг. в «Центре ветеринарной клинической медицины» Волгоградского государственного аграрного университета, Национальной коллегии судебных экспертов ветеринарной медицины и биоэкологии, частных и государственных лечебных ветеринарных организаций. За этот период исследовано 7360 случаев болезней кошек и 5704 болезней собак, 790 секционных случаев трупов кошек и 636 собак. Патологоанатомическое вскрытие трупов собак и кошек проводили согласно ГОСТ Р 57547-2017 «Патологоанатомическое исследование трупов непродуктивных животных. Общие требования» [6]. Обследование собак и кошек включало в себя общий клинический осмотр животных с учетом данных анамнеза и лабораторные исследования: биохимическое исследование сыворотки крови, использовались пробирки с активатором свертывания. Полученные данные обработаны методом вариационной статистики с использованием пакета программ Statistica для Windows. Забор биоптатов печени проводили после ультразвуковой диагностики, гистологические исследования отобранного материала проводили методом световой микроскопии окрашенных срезов гематоксилин-эозином по Ван-Гизону [8].

Результаты и обсуждение. Отмеченные клинические симптомы регистрировались как у собак, так и у кошек (рисунок 1). При сопряженном анализе клинических проявлений лекарственного гепатита собак и кошек была выделена частота встречаемости различных клинических симптомов.

Клинические проявления во многом определялись морфологическим эквивалентом гистологических показателей и зависели от топографии и объема некротизированной печеночной ткани. Гистологическое исследование биоптатов печени проводили у всех больных животных при выявлении клинических признаков лекарственных повреждений печени, что являлось подтверждением заболевания. Мы отмечали, что течение заболеваний было различным: от легкого, с быстрым обратным развитием в случае отмены препарата (устранения причины) – до тяжелого, фульминантного, с развитием печеночной недостаточности и даже летального исхода.

В рассмотренных нами случаях лекарственного гепатита собак и кошек отмечались следующие типы различных лекарственных поражений печени (ЛПП): гепатоцеллюлярный, холестатический и смешанный. При гепатоцеллюлярном типе поражения отмечалось значительное увеличение показателя АЛТ, что является маркером цитолиза гепатоцитов, соотношение АЛТ и АСТ > 3, показатель ЩФ в пределах нормы. Данную форму отличает более тяжелая степень поражения печени по сравнению с холестатической и смешанной формами.

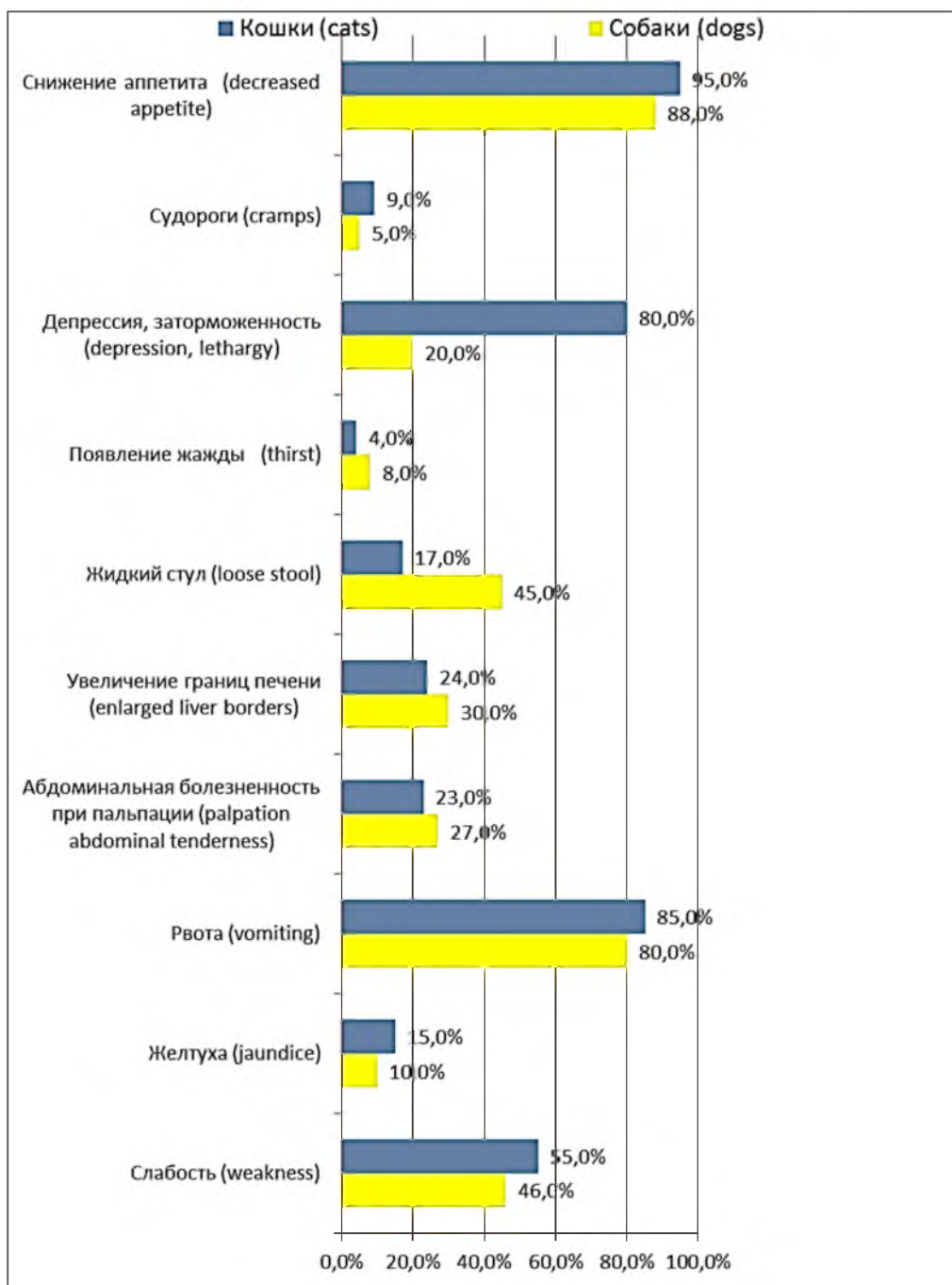


Рисунок 1 – Частота встречаемости различных симптомов у собак и кошек при лекарственном гепатите

Figure 1 – Frequency of occurrence of various symptoms in dogs and cats with drug hepatitis

При гепатоцеллюлярном типе поражения у собак отмечали заметное увеличение показателей активности аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы в следующих границах АСТ – $79,2 \pm 2,5$, АЛТ – $277,6 \pm 2,98$ (таблица 1). По результатам контроля исследуемой группы собак было отмечено изменение показателя уровня билирубина, но не у всех животных. В отличие от собак контрольной группы уровень общего и прямого билирубина претерпевал следующие изменения: $23,1 \pm 0,17$, $16,2 \pm 1,3$. Целесообразным было отслеживание показателя уровня щелочной фосфатазы, так как многими авторами отмеча-

ется увеличение ее активности при поражениях печени. При гепатоцеллюлярном типе поражения значительных изменений уровня щелочной фосфатазы обнаружено не было, часто ее значение было в верхних границах допустимой нормы. Так, щелочная фосфатаза не являлась возможным специфичным маркером при гепатоцеллюлярном типе поражения. Повышение гамма-глутамилтранспептидазы в сыворотке крови отмечено не во всех случаях гепатоцеллюлярного повреждения. Его значение, как правило, было в пределах верхней границы нормы либо незначительно превышало её.

Таблица 1 – Биохимические показатели крови, собак при гепатоцеллюлярном типе поражения

Table 1 - Biochemical blood parameters of dogs with hepatocellular type of lesion

Показатели и ед. измерения (indicators and units measuring)	Клинически здоровые (clinically healthy), (n=10)	Показатели больных собак (indicators of sick dogs), (n=10)
АСТ, ед/л (AST, aspartate aminotransferase u/l)	26,5±0,02	79,2±2,5
АЛТ, ед/л (ALT, alanine aminotransferase u/l)	30,3±0,2	277,6±2,98
Общий белок, г/л (Total protein, g/l)	57,2±0,13	50,3±0,8
Билирубин общий, мкмоль/л (Total bilirubin, $\mu\text{mol/l}$)	3,1±1,2	23,1±0,17
Билирубин прямой, мкмоль/л (Direct bilirubin, $\mu\text{mol/l}$)	1,4±0,15	16,2±1,3
ЩФ, ед/л (ALP, alkaline phosphatase), u/l)	30,7±1,17	70,3±2,1
Альбумины, г/л (Albumin, g/l)	30,8±0,14	23,7±1,3
ГГТ, ед/л (GGT, gamma-glutamyltransferase, u/l)	3,6±1,2	10,8±0,7

*n-Количество исследованных животных

Количество случаев холестатического типа поражения при лекарственном гепатите у собак нежеле смешанных и гепатоцеллюлярных отмечено больше. Поэтому анализ результатов биохимических показателей данной группы собак в сравнительном аспекте имел особый интерес. Так, изменения биохимических показателей были выражены в значительной степени, и имело явные отличия от результатов биохимического контроля крови у собак с гепатоцеллюлярным типом повреждения.

Таблица 2 – Биохимические показатели крови собак при холестатическом типе поражения

Table 2 – Biochemical parameters of blood, dogs with cholestatic type of lesion

Показатели и ед. измерения (indicators and units measuring)	Клинически здоровые (clinically healthy), (n=10)	Показатели больных собак (indicators of sick dogs), (n=10)
АСТ, ед/л (AST, aspartate aminotransferase u/l)	26,5±0,02	176,3±3,48
АЛТ, ед/л (ALT, alanine aminotransferase u/l)	30,3±0,2	88,2±2,3
Общий белок, г/л (Total protein, g/l)	57,2±0,13	61±1,5
Билирубин общий, мкмоль/л (Total bilirubin, $\mu\text{mol/l}$)	3,1±1,2	7,1±0,09
Билирубин прямой, мкмоль/л (Direct bilirubin, $\mu\text{mol/l}$)	1,4±0,15	4,1±0,18
ЩФ, ед/л (ALP, alkaline phosphatase), u/l)	30,7±1,17	140,5±1,8
Альбумины, г/л (Albumin, g/l)	30,8±0,14	27,9±0,2
ГГТ, ед/л (GGT, gamma-glutamyltransferase, u/l)	3,6±1,2	23,5±0,5

*n-Количество исследованных животных

Повышение уровня АЛТ было во всех наблюдаемых случаях лекарственного гепатита холестатического типа. Уровень АЛТ в сыворотке крови собак составил 88,2±2,3 (таблица 2). Показатель активности АСТ был значительно выражен и составил

176,3±3,48. Как и в случае гепатоцеллюлярного поражения, заметные изменения значений содержания билирубина в крови исследуемых собак были выявлены следующие: общий – 7,1±0,09, прямой – 4,1±0,18.

При холестатическом типе показатель щелочной фосфатазы был значительно повышен – 140,5±1,8. Повышение гамма-глутамилтранспептидазы в сыворотке крови отмечено во всех случаях как холестатического повреждения, так и гепатоцеллюлярного.

Не менее часто регистрировалось изменение показателей при смешанном типе лекарственного гепатита собак. Выраженные изменения отмечены по следующим показателям: аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, щелочная фосфатаза. Повышение гамма-глутамилтранспептидазы в сыворотке крови отмечено во всех случаях смешанного типа повреждения (таблица 3).

Таблица 3 – Биохимические показатели крови, собак при смешанном типе поражения

Table 3 – Biochemical blood parameters of dogs with a mixed type of lesion

Показатели и ед. измерения (indicators and units measuring)	Клинически здоровые (clinically healthy), (n=10)	Показатели больных собак (indicators of sick dogs), (n=10)
АСТ, ед/л (AST, aspartate aminotransferase u/l)	26,5±0,02	109,8±3,2
АЛТ, ед/л (ALT, alanine aminotransferase u/l)	30,3±0,2	138,2±0,9
Общий белок, г/л (Total protein, g/l)	57,2±0,13	50,3±2,5
Билирубин общий, мкмоль/л (Total bilirubin, $\mu\text{mol/l}$)	3,1±0,2	17,8±1,25
Билирубин прямой, мкмоль/л (Direct bilirubin, $\mu\text{mol/l}$)	1,4±0,15	9,1±1,3
ЩФ, ед/л (ALP, alkaline phosphatase), u/l)	30,7±1,17	92,9±0,14
Альбумины, г/л (Albumin, g/l)	30,8±0,14	23,4±0,8
ГГТ, ед/л (GGT, gamma-glutamyltransferase, u/l)	3,6±1,2	15,5±0,4

*n-Количество исследованных животных

Выраженных изменений со стороны остальных контролируемых биохимических показателей и их значений не прослеживалось, ввиду этой специфичности они не имели основных маркеров лекарственных поражений. По результатам исследования было возможным отметить общее снижение содержания альбуминов в сыворотке крови практически всех исследуемых собак при всех типах повреждениях печени. Показатель уровня общего белка значительных изменений не претерпевал. Аналогичная динамика показателей отмечена по общему белку: 50,3±2,5 – холестатический, 61±1,5 – гепатоцеллюлярный.

В некоторых случаях лекарственный гепатит у собак проходил в тяжелой форме, при этом наблюдались повышение показателей АСТ и АЛТ. Значения АСТ, АЛТ при тяжелой форме чаще были самые высокие, но иногда не имели прямой патогномоничности. Уровень щелочной фосфатазы в таких случаях был выше в 4 раза по сравнению с контрольной группой исследуемых животных.

При сборе анамнеза был установлен перечень препаратов, которые оказывали возможное токсическое действие. Более подробный контроль биохимических и клинических показателей позволил дифференцировать степень и тип воздействия препаратов при лекарственном поражении.

При использовании азитромицина было отмечено частое повышение уровня билирубина в сыворотке крови, вызванное возможным нарушением процесса транспортировки билирубина из гепатоцитов. При приеме ампициллина редко отмечали подъем

уровней активности АЛТ, АСТ и ЩФ. Фторхинолоны вызывали повышение уровня билирубина в сыворотке крови. При применении тетрациклинов фиксировали подъем уровней активности АЛТ, АСТ, ЩФ и общего билирубина. Эритромицин - подъем уровней активности ЩФ и общего билирубина. При использовании левомицетина биохимические показатели характеризовались подъемом уровней активности АЛТ, АСТ, ЩФ и общего билирубина. Повышение уровней активности ЩФ и общего билирубина было в некоторых случаях применения эстрогенов. Применение гризеофульвина сопровождалось подъемом уровня активности АЛТ, АСТ и ЩФ.

Заключение. Лекарственные поражения печени у собак констатировали при изменениях показателей АЛТ, АСТ и ЩФ.

При гепатоцеллюлярном типе поражения отмечалось значительное увеличение показателя АЛТ, соотношение АЛТ/АСТ > 3, показатель ЩФ находился в пределах верхней границы нормы.

При холестатическом типе АЛТ/АСТ < 2 показатель ЩФ при этом был значительно увеличен.

Смешанное поражение печени сопровождалось подъемом уровня активности АЛТ, АСТ, ЩФ и увеличением показателя билирубина прямой фракции. Данный тип поражения встречался более часто.

В некоторых случаях лекарственный гепатит у собак проходил в тяжелой форме, при этом наблюдали повышение показателя АЛТ более, чем в два раза, показателя ЩФ – более чем в два раза или общего и прямого билирубина более, чем в два раза в сочетании с любым повышением показателя АЛТ или ЩФ.

Библиографический список.

1. Галимова С.Ф. Лекарственные поражения печени. Часть 1.// Российский журнал гастроэнтерологии гепатологии колопроктологии. 2012. № (3). С. 38-48.
2. Еремина Е.Ю. Лекарства и печень: неизменный тандем. Часть 2// Архив внутренней медицины. 2012. № 3 (5). С. 16-19.
3. Ильченко Л.Ю., Карович Т.И. Лекарственная болезнь печени// Медицинский совет. 2013. № (10). С. 32-37.
4. Краснолобова Е.П. Распространение и этиология гепатопатий собак в условиях г. Тюмени [Электронный ресурс] // Фундаментальные исследования. 2012. № 9-1. С. 44-46. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30172> (дата обращения: 29.05.2019).
5. Сулайманова Г.В., Донкова Н.В. Гепатотоксическое действие лекарственных препаратов у животных// Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 10(109). С. 97-101.
6. Услуги для непродуктивных животных. Патологоанатомическое исследование трупов непродуктивных животных. Общие требования: ГОСТ Р 57547-2017 [Электронный ресурс]. М: Стандартинформ, 2017. 15 с. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200146266>.
7. Bexfield N.H. Canine Idiopathic Chronic Hepatitis // Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2017. 47(3). P. 645-663.
8. Canine hepatitis virus is not associated with chronic liver disease in dogs / N.H. Bexfield, P.J. Watson, J. Heaney, J.L. Heeney, L. Tiley // Journal of Viral Hepatitis. 2014. Vol. 21. P. 223–228.
9. Eulenberg V.M., Lidbury J.A. Hepatic Fibrosis in Dogs //Journal of Veterinary Internal Medicine. 2018. Vol. 32(1). P. 26–41
10. Fontana, R.J. Pathogenesis of idiosyncratic drug-induced liver injury and clinical perspectives// Gastroenterol. 2014. Vol. 146. № 4. P. 914-928.
11. Mohankumar N., Ranjan P., Kumari A. Drug-induced liver injury: diagnosing (and treating) it early, // J. Fam. Pract. 2015. Vol. 64. № 10. P. 634–644.
12. Stephens C., Andrade R. J., Lucena M. I. Mechanisms of drug-induced liver injury// Curr. Opin. Allergy Clin. Immunol. 2014. Vol. 14. № 4. P. 286–292.

13. Stine J.G., Lewis J. H. Current and future directions in the treatment and prevention of drug-induced liver injury: a systematic review// Expert Rev. Gastroenterol. Hepatol. 2016. Vol. 10. № 4. P. 517-536.

References

1. Galimova S. F. Lekarstvennye porazheniya pecheni. Chast' 1.// Rossijskij zhurnal gastro[interologii gepatologii koloproktologii. 2012. № (3). P. 38-48.
2. Eremina E. Yu. Lekarstva i pechen': neizmennyj tandem. Chast' 2// Arhiv' vnutrennej mediciny. 2012. № 3 (5). P. 16-19.
3. Il'chenko L. Yu., Karovich T. I. Lekarstvennaya bolezni' pecheni// Medicinskij sovet. 2013. № (10). P. 32-37.
4. Krasnolobova E. P. Rasprostranenie i etiologiya gepatopatii sobak v usloviyah g. Tyumeni [Elektronnyj resurs] // Fundamental'nye issledovaniya. 2012. № 9-1. P. 44-46. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30172> (data obrascheniya: 29.05.2019).
5. Sulajmanova G. V., Donkova N. V. Gepatotoksicheskoe dejstvie lekarstvennyh preparatov u zhivotnyh// Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. №. 10(109). P. 97-101.
6. Uslugi dlya neproduktivnyh zhivotnyh. Patologoanatomicheskoe issledovanie trupov neproduktivnyh zhivotnyh. Obschie trebovaniya: GOST R 57547-2017 [Elektronnyj resurs]. M: Standartinform, 2017. 15 s. Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/1200146266>.
7. Bexfield N.H. Canine Idiopathic Chronic Hepatitis // Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2017. 47(3). P. 645-663.
8. Canine hepatic virus is not associated with chronic liver disease in dogs / N.H. Bexfield, P.J. Watson, J. Heaney, J.L. Heeney, L. Tiley // Journal of Viral Hepatitis. 2014. Vol. 21. P. 223–228.
9. Eulenberg V.M., Lidbury J.A. Hepatic Fibrosis in Dogs //Journal of Veterinary Internal Medicine. 2018. Vol. 32(1). P. 26–41
10. Fontana, R.J. Pathogenesis of idiosyncratic drug-induced liver injury and clinical perspectives// Gastroenterol. 2014. Vol. 146. № 4. P. 914-928.
11. Mohankumar N., Ranjan P., Kumari A. Drug-induced liver injury: diagnosing (and treating) it early, // J. Fam. Pract. 2015. Vol. 64. № 10. P. 634–644.
12. Stephens C., Andrade R. J., Lucena M. I. Mechanisms of drug-induced liver injury// Curr. Opin. Allergy Clin. Immunol. 2014. Vol. 14. № 4. P. 286–292.
13. Stine J.G., Lewis J. H. Current and future directions in the treatment and prevention of drug-induced liver injury: a systematic review// Expert Rev. Gastroenterol. Hepatol. 2016. Vol. 10. № 4. P. 517-536.

Информация об авторах

Мурашкина Марина Александровна, аспирант кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3349-8397> Marinavedenina1990@yandex.ru

Шинкаренко Александр Николаевич, профессор кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор ветеринарных наук

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4629-8175> ash28@yandex.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

УДК 632.7.069.32:632.936.1

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-39

**МОНИТОРИНГ ФАЗ РАЗВИТИЯ НАСЕКОМЫХ-СЕЛЬХОЗВРЕДИТЕЛЕЙ
ПОСРЕДСТВОМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СВЕТОЛОВУШЕК ДЛЯ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ БОРЬБЫ
MONITORING OF PHASE OF DEVELOPMENT OF AGRICULTURAL PESTS
THROUGH THE EXPERIMENTAL LIGHT TRAPS TO IMPROVE
ELECTROPHYSICAL METHODS OF FIGHTING**

**Б.А. Сулаймонов¹, академик АН РУз
А.С. Овчинников³, член-корреспондент РАН, профессор
Б. Сапаев¹, доктор физико-математических наук
В.С. Бочарников³, доктор технических наук
И.Б. Сапаев², PhD
С.Д. Фомин³, доктор технических наук
З.Ш. Эркинов²**

**B.A. Sulaimonov¹, A.S. Ovchinnikov³, B. Sapaev¹
V.S. Bocharnikov³, I.B. Sapaev², S.D. Fomin³, Z.Sh. Erkinov²**

¹Ташкентский государственный аграрный университет,

²Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

³Волгоградский государственный аграрный университет

¹Tashkent State Agrarian University

²Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers

³Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 07.08.2019
Received 07.08.2019

Дата принятия к печати 17.09.2019
Submitted 17.09.2019

Рассмотрены светоловушки, излучающие различные спектры, для проведения мониторингов и определения фаз развития сельскохозяйственных насекомых-вредителей, созданные на основе последних достижений науки с помощью полупроводниковых материалов, работающих в автономном режиме работы. Приборы собраны из полупроводниковых светодиодов, реле сумерек и аккумуляторных батарей, используемых в качестве источника питания, и кремниевых солнечных батарей, считающихся типичным представителем полупроводниковых материалов, необходимых для подзарядки аккумуляторных батарей. Основной целью данной работы является определение фаз активного развития сельскохозяйственных вредителей и, на основе этого, создание систем экологически безопасных методов: биологических и электрофизических – для борьбы с вредителями.

Light traps emitting various spectra are considered for monitoring and determining the development phases of agricultural insect pests, created on the basis of the latest scientific achievements using semiconductor materials operating in stand-alone operation. The devices are assembled from semiconductor LEDs, twilight relays and rechargeable batteries used as a power source, and silicon solar cells, considered a typical representative of semiconductor materials necessary for recharging batteries. The main goal of this work is to determine the phases of the active development of agricultural pests and, on the basis of this, create systems of environmentally friendly methods: biological and electrophysical for pest control.

Ключевые слова: насекомые-вредители; методы борьбы с вредителями; световые ловушки, солнечные батареи, реле сумерек.

Key words: pest control methods; light traps, solar panels, twilight relays.

Цитирование. Сулаймонов Б.А., Овчинников А.С., Сапаев Б., Бочарников В.С., Сапаев И.Б., Фомин С.Д., Эркинов З.Ш. Мониторинг сельхозвредителей с помощью светоловушек, работающих на основе светодиодов и фотоэлектрических преобразователей. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 307-313. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-39.

Citation. Sulaimonov B.A., Ovchinnikov A.S., Sapaev B., Bocharnikov V.S., Sapaev I.B., Fomin S.D., Erkinov Z.Sh. Monitoring of agricultural pests with the help of light traps based on LEDs and photoelectric converters. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 307-313. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-39.

Введение. На жизнедеятельность человека, плоды его труда оказывают существенное влияние насекомые, обитающие в окружающей биосфере, как положительное (опыление цветущих растений, уничтожение насекомых-вредителей), так и отрицательное (уничтожение посевов, собранного урожая и др.). В связи с этим насекомые делятся на полезных насекомых и насекомых-вредителей [2]. Необходимо анализировать существующие методы борьбы с сельхозвредителями, на основе анализа совершенствовать и разрабатывать новые методы и исходя из результатов проведенных исследований, находить оптимальные сочетания методов борьбы с сельхозвредителями.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур – важнейшая проблема сельскохозяйственного производства, связанная напрямую с обеспечением продовольственной безопасности страны. В настоящее время потери сельскохозяйственного производства составляют до 40% урожая в результате действий сорняков, вредителей, болезней. Поэтому успешное ведение растениеводства невозможно без комплексной системы защиты урожая от сельскохозяйственных вредителей и болезней. Можно выделить четыре основных метода: агротехнический, биологический, механический и химический. На различных этапах развития сельскохозяйственного производства значение методов в общей системе защиты существенно менялось [7].

Приемлемое сохранение урожая обеспечивают методы защиты садов от вредителей, приведенные в работе [4]. Показаны благоприятные условия для развития и роста, повышения устойчивости растений к поражению болезнями и повреждению вредителями при проведении своевременных агротехнических мероприятий.

Недостатки существующих методов с точки зрения их экологичности и трудоемкости освещены в работе [7]. Работа [1] посвящена актуальному вопросу защиты ягодных культур от насекомых-вредителей экологически безопасными биологическими препаратами.

В новейший период в сельскохозяйственном производстве все больше внимания уделяется внедрению электротехнологий с соответствующим набором оборудования [11, 13-15, 8-10]. Электротехнологии позволяют произвести резкий перевод аграрного производства на новый уровень с более высокими качественными и количественными показателями, с минимальными экономическими затратами [15, 11].

Многие насекомые, особенно ночные, демонстрируют положительный фототаксис при искусственном освещении. В работе [13] ловушки используются для мониторинга и управления популяциями насекомых-вредителей и играют решающую роль в физическом контроле над вредителями. Эффективное использование световых ловушек для привлечения насекомых-вредителей является важной темой в применении комплексной борьбы с вредителями. Фототаксические реакции насекомых варьируются в зависимости от вида, характеристик света и физиологического статуса насекомых. Кроме того, свет может вызывать несколько биологических реакций, в том числе биохимические, физиологические, молекулярные и физические изменения у насекомых [13].

Рис является основным источником продовольствия в ряде стран (Индонезии и других), потребности в котором растут с каждым годом. Минимальное наличие риса на рынке вызвано дефицитом запаса риса в складских помещениях из-за наличия складских вредителей. Помимо уменьшения количества и качества риса, они существенно увеличивают финансовые потери фермеров. В работе [8] предложен метод полной ловушки – сочетание физического и химического контроля. Управление осуществлялось фиолетовыми огнями и химическими пестицидами, увлажнителями с разноцветными огнями и феромонами насекомых. Результаты показали, что популяция складских вредителей существенно уменьшается, а качество риса повышается.

Таким образом, в современном сельскохозяйственном производстве остро стоит проблема перехода борьбы от химического метода, загрязняющего среду, к биологическим и физическим, экологически чистым методам борьбы с вредителями.

Исходя из вышесказанного, специалистам и ученым аграрного сектора необходимо найти оптимальные пути и методы борьбы с сельхозвредителями, только в этом случае можно увеличивать урожаи сельхозкультур.

Материалы и методы. В основе исследований использовались электрофизические методы, являющиеся, на наш взгляд, наиболее эффективными и экологически безопасными.

Кроме того, использовался интегрированный способ защиты растений, сочетающий биологический и электрофизический методы для мониторинга и уничтожения насекомых и бабочек.

Результаты и обсуждение. За последние годы научно-исследовательскими учреждениями разработаны и внедряются в производство комплексные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков, которые предусматривают рациональное использование и сочетание организационно-хозяйственных, экономических, агротехнических и других мероприятий.

Основная задача защиты растений от насекомых-вредителей и болезней – полная ликвидация или уменьшение потерь урожая до хозяйственно-неощутимых размеров на основе использования интегрированных систем защиты растений, безопасных для человека и окружающей среды. Ученые провели большую работу по установлению видового состава вредителей, выявлению болезней, определению вредоносности, разработке мер борьбы с наиболее опасными вредителями и болезнями растений.

Интегрированная защита растений является наиболее перспективным направлением решения проблемы. Совокупность рациональных приемов, применяемых на основе информации о видах, численности популяции и соотношений вредных и полезных насекомых в массиве сельскохозяйственных культур, фазе развития, сроках вредоносности насекомых и т.п. Качество мониторинга численности и вида насекомых-вредителей определяется за счет проведения интегрированной защиты растений, в состав которой входят химические и электрофизические методы.

Более подробно рассмотрим методы электрофизической борьбы с насекомыми-вредителями, в состав которых входят электрические световые ловушки [5, 3].

К современным перспективным методам учета летающих насекомых с положительным фототаксисом (свойство клеток и микроорганизмов ориентироваться и двигаться по направлению к или от источника света, характерное, прежде всего, для фототрофных – общее название организмов, использующих свет в качестве источника энергии) следует отнести светоловушки. Они позволяют с малыми затратами времени и средств получать объективную информацию о видовом и половом составе, сроке и динамике полета, вызревании яйцепродукции и плодовитости многих видов сельхозвредителей.

Уловистость, то есть привлекательность световой ловушки, зависит от типа, мощности и спектра излучения устанавливаемой лампы, а также от агрометеорологических условий (влажность и температура воздуха, ветер, давление воздуха и т.д.).

Конструкции электрических световых ловушек чрезвычайно разнообразны, это касается источника света и тока, ловчего механизма. Принцип их действия заключается в том, что приближающиеся ночью к свету насекомые теряют устойчивость в полете и падают в установленный под светодиодами феромон ловушки или другие уловители.

В работе [6] приведены известные на сегодняшний день конструкции светоловушки для мониторинга численности и фаз развития насекомых. Кроме этого, проведен теоретический анализ конструкции одноцелевой светоловушки.

Наши конструкции собраны следующим образом [12]. В качестве источника света были использованы светодиоды, излучающие различные спектры: зелёные, белые, желтые и синие (рисунки 1, 2). В качестве источника питания использовалась солнечная батарея с постоянным напряжением 12 В. В приспособлении основным элементом является реле сумерек. Роль реле сумерек заключается в следующем: когда наступают вечерние сумерки, реле автоматически подключает светодиоды к аккумуляторной батарее. При этом горит один из четырёх нами выбранных цветов светодиодов. Светодиоды могут работать при различных яркостях. Регулировка подачи напряжения на светодиод осуществляется с помощью переменного резистора. Таким образом, можно регулировать яркости светодиодов.

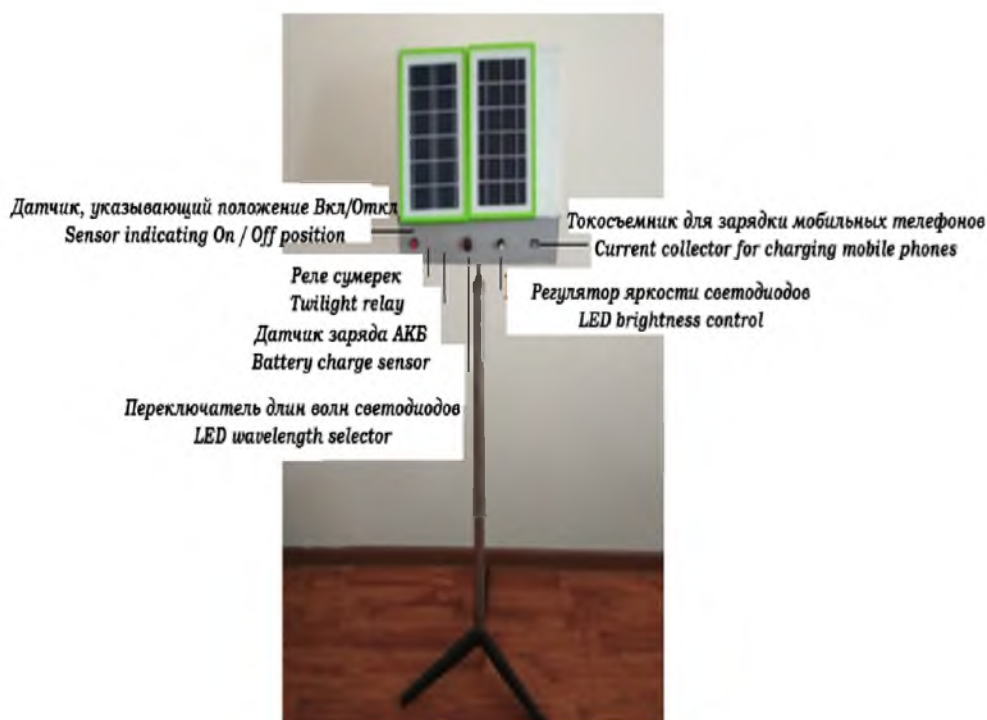


Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной световой ловушки

Figure 1 – General view of the experimental light trap

Когда наступает светлое время суток, реле автоматически отключает светодиоды от источника питания, который автоматически подключается к солнечной батарее. Для контроля уровня заряда аккумулятора, а также для предотвращения утечки тока в солнечной батарее в ночное время на схеме подключены регулирующие диоды. Общий вид устройства приведен на рисунке 1.

Был проведен ряд опытов по ловле бабочек, и результаты экспериментов показывают, что уловы многих видов насекомых можно значительно повысить, если подобрать спектр света, обладающий высокими привлекающими свойствами. Светоловушки привлекают тех насекомых, активный лёт которых происходит в сумерках или ночное время, бабочек, которые прилетают на свет и падают на феромон ловушки. Таким образом, в нашем случае два метода борьбы с сельхозвредителями – электрофизические и биологические – интегрированы.

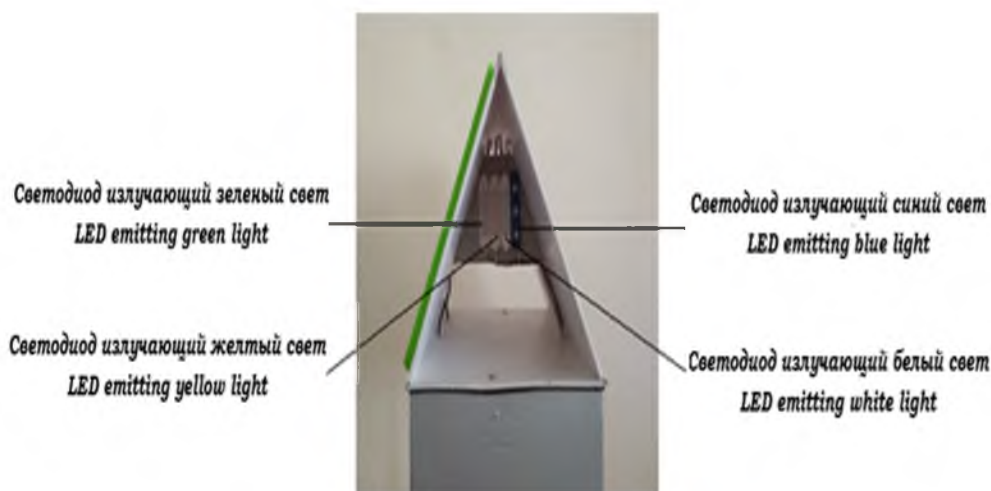


Рисунок 2 – Расположение светодиодов, излучающих волны различной длины

Figure 2 – Location of LEDs emitting waves of various lengths

Кроме этого, сюда можно легко подключить механические методы. При помощи картонной бумаги или другого доступного материала можно создавать цилиндрические, конусообразные трубки. При таких уловах насекомым не причиняется вреда. При этом без каких-либо трудностей можно проводить мониторинг по сорту бабочек. В биологических методах часто используются различные приманки (аттрактанты), когда вредители прилетают на запах приманки для питания (пищевые) и особи разного пола ищут себе пару для спаривания (половые приманки). Отличие нашего устройства от светоловушек, приведенных в работе [1], в следующем: в нашем случае система включает в себя светодиоды, излучающие волны различной длины: синие, зеленые, желтые и белые, а также имеется реле сумерек и резистор, регулирующий яркости светодиодов.

Заключение. Таким образом, созданные установки, представляющие собой усовершенствованный интегрированный метод, экологически безопасны, просты в применении и не требуют частых вмешательств. В ближайшем будущем необходимо усовершенствовать устройства, работающие на основе фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) и светодиодов, излучающих волны различной длины, а также реле сумерек, и проводить мониторинг по численности и фазам развития насекомых-вредителей: какие спектры привлекают в большей степени полезных или вредных насекомых. После проведенных экспериментов необходимо определить оптимальные варианты улавливания вредных насекомых, начать серийные производства световых ловушек для своевременного обеспечения сельскохозяйственных предприятий.

Библиографический список

1. Безрученок Н.Н., Тыновец С.В. Применение биоинсектицида лепидоцидп против комплекса чешуекрылых вредителей на голубике высокорослой // Веснік палескага дзяржаўнага універсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. 2018. №2. С. 11-18.

2. Возмилов А.Г., Дюрягин А.Ю., Суринский Д.О.. Светоловушки для проведения мониторинга численности и фазы развития насекомых-вредителей // Вестник ЧГАА. 2010. Т. 57. С. 27-30.
3. Возмилов А.Г., Дюрягин А.Ю., Суринский О.Д. Методика расчета основных геометрических параметров однощелевой светоловушки // Достижения науки и техники АПК. 2011. №04. С. 77-78.
4. Дубик В.М. Защита плодовых культур от насекомых-вредителей // Вісник НТУ «ХП». 2011. № 12. С.123-129.
5. Савчук И.В., Суринский Д.О., Русаков И.А. Математическая модель расчета конструктивных параметров видеосветоловушки // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (127). С. 81-88.
6. Сулаймонов Б.А., Сапаев Б., Сапаев И.Б. Разработка светоловушек для мониторинга сельхозвредителей на основе светодиодов и фотоэлектрических преобразователей // Образование и спорт в эпохи: международная конференция 13-14 ноября 2018 г. Ашгабад, 2018.
7. Суринский Д.О. Результаты экспериментальных исследований и устройства для мониторинга насекомых-вредителей // Вестник КрасГАУ. 2014. №12. С. 208-214.
8. Тенденции развития интегрированного способа защиты растений от насекомых-вредителей / Д.О. Суринский, И.В. Савчук, Е.В. Соломин, А.Г. Возмилов //Альтернативная энергетика и экология. 2013. № 9 (131). С. 65-71.
9. Inventory and taxonomy of phlebotomine sand flies of the mokolo leishmaniasis focus, northern cameroon, with description of new sergentomyia taxa (diptera: Psychodidae) / A. N.Tateng, V.K. Payne, O. B. Ngouateu, O. D. Kirstein, A. Warburg, E. von Stebut,... A. Krüger // Acta Tropica. 2019. Vol. 194. P. 172-180. doi:10.1016/j.actatropica.2019.04.006.
10. Hogsette J. A. Turning ultraviolet light traps on and off increases their attraction to house flies (diptera: Muscidae) // Journal of Insect Science. 2019. Vol. 19(1). doi:10.1093/jisesa/iey126.
11. Field performance of a low cost, simple-to-build, non-motorized light-emitting diode (LED) trap for capturing adult anopheles mosquitoes (diptera: Culicidae) // F. S. Silva, B.M. Costa-Neta, M. de Sousa de Almeida, E.C. de Araújo, J.V.C. Aguiar // Acta Tropica. 2019. Vol. 190. P. 9-12. doi:10.1016/j.actatropica.2018.10.014.
12. Full trap method in handling warehouse pests in ledokombo, jemmer / I. Erdiansyah, F. Mayasari, S. U. Putri, V. Kartikasari, // Eliyatinationsih Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 207(1) doi:10.1088/1755-1315/207/1/012040 Retrieved from www.scopus.com.
13. Kim K., Huang Q., Lei C. Advances in insect phototaxis and application to pest management: A review // Pest Management Science. 2019. doi:10.1002/ps.5536.
14. Song, Y., Kim, M., Lee, S. A counting method for the number of sternolophus rufipes and hydrochara affinis in a noisy trap image // Journal of Asia-Pacific Entomology. 2019. Vol. 22(3). P. 802-806. doi:10.1016/j.aspen.2019.06.003.
15. The addition of a pheromone to a floral lure increases catches of females of the click beetle agriotes ustulatus (schaller) (coleoptera: Elateridae) / M. Tóth, L. Furlan, I. Szarukán, A. Nagy, J. Vuts, T. Toshova... Z. Imrei //Journal of Chemical Ecology. 2019. Vol. 45(8). P. 667-672. doi:10.1007/s10886-019-01087-z.

Информация об авторах

Сулаймонов Ботиржон Абдушукирович, ректор Ташкентского государственного аграрного университета, доктор биологических наук, академик АН РУз

Овчинников Алексей Семенович, член-корреспондент РАН, ректор Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7566-108X> E-mail: aleksov50@mail.ru

Сапаев Байрамдурды, заведующий кафедрой «Физика и химия» Ташкентского государственного аграрного университета (РУз, 100140, г. Ташкент, ул. Университетская 2, доктор физико-математических наук, профессор, +99899 – 888-10-69, E-mail: sapaev.60@mail.ru.

Бочарников Виктор Сереевич, первый проректор Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., 26), доктор технических наук, доцент E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Сапаев Иброхим Байрамдурдыевич, заведующий кафедрой «Физика и химия» Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (РУз, 100000, г. Ташкент, ул. Кари Ниязий, 39), PhD, доцент, +99890 – 910-86-85, E-mail: mohim@inbox.ru

Фомин Сергей Денисович, заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, профессор кафедры «Механика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, доцент ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> fsd_58@mail.ru

Эркинов Зухриддин Шавкатович, студент, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, (РУз, 100000, г. Ташкент, ул. Кари Ниязий 39)

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.674

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-40

УПРАВЛЕНИЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМИ В АГРОФИТОЦЕНОЗАХ ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

MANAGEMENT OF PHYSIOLOGICAL AND HYDROTHERMAL PROCESS IN AGROPHYTOCENOSIS BY IMPROVEMENT OF IRRIGATION SYSTEMS FOR ITS IMPLEMENTATION

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

А.В. Майер², кандидат сельскохозяйственных наук

С.В. Бородычев², инженер

N.N. Dubenok¹, A.V. Mayer², S.V. Borodychev²

¹РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, г. Москва

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev»*

²*Federal State Budget Scientific University
«All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation
named after A.N. Kostyakov», Moscow*

Дата поступления в редакцию 13.06.2019

Received 13.06.2019

Дата принятия к печати 15.09.2019

Submitted 15.09.2019

В системе мероприятий по рационализации и совершенствованию использования природных богатств в бассейне реки Волги Волгоградской области существенное значение приобретают комбинированные способы орошения с активацией поливной воды. Активация воды может достигаться различными приемами: изменение молекул кристаллических решёток, насыщение молекулами углекислого газа и ее магнитная обработка. Эти приемы отличаются простотой технологии и дешевизной осуществления, позволят в сочетании с комбинированным (капельное орошение + мелкодисперсное дождевание) способом орошения и оптимальными водным и питательным режимами обеспечивать при всех равных условиях с поливом обычной водой прибавку урожая овощных культур до 20...25 % при существенном улучшении их качества, снижения расходов воды на единицу урожая и удешевления себестоимости получаемой продукции. Применение при орошении томатов магнитоактивированной воды является одним из радикальных средств повышения продуктивности орошаемого гектара. Вода, обработанная магнитным полем, существенно стимулирует интенсивность роста растений, повышает их облиственность, количество соцветий, массу плодов, а

также способствует утолщению стебля, равномерности корней в горизонтальном и вертикальном направлениях, повышает их массу до 10 ц/га. При этом установлено, что на варианте с поливом МАВ в листьях растений содержалось больше хлорофилла, более активно проявлялась микробиологическая активность почвы. Активация поливной воды углекислым газом также должна положительно отразиться на выращивании сельхозпродукции. Исследованиями доказано, что содержание углекислого газа в межклетниках во много раз больше, чем в окружающем воздухе. Уровень содержания углекислого газа внутри листа зависит от интенсивности дыхания и фотосинтеза и, в меньшей степени – от содержания углекислоты в окружающем воздухе. Основным источником углекислого газа является почва.

In the system of measures to rationalize and improve the use of natural resources in the Volga river basin of the Volgograd region, combined methods of irrigation with activation of irrigation water are essential. Water activation can be achieved by various methods: changing the crystal lattice molecules, saturation with carbon dioxide molecules and its magnetic treatment. These techniques are notable for the simplicity of technology and low cost of implementation, which, in combination with the combined (drip irrigation + fine irrigation) irrigation method and optimal water and nutrient regimes, provide, under all equal conditions, with ordinary water, an increase in the yield of vegetable crops up to 20 ... 25%, with a significant improvement in their quality, reduction of water consumption per unit of yield and cost reduction of the cost of production. The use of magnetically activated water in tomato irrigation is one of the radical means of increasing the productivity of the irrigated hectare. Water treated with a magnetic field significantly stimulates the growth rate of plants, increases their leafiness, the number of inflorescences, and the mass of fruits. It contributes to thickening of the stem, uniformity of roots in the horizontal and vertical directions, increases their weight to 10 kg / ha. It was found that in the case of watering with MAB, more chlorophyll was contained in the leaves of the plants, the microbiological activity of the soil was more active. Activation of irrigation water with carbonic acid gas should also have a positive effect on the cultivation of agricultural products. Studies have shown that the content of carbon dioxide in the intercellular spaces is many times greater than in the surrounding air. The level of carbon dioxide inside the sheet depends on the intensity of respiration and photosynthesis, and to a lesser extent on the content of carbon dioxide in the surrounding air. The main source of carbon dioxide is soil.

Ключевые слова: комбинированное орошение, активация воды, магнитные аппараты, углекислый газ.

Keywords: combined irrigation, water activation, magnetic devices, carbon dioxide.

Работа выполнена по государственному заданию № 075-00667-19-00 (2019-2021 гг.)

Цитирование. Дубенок Н.Н., Майер А.В., Бородычев С.В. Управление физиологическим и гидротермическим процессами в агрофитоценозах путем совершенствования оросительных систем для его осуществления. *Известия НВ АУК.* 2019. 3 (55). 313-322. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-40.

Citation. Dybenok N. N., Mayer A. V., Borodychev S.V. Management of physiological and hydrothermal process in agrophytocenosis by improvement of irrigation systems for its implementation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 313-322. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-40.

Введение. Создание и разработка принципиально новых технических средств в области мелиорации играют немаловажную роль в решении ирригационных задач при возделывании сельскохозяйственной продукции [1, 11]. Проведенные зарубежными, советскими и современными учеными исследования свидетельствуют о целесообразности широкого производственного использования метода газирования и метода магнитной обработки поливной воды при возделывании овощных культур. Рассматриваемый прием магнитной обработки поливной воды (по данным Е.В. Лабутиной) способствовал повышению урожая плодов томата, снижению себестоимости производства продукции и увеличению чистого дохода в хозяйстве. Так, применение этого технологиче-

ски простого и безопасного метода на протяжении пяти лет в Совхозе «Лебяжья Поляна» при орошении томатов на площади, возросшей к последнему году с 19 до 300 гектаров, позволило получить прибавку чистого дохода в сумме 627,538 тысяч рублей (в ценах 1983-1987 гг.). Постановка и выполнение экспериментальных исследований проводились в производственных условиях на орошаемом массиве полей севооборота площадью от 19 до 30 га. Полив осуществлялся дождевальным агрегатом ДДА-100МА, одно крыло которого оборудовалось аппаратами для магнитной обработки воды (АМОВ-3М), другое работало в обычном режиме, без аппаратов. Величина суммарного водопотребления при поливе магнитно-активированной водой (МAB) по всем вариантам увлажнения была ниже, чем при поливе обычной водой в среднем на $117 \text{ м}^3/\text{га}$, что объясняется сокращением периода вегетации и снижением физического испарения влаги с поверхности почвы за счет ускоренного просачивания поливной воды и большего затенения поля развитой кроной растений. Применение полива МAB усиливает микробиологическую деятельность почвы и снижает количество больных растений в среднем за годы исследований на 55 % (Лабутина Е.В., 1985... 1987 гг.).

Попытки повысить концентрацию углекислоты в поле известны уже давно. Так, Ф.Р. Идель в опытах с утилизацией очищенных дымовых газов получил увеличение урожая свеклы в 1,5 раза, по сравнению с контролем. Лундегард (Lundegard., 1924) получил прибавку урожая корней свеклы на 10 % при подкормке чистым углекислым газом. В опытах Стоклазы с увеличением концентрации углекислоты до 0,1, 0,22 и 0,30 % также наблюдалось увеличение веса корня соответственно на 234, 250, 272 г. В полевых опытах опытной станции в Монстере, где углекислоту давали ежедневно в течение двух часов утром и двух часов после полудня, получен урожай свеклы в 1075 ц/га против 875 ц/га в контроле (Ковалев, 1934). В вегетационном опыте З. Журбицкий (1928) давал углекислый газ по утрам 44 раза из расчета, чтобы в воздухе, окружающем растения, было 5 % углекислого газа. Удобрение дало положительную тенденцию. Эти результаты позволяют считать, что в естественных условиях повышенное содержание углекислого газа в воздухе приводит к интенсивности фотосинтеза и повышению урожая. Поэтому улучшение условий для поступления углекислого газа (ликвидация дневной депрессии и освежающие поливы с удобрением CO_2) должно найти применение в качестве мероприятий для повышения урожая. Максимальная доза удобрения углекислым газом при поливе растений составляет 100 тонн воды на 300 кг CO_2 [7-9]. Аэробное дыхание корней растений заключается в непрерывном поглощении кислорода и выделении углекислого газа.

Способ капельного орошения в сочетании с мелкодисперсным дождеванием является одним из основных способов орошения многолетних и овощных культур, позволяющих регулировать водный и воздушный режимы в агрофитоценозах [2-6]. В исследованиях, проведенных в России и за рубежом, применение ресурсосберегающих способов орошения находится в стадии интенсивного развития стационарных установок, разработка которых приведет к новым конструктивно развитым технологиям при создании гидромелиоративных систем орошения, в которых появится возможность не только применять не только функции орошения, но и решать задачи усовершенствования физиологического характера [10, 14-18].

Материалы и методы. Исследованиями установлено, что применение метода магнитной обработки воды сокращает ее удельный расход за счет снижения физического испарения с облака дождя и с поверхности орошаемого поля, позволяет снизить оптимальную норму внесения минеральных удобрений. Для улучшения углеродного питания овощей в условиях депрессии содержание углекислого газа Н.М. Константинов (1950) применил метод газирования поливной воды углекислым газом. При шести-

кратном поливе с углекислым газом был получен следующий эффект: полив водой дал прибавку урожая 18 %, а полив газированной водой (CO_2) – 46 %. Величина листовой пластинки свеклы была больше, чем в контроле. Достоинство полива газированной водой заключается в простоте способа и относительно медленном (до шести дней) освоении углекислоты из воды, впитавшейся в почву. Исследованиями также установлено, что в атмосфере с повышенным содержанием углекислого газа растения заметнее, чем обычно, дифференцируются по интенсивности фотосинтеза. Рюш (Jürgen, Ruch, 1935) сообщает, что в вегетативном домике при увеличении содержания углекислоты до 0,5 % удавалось существенно повысить урожай на 100 % и более. Разработка комбинированной системы орошения с введением конструктивных элементов с функциями полива растений активированной магнитной водой и газирования поливной воды на фоне приема комбинированного орошения, т.е. капельное орошение в сочетании с мелкодисперсным дождеванием, несомненно, приведет, к положительному эффекту. По исследованиям Е.В. Лабутиной (1985...1987 гг.) опыты по магнитной активации воды проводились по трехфазной схеме: качество поливной воды (фактор А), режим увлажнения (фактор В), минеральное питание (фактор С). На двух фонах использовали для орошения природную воду и воду с магнитной обработкой. На основе этого выявляли фотосинтетическую деятельность, влияние поливов на химический и минеральный составы почвы и урожай томатов. Опытным путем автором были достигнуты заслуживающие внимания положительные результаты урожая и качества плодов томатов.

Технология насыщения поливной воды кислородом заключается в следующем: поливная вода набирается в накопительный бак емкостью 5...10 м³, затем в поливную воду добавляется перекись водорода, из расчета 350 г перекиси водорода на 1 м³ поливной воды. Полученная смесь настаивается до 24 часов, и в результате реакции поливная вода, насыщенная кислородом, готова к применению, в нашем случае, к вегетативным поливам. Поливная насыщенная кислородом вода из емкости подается малым насосом в необходимый модуль посредством универсальной системы комбинированного орошения. Время использования насыщенной кислородом поливной воды 1...1,5 месяца. Срок хранения перекиси водорода – до одного года.

При активации поливной воды углекислым газом использовались методологические указания открытого общества ВНИИГ им Б.Е. Веденеева. Содержание общей двуокиси углерода (х) в мг/л определяем по формуле:

$$X = \frac{(ak_1 - bk_2) \cdot 22 \cdot 1000}{V},$$

где а – объем прибавленного 1 н., раствора HCl , мл, k – поправочный коэффициент для приведения концентрации раствора HCl к точно 1 н; b – израсходованное количество 1 н., раствора NaOH , мл; k₂ – поправочный коэффициент для приведения нормальности раствора NaOH к точно 1 н; V – объем пробы, взятой для анализа, мл, 22 – эквивалент CO_2 .

Контроль и качество углекислого газа (CO_2) проводится прибором-измерителем с индикатором уровня его концентрации. Для объективной оценки результатов исследований опыты закладывались в соответствии с общепринятыми методиками. Разработка комбинированной системы орошения проводится на основании обобщения опыта НИОКР, проводимых в ВНИИГ и М и крестьянско-фермерских хозяйствах Волгоградской области.

Результаты и обсуждение. Проведенные во время полевых опытов фенологические наблюдения показали, что растения, поливаемые МАВ, на три пять дней опережали в развитии растения, поливаемые обычной водой, формировали большую вегетативную массу и с большим количеством плодов, причем с улучшенными вкусовыми каче-

ствами. На вариантах с поливом МАВ в листьях растений содержалось больше хлорофилла, отмечена повышенная активность микробиологической деятельности почвы. Возросла экономическая эффективность за счет повышения урожайности плодов. Поэтому мы решили использовать магнитные аппараты в системе капельного орошения путем усовершенствования ее конструкции. Нами была предложена установка магнитных аппаратов на поливные трубопроводы капельной системы орошения.

Принцип работы усовершенствованной системы орошения состоит в следующем: поливная вода из водозабора 1 транспортируется через фильтровальную станцию 3 к распределительному трубопроводу 4, и через магнитные аппараты 5 вода подается посредством капельных трубопроводов 6 к капельным водовыпускам (рисунок 1).

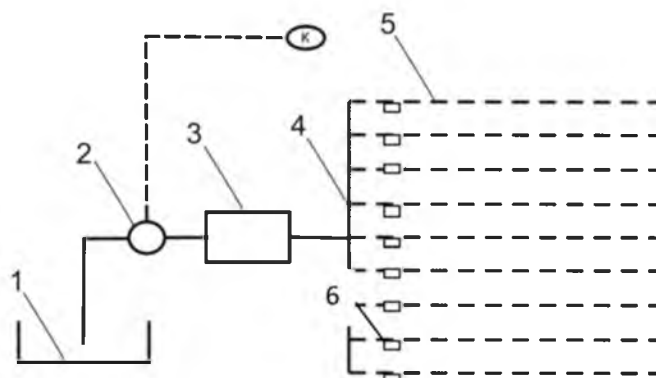


Рисунок 1 – Система капельного орошения с активацией магнитной воды:

1 – водозабор; 2 – насосная станция; 3 – блок фильтров; 4 – распределительный трубопровод;
5 – капельный трубопровод; 6 – магнитные аппараты; к – контролер

Figure 1 – Drip irrigation system with magnetic water activation:

1 – water intake; 2 – pump station; 3 – filter block; 4 – distribution pipe; 5 – drip pipe; 6 – magnetic devices; k – controller

Следующий конструктивный шаг по совершенствованию системы капельного орошения для управления физиологическим процессом – это осуществление процесса фотосинтеза. Для этого необходимо, чтобы температура и содержание углекислоты в окружающей среде находились в определенных пределах. Влияние содержания углекислого газа на интенсивность фотосинтеза впервые начали изучать Сосюра, Буссенго и В.Н. Любименко. Если попытаться составить баланс углекислоты, то окажется, что в окружающем воздухе ее несравненно меньше чем требуется растениям. Катунский В.М. пришел к заключению, что в условиях высокой агротехники низкое содержание углекислого газа лимитирует продуктивность фотосинтеза.

Изучив опыты по влиянию CO_2 на фотосинтез и в целом на физиологический процесс произрастания и развития растений, мы предложили ввод в эксплуатацию системы капельного орошения блока питания углекислым газом, который после насыщения CO_2 поливной воды будет контролировать ее концентрацию и в случае необходимости дополнительно активировать воду насыщением углекислоты как внутри почвы, так и в приземном слое воздуха посредством комбинированной системы орошения.

Принцип работы такой системы заключается в следующем: поливная вода из водозабора 1 подается насосом 2 в фильтрующий элемент 5 очистки воды и транспортируется посредством распределительного трубопровода 6 в поливные трубопроводы с капельными водовыпусками 7. При необходимости подачи углекислого газа открываем кран 4 блока питания CO_2 3, и углекислый газ смешивается с поливной водой системы орошения и подается к растениям (рисунок 2).

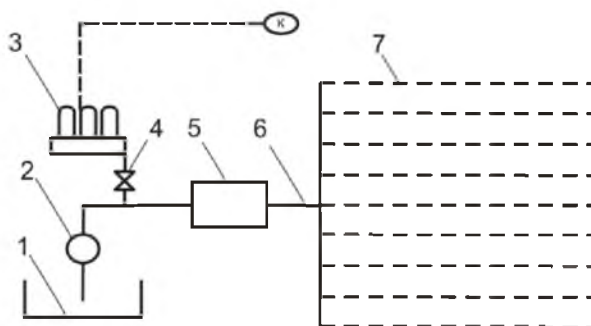


Рисунок 2 – Система капельного орошения с применением CO₂:

1 – водозабор; 2 – насосная станция; 3 – блок CO₂; 4 – задвижка; 5 – блок фильтров;
6 – распределительный трубопровод; 7 – поливной трубопровод; к – контролер

Figure 2 – A drip irrigation system using CO₂:

1 – water intake; 2 – pump station; 3 – CO₂ block; 4 – gate valve; 5 – filter block;
6 – distribution pipe; 7 – irrigation pipe; k – controller

Капельная система орошения, несмотря на большие преимущества, не может обеспечить поддержание всех оптимальных параметров климатических факторов для роста и развития выращиваемых культур. Капельное орошение эффективно решает проблему рельефа, с высокой точностью выдерживает заданные параметры зоны увлажнения и порога предполивной влажности почвы, поддерживает заданные уровни минерального питания, а в сочетании его с мелкодисперсным дождеванием регулирует фитоклимат поля. Объединение капельного орошения с мелкодисперсным дождеванием определило наши дальнейшие разработки по усовершенствованию системы капельного орошения.

Наибольшее распространение в настоящее время имеют технологии и техника орошения, основанные на принципе периодической концентрации влаги в активном слое почвы, которые обладают рядом недостатков, основным из которых является невозможность обеспечения строго оптимального уровня влажности почвы на протяжении всего вегетативного периода развития растений. Оптимальным является принцип непрерывного водообеспечения растений и почвы оросительной водой в соответствии с их водопотреблением. Этому принципу соответствует капельное орошение в сочетании с мелкодисперсным дождеванием (МДД). Капельное орошение обеспечивает поливной режим почвы и питательный режим растений. Мелкодисперсное дождевание проводится в жаркие часы суток при температуре окружающего воздуха более 25⁰. При мелкодисперсном дождевании создается диспергированное облако с водяными каплями размером 500...600 микрон, которое обеспечивает микроклимат поля. Ввод в систему капельного орошения функцию МДД позволит осуществлять мелкий распыл водных капель, это даст возможность опылять растения, вносить с поливной водой ростовые вещества и бороться с ранними заморозками.

Принцип работы комбинированной системы орошения (капельное орошение в сочетании с МДД) заключается в следующем: поливная вода из источника 1 подается насосной станцией 2 в систему орошения и транспортируется через блок фильтров 3 к распределительному трубопроводу 4, затем вода поступает в поливные трубопроводы 6 орошаемого модуля. Мелкодисперсное дождевание осуществляется посредством распылительных насадок 7, при давлении воды в поливных трубопроводах до 0,01 МПа на полив работают компенсированные капельницы. При увеличении давления в поливных

трубопроводах 5 выше 0,01 МПа в работу вступают распылительные насадки мелко-дисперсного дождевания 7, клапана которых настроены на полив при давлении поливной воды в поливных трубопроводах более 0,01 МПа (рисунок 3).

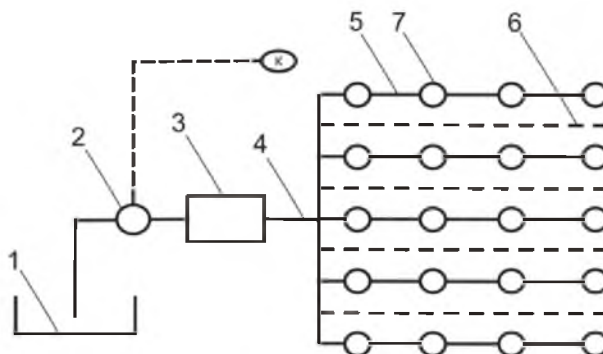


Рисунок 3 – Система капельного орошения + МДД:

1 – водоисточник; 2 – насосная станция; 3 – блок фильтров; 4 – распределительный трубопровод; 5 – комбинированный трубопровод; 6 – капельный трубопровод; 7 – распылительные насадки

Figure 3 – Drip irrigation system + DMD:

1 – water source; 2 – pumping station; 3 – filter block; 4 – distribution pipeline; 5 – combined pipeline; 6 – drip pipe; 7 – spray nozzles

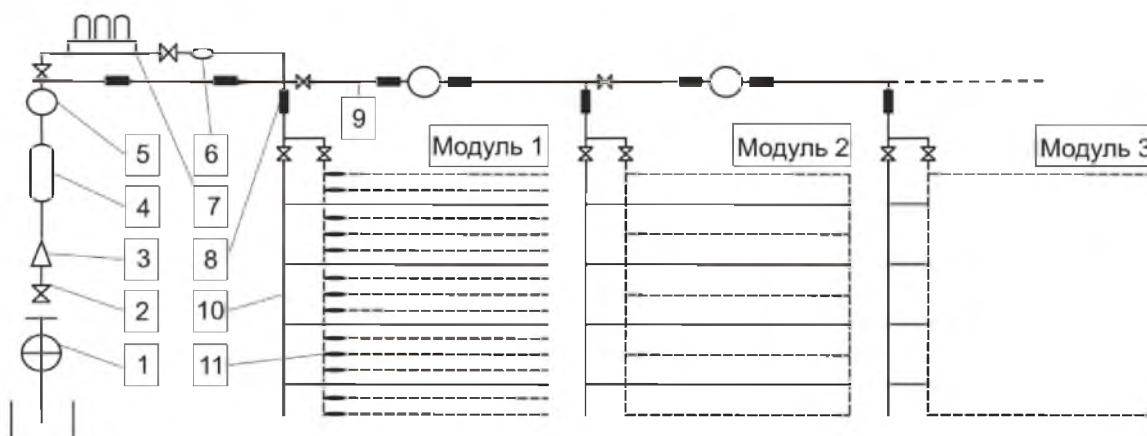


Рисунок 4 – Система комбинированного орошения:

1 – насосная станция; 2 – задвижка; 3 – контролер; 4 – блок фильтров; 5 – регулятор давления воды; 6 – смеситель H_2O и CO_2 ; 7 – углекислый газ; 8 магнитные аппараты; 9 – транспортирующий трубопровод; 10 – распределительный трубопровод; 11 – поливной трубопровод с капельницами

Figure 4 – Combined irrigation system:

1 – pump station, 2 – gate valve, 3 – controller, 4 – filter block, 5 – water pressure regulator, 6 – H_2O and CO_2 mixer, 7 – carbon dioxide, 8 – magnetic devices, 9 – transport pipeline, 10 – distribution pipeline, 11 – irrigation pipe with droppers

Усовершенствование капельного орошения дополнительными функциями посредством конструктивных элементов для управления физиологическим процессом в агрофитоценозах также послужит стабилизирующим фактором для роста и развития растений и, безусловно, поспособствует созданию благоприятных условий для выращивания сельскохозяйственной продукции. В дальнейших наших исследованиях решалась задача по объединению технологических приемов в одну гидромелиоративную

комбинированную систему орошения и полной ее автоматизации в системе агропромышленных мероприятий по повышению продуктивности овощных и многолетних культур с возможностью регулирования гидротермического режима при выращивании сельскохозяйственной продукции (рисунок 4).

Принцип работы комбинированной системы орошения: оросительная вода насосной станцией 1 подается в блок фильтров 4 грубой и мелкой очистки и транспортируется по транспортному трубопроводу 9 к распределительным трубопроводам 10, затем к поливным трубопроводам 11. Давление поливной воды по модулям (1, 2, 3) орошаемого массива поддерживается посредством регуляторов давления 5, автоматический процесс осуществляется компьютером через измерительные датчики и контроллеры 2. Для орошения растений омагниченной водой в комбинированной системе поливные трубопроводы 11 (а при необходимости – транспортирующий и распределительные трубопроводы) снабжены магнитными аппаратами 8. При орошении поливного массива насыщенной CO_2 поливной водой в системе орошения предусмотрен блок баллонов 7 с углекислым газом, и при открытии задвижки углекислый газ подается в смеситель 6, где он, смешиваясь с поливной водой и достигая необходимой концентрации, подается к корням растений и на их листовую поверхность посредством МДД. Режим мелкодисперсного дождевания в комбинированной системе орошения осуществляется с помощью задвижек изменением водяного давления посредством поливных капельных трубопроводов, подсоединённых к распределительному трубопроводу 10, предназначенному для МДД. Снабжение распылительных насадок поливной водой происходит через герметичное соединение мягких трубок с поливными трубопроводами. Насадки МДД крепятся на металлических стойках круглого сечения.

Заключение. Разработанная на базе капельного орошения система комбинированного орошения с дополнительными функциями активации поливной воды и мелкодисперсного дождевания позволит управлять физиологическим процессом при выращивании овощных и многолетних культур, контролировать гидротермический режим возделываемого массива. Предложенная многофункциональная система комбинированного орошения окажет положительный эффект при закладке полевых опытов для дальнейших исследований технических и технологических процессов. К примеру, дооборудованные системы малоинтенсивного орошения и использование поливных участков по модулям позволят расширить изыскания, ставить опыты одновременно с разными поставленными задачами, причем задействовать не одну, а несколько сельскохозяйственных культур для достижения получения запрограммированных урожаев.

Библиографический список

1. Бородычев В.В., Конторович И.И., Лытов М.Н. Научные разработки ВФ ВНИИГиМа // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 5-6. С. 8-10.
2. Бочарников В.С., Мещеряков М.П. Новые приемы возделывания овощных культур в системе водосберегающего орошения // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2014. № 4. С. 54.
3. Васильев С.М., Коржова Т.В., Шкура В.Н. Технические средства капельного орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. С. 159.
4. Добрачев Ю.П., Соколов А.П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природоустройство. 2016. № 3. С. 90-96.
5. Дубенок Н.Н., Майер А.В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
6. Дубенок Н.Н., Майер А.В. Комбинированная гидромелиоративная система для орошения садовых насаждений // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 43-51.

7. Кизяев Б.М., Бородычев В.В. Эффективность минерального питания овощных культур при капельном орошении // Плодородие. 2016. № 5. С. 18-21.
8. Курбанов С.А., Майер А.В. Исследование системы капельного орошения и мелко-дисперсного дождевания // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 5-9.
9. Майер А. В., Бочарников В.С. Технические средства и технология комбинированного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 2. С. 3-8.
10. 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. С. 170-185.
11. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, А.С. Овчинников, В.С. Бочарников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. №4. С. 21-28.
12. Перспективная система управления водным режимом почвы и микроклиматом / А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, М.Ю. Храбров, В.М. Гуренко// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. С. 6-12.
13. Эффективность возделывания томата на светло-каштановых почвах при капельном орошении с использованием электрохимически активированной воды / С.Я. Семенов, М.Н. Лытов, Е.И. Чушкина, А.Н. Чушкин // Плодородие. 2014. №3. С. 38-39.
14. Angold Ye., Zarkov V.A. Spezial features of drip-sprinkler irigazion technology// Water Supplu. Issue 14-15. P. 841-849.
15. Balloon-borne measurements of temperature, water vapor, ozone and aerosol backscatter on the southern slopes of the himalayes during StratoClim 2016-2017 / S. Brunamonti, T. Jorge, P. Oelsner, S. Hanumanthu, B. B. Singh, K. Ravi Kumar, T. Peter // Atmospheric Chemistry and Physics. 2018. Vol. 18. P. 21-29. 15937-15957. doi:10.5194/acp-18-15937-2018.
16. Pross S., Sutton B., Batamm M. Komplentingmikro -irigaziontechnology with ivprjvtdirigazionmanagement based on krop and soil parameters // Inter Water irrigate. 2008. Vol. 23 №4. P. 300-330.
17. The use of electrolyzed water as a disinfectant for minimally processed apples / A. Graca, M. Abadias, M. Salazar, C. Nunes // Postharvest biology and technology. 2011. Vol. 61. I. 2-3. P. 172-177.
18. Zhang J., Yang H., Chan J.Z.Y. Development of portable flow-through electrochemical sanitizing unit to generate near neutral electrolyzed water // Journal of Food Science. 2018. Vol. 83. № 3. P. 780-790.

Reference

1. Borodychev V. V., Kontorovich I. I., Lytov M. N. Nauchnye razrabotki VF VNIIGiMa // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2014. № 5-6. P. 8-10.
2. Bocharnikov V. S., Mescheryakov M. P. Novye priemy vozdeleyvaniya ovoschnyh kul'tur v sisteme vodosberegayuschego orosheniya // Ovoshevodstvo i teplichnoe hozyajstvo. 2014. № 4. P. 54.
3. Vasil'ev S. M., Korzhova T. V., Shkura V. N. Tehnicheskie sredstva kapel'nogo orosheniya // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2017. P. 159.
4. Dobrachev Yu. P., Sokolov A. P. Modeli rosta i razvitiya rastenij i zadacha povysheniya urozhajnosti // Prirodoustrojstvo. 2016. № 3. P. 90-96.
5. Dubenok N. N., Majer A. V. Razrabotka sistem kombinirovannogo orosheniya dlya poliva sel'skohozyajstvennyh kul'tur // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. P. 9-19.
6. Dubenok N. N., Majer A. V. Kombinirovannaya gidromeliorativnaya sistema dlya orosheniya sadovyh nasazhdenij // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. P. 43-51.

7. Kizyaev B. M., Borodychev V. V. Jefferktivnost' mineral'nogo pitaniya ovoschnyh kul'tur pri kapel'nom oroshenii // Plodorodie. 2016. № 5. P. 18-21.
8. Kurbanov S. A., Majer A. V. Issledovanie sistemy kapel'nogo orosheniya i melkodispersnogo dozhdevaniya // Problemy razvitiya APK regiona. 2012. № 3. P. 5-9.
9. Majer A. V., Bocharnikov V. S. Tehnicheskie sredstva i tehnologiya kombinirovannogo orosheniya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2012. № 2. P. 3-8.
10. Mehanizm biologicheskogo dejstviya i opyt primeneniya jelektrohimicheski 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. P. 170-185.
11. Optimal'noe upravlenie polivami na osnove sovremennyh vychislitel'nyh algoritmov / V. V. Borodychev, M. N. Lytov, A. S. Ovchinnikov, V. S. Bocharnikov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. №4. P. 21-28.
12. Perspektivnaya sistema upravleniya vodnym rezhimom pochvy i mikroklimatom / A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. Yu. Hrabrov, V. M. Gurenko // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. P. 6-12.
13. Jefferktivnost' vozdel'yvaniya tomata na svetlo-kashtanovyh pochvah pri kapel'nom oroshenii s ispol'zovaniem jelektrohimicheski aktivirovannoj vody / S. Ya. Semenenko, M. N. Lytov, E. I. Chushkina, A. N. Chushkin // Plodorodie. 2014. №3. P. 38-39.
14. Angold Ye., Zarkov V.A. Spezial features of drip-sprinkler irigazion technology // Water Supplu. Issue 14-15. P. 841-849.
15. Balloon-borne measurements of temperature, water vapor, ozone and aerosol backscatter on the southern slopes of the himalayas during StratoClim 2016-2017 / S. Brunamonti, T. Jorge, P. Oelsner, S. Hanumanthu, B. B. Singh, K. Ravi Kumar, T. Peter // Atmospheric Chemistry and Physics. 2018. Vol. 18. P. 21-29. 15937-15957. doi:10.5194/acp-18-15937-2018.
16. Pross S., Sutton B., Batamm M. Komplentingmikro -irigaziontehnology with ivprjvtdirigazionmanagement based on krop and soil parameters // Inter Water irrigate. 2008. Vol. 23 №4. P. 300-330.
17. The use of electrolyzed water as a disinfectant for minimally processed apples / A. Graca, M. Abadias, M. Salazar, C. Nunes // Postharvest biology and technology. 2011. Vol. 61. I. 2-3. P. 172-177.
18. Zhang J., Yang H., Chan J.Z.Y. Development of portable flow-through electrochemical sanitizing unit to generate near neutral electrolyzed water // Journal of Food Science. 2018. Vol. 83. № 3. P. 780-790.

Информация об авторах

Дубенок Николай Николаевич, академик РАН, профессор, заведующий кафедрой «Лесоводство и мелиорация ландшафтов» Российского государственного агроуниверситета – Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева (РФ, 127550 Москва ул. Тимирязевская, 49), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>
т. 89857544488 E-mail: dubenok@mail.ru

Майер Александр Владимирович – старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (РФ, 127750 г. Москва ул. Большая академическая, 44, корпус 2), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/1000-0002-0065-8916>
т.89053378678 E-mail: kovniigim@yandex.ru

Бородычев Сергей Викторович – инженер Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (РФ, 127750 г. Москва ул. Большая академическая, 44, корпус 2), 89064048042, E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

**К ОБОСНОВАНИЮ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ
ДИФфуЗНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ
ПРИ ОРОШЕНИИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**JUSTIFICATION OF PROTECTIVE MEASURES AGAINST
DIFFUSE POLLUTION OF SURFACE WATER OBJECTS
DURING IRRIGATION BASED ON SIMULATION**

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

А.Л. Бубер

С.Д. Исаева, доктор технических наук

Ю.П. Добрачев, доктор технических наук, профессор

V.V. Borodychev, A.L. Buber, S.D. Isaeva, J.P. Dobrachev

*Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А.Н. Костякова, г. Москва*

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

Дата поступления в редакцию 02.07.2019
Received 02.07.2019

Дата принятия к печати 15.09.2019
Submitted 15.09.2019

Диффузные источники загрязнений, в том числе и стоки с мелиорированных сельскохозяйственных земель, играют значительную роль в ухудшении экологического состояния водных объектов. Разрабатывается комплекс имитационных математических моделей как основы экспертно-аналитической системы для оценки поступления диффузного загрязнения с мелиорированных сельскохозяйственных земель в реку Волгу и обоснования водоохраных мероприятий. Научно-исследовательские работы проводятся в рамках Приоритетного проекта «Оздоровление Волги» на примере пилотного объекта – бассейна р. Малый Караман (Саратовская область). На первом этапе исследований создана база данных, необходимых для обоснования математических моделей объекта. Выполнен сбор фондовых и литературных материалов, проведена оцифровка тематических карт. Разработана цифровая модель рельефа по данным, полученным из открытых источников NASA (SRTM – Shuttle radar topography mission). В работе использована географическая информационная система с открытым исходным кодом QGIS. С ее помощью была создана топографическая основа в масштабе 1 : 100 000, построены карты водоносных горизонтов, карты-схемы размещения сельскохозяйственных угодий с указанием возделываемых культур, орошаемых и богарных земель. Использованы спутниковые снимки, полученные из открытых источников NASA (Landsat 7). В качестве моделирующей среды используется программный комплекс MIKE SHE Датского Гидравлического Института и собственные динамические модели агробиоценозов. Создается комплексная математическая модель бассейна р. Малый Караман, которая имитирует основные процессы гидрологического цикла на водосборе и включает модели эвапотранспирации, формирования поверхностного стока в водные объекты с отображением эрозионных процессов, впитывания осадков и поливной воды в почву, влагопереноса в зоне аэрации, а также движение грунтовых вод в насыщенной зоне, их взаимодействие с поверхностными водами и перенос растворенных веществ. На следующих этапах исследований на основе модельных сценарных исследований поступления диффузного стока в реку при разных вариантах мелиоративного и сельскохозяйственного воздействия на водосбор будет выполнено обоснование и оптимизация системы водоохраных мероприятий.

Diffuse pollution sources play a significant role in the water objects ecological state deterioration. Diffuse runoff from reclaimed agricultural land has a negative effect on the water state in the Volga basin. A complex of simulation mathematical models is being developed as the basis of an expert-analytical system for assessing the inflow of diffuse pollution from reclaimed agricultural land into the Volga River and substantiating water protection measures. Research works are carried out within the framework of the Priority Project «Improvement of the Volga» on the example of a pilot object - the Maliy Karaman river basin (Saratov region). The database was created at the first stage of research. The collection and analysis of meteorological, geomorphological, geological, hydrogeological, hydrophysical soil characteristics and other data has been performed. These data are necessary to justify the object mathematical models. Geological fund data and literary materials are collected. Digitization of thematic maps is done. Maps of the administrative division of the Saratov region, physiographic, soil, land-reclamation and soil zoning are digitized. The digital elevation model was developed according to NASA open source data (SRTM - Shuttle radar topography mission). Open source geographic information system QGIS is used in the work. The topographic basis was created with the help of this system at a scale of 1: 100 000. Maps of aquifers, maps of agricultural land allocation with the allocation of cultivated crops, as well as a map of the distribution of irrigated and rainfed land are built. Satellite images obtained from open sources NASA (Landsat 7) were used. The program complex MIKE SHE (Danish Hydraulic Institute) and our own dynamic models of agrobiocenoses are used as a modeling environment. A complex mathematical model of the Maliy Karaman river basin is being created. The model simulates the main processes of the hydrological cycle in the catchment area. It includes models of evapotranspiration, formation of surface runoff into water bodies, taking into account erosion processes, penetration of precipitation and irrigation water into the soil, moisture transfer in the aeration zone, as well as groundwater movement in the saturated zone, their interaction with surface waters and transfer of dissolved substances. At subsequent stages of research based on model scenario studies of diffuse flow into the river with different options for ameliorative and agricultural impact on the catchment, the rationale and optimization of the system of water protection measures will be performed.

Ключевые слова: диффузное загрязнение, водные объекты, имитационное математическое моделирование, мероприятия по охране вод.

Key words: diffuse pollution, water objects, simulation mathematical models, water protection measures.

Цитирование. Бородычев В.В., Бубер А.Л., Исаева С.Д., Добрачев Ю.П. К обоснованию мероприятий по предотвращению диффузного загрязнения поверхностных водных объектов при орошении на основе имитационного моделирования. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 323-332. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-41

Citation. Borodychev V.V., Buber A.L., Isaeva S.D., Dobrachev J.P. Justification of protective measures against diffuse pollution of surface water objects during irrigation based on simulation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 323-332. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-41.

Введение. Загрязнение водных ресурсов, прежде всего поверхностных, в последние десятилетия обуславливает развитие целого комплекса социально-экономических проблем, связанных с водопользованием и требующих решения, особенно в регионах, испытывающих дефицит водных ресурсов. К таким регионам относятся территории Саратовской и Астраханской областей, Республики Калмыкия, Ставропольского края, частично Волгоградской и Оренбургской областей отдельные районы Южного Урала и юга Сибири, и др. [6, 3, 10]. Из-за интенсивного антропогенного воздействия на водные объекты происходит ухудшение качества поверхностных и в ряде случаев подземных вод. При исследовании экологического состояния поверхност-

ных вод все большее внимание уделяется роли диффузного загрязнения. Анализ современного состояния рек страны, а также мировой опыт показывают, что на долю диффузных источников загрязнений может приходиться до 60-70 % от поступления поллютантов. С водосборной территории, занятой землями сельскохозяйственного назначения, загрязняющие вещества поступают в водные объекты с поверхностным стоком (преимущественно элементы-биогены, взвешенные вещества) и подземным (пестициды, ядохимикаты). Орошение как и непроизводительные потери воды при транспортировке на гидромелиоративных системах, может усиливать интенсивность процессов загрязнения, в том числе диффузного. Надо отметить, что величина водозабора по виду экономической деятельности «сельское хозяйство, охота, лесное хозяйство, рыболовство и рыбоводство» из водных источников в 2017 г. была велика и составила, по данным Госдоклада о состоянии и об охране окружающей среды, 19 798,9 млн м³, или 28,7 % от общего объема изъятия вод. При этом за последние годы увеличился сброс, зачастую недостаточно или полностью неочищенных, сточных вод: с 3 273,91 млн м³ в 2014 г. (при заборе 16019,19 млн м³) до 6 017,8 млн м³ в 2017 г. (на 84 %). За 2010-2017 гг. потери воды в данном экономическом секторе при транспортировке увеличились с 4 288,75 млн м³ до 4 366,87 млн м³, что составило 63,4 % от общих потерь воды по Российской Федерации.

При мониторинге водных объектов, проводимом по действующим методикам, диффузные источники загрязнений практически не контролируются, несмотря на совершенствование систем мониторинга, в том числе на мелиорированных землях [12, 8]. На особенности поступления диффузного загрязнения с поверхностным склоновым, внутрипочвенным и грунтовым стоком существенно влияют характер сельскохозяйственного использования земель, нормы и виды вносимых удобрений, динамика климатических показателей и их внутригодовые флуктуации, вызванные потеплением климата [10, 1]. Проведение мониторинга в таких условиях с целью управления диффузным загрязнением и обоснования водоохраных мероприятий возможно при разработке специального методического обеспечения. Обоснование мероприятий по выявлению и предотвращению поступлений загрязнений в водные объекты с диффузным стоком с орошаемых земель сельскохозяйственного назначения предполагает применение экспертных систем, в основе которых лежит создание информационно-моделирующего комплекса на базе математических моделей.

Материалы и методы. Цель исследований – создание экспертной системы на базе комплекса математических моделей, позволяющих оценить условия формирования водного и химического стока при орошении земель, и их апробация для условий водосборных территорий притоков р. Волги в зоне орошения для обоснования мероприятий по предотвращению диффузного загрязнения рек, а также для разработки предложений по совершенствованию системы мониторинга диффузного загрязнения водных объектов. Научно-исследовательские работы проводятся в рамках приоритетного проекта «Оздоровление Волги». В качестве натурального объекта исследований и создания комплекса имитационных математических моделей выбран бассейн р. Малый Караман (Марксовский район Саратовской области).

В задачи исследований входит:

- создание базы исходных данных по бассейну р. Малый Караман включая характеристику физико-географических, метеорологических, гидрологических, геолого-гидрогеологически условий, землепользования, сельскохозяйственного и мелиоративного воздействия на компоненты окружающей среды;

- формирование комплекса математических моделей, алгоритма исследований и их компьютерной реализации, имитирующей движение поверхностных, грунтовых вод и загрязняющих веществ, их поступление в водные объекты в условиях орошения сельскохозяйственных земель на примере р. Малый Караман;

- выполнение сценарных исследований поступления диффузного стока при разных вариантах возможного мелиоративного и сельскохозяйственного воздействия в бассейне р. Малый Караман на основе созданной имитационной компьютерной модели;

- обоснование системы водоохраных мероприятий по снижению диффузного загрязнения водных объектов при орошении и эколого-экономическая оценка их эффективности;

- методологическое обобщение полученных результатов и разработка прототипа экспертной системы поддержки принятия решений по оптимизации мероприятий, направленных на охрану водных объектов от диффузного загрязнения при орошении земель.

Исходные данные для формирования комплекса моделей получены на основе сбора фондовых и литературных материалов, выполнена оцифровка тематических карт административного деления Саратовской области, физико-географической, почвенной, мелиоративно-почвенного районирования. Разработана цифровая модель рельефа по данным, полученным из открытых источников NASA (SRTM – Shuttle radar topography mission). В работе использована географическая информационная система с открытым исходным кодом QGIS. С ее помощью была создана топографическая основа в масштабе 1 : 100 000, построены карты водоносных горизонтов, карты-схемы размещения сельскохозяйственных угодий с выделением возделываемых культур, распределения орошаемых и богарных земель. Использованы спутниковые снимки, полученные из открытых источников NASA (Landsat 7).

В качестве моделирующей среды используется программный комплекс MIKE SHE Датского Гидравлического Института и собственное программное обеспечение ВНИИГиМ (динамические модели агробиоценозов). Программная среда MIKE SHE широко используется для решения задач, связанных с моделированием потоков поверхностных (в каналах, реках, сток с водосбора) и подземных вод и их взаимодействием при формировании водного баланса речных бассейнов [14, 16, 15]. Модели агробиоценозов необходимы для оценки баланса влаги и химических элементов в системе атмосфера-почва-растение, определяющего объем воды и загрязняющих веществ, проникающих в зону аэрации и грунтовые воды.

Результаты и обсуждение. Для исследований и создания комплекса имитационных математических моделей, необходимых для оценки поступления диффузного загрязнения с мелиорированных сельскохозяйственных земель как пилотный объект в пределах Нижнего Поволжья был выбран бассейн р. Малый Караман. Типичность его природно-хозяйственных условий подтверждена анализом природных условий, а также особенностями ведения сельского хозяйства, орошаемого земледелия и мелиорации земель.

Река Малый Караман является левым притоком Волги, впадает в Волгоградское водохранилище. Протяженность реки около 100 км при площади водосбора порядка 1000 км². Годовое количество осадков в бассейне реки составляет 250-350 мм. Испаряемость – 940-890 мм. В период вегетации зерновых культур выпадает всего 20-30 % от годовой суммы осадков, что определяет необходимость широкого применения орошения.

Рельеф в бассейне р. Малый Караман пологий, увалистый. Водовмещающие отложения представлены преимущественно суглинками с коэффициентом фильтрации от 0,01 до 0,4-0,7 м/сут. Подстилающие породы в основном глины. Глубина залегания грунтовых вод изменяется от 2-5 до 12-16 м и более. Воды преимущественно пресные.

В пределах бассейна почвенный покров представлен темно-каштановыми почвами. Они занимают все повышенные платообразные водоразделы (увалы) и их склоны. Темно-каштановые почвы характерны для Саратовской области и в общей структуре почвенного покрова территории занимают 22,8 %. Содержание гумуса в них колеблется от 1,5 до 3,0 %. По механическому составу это преимущественно тяжело- и среднесуглинистые почвы. Встречаются солонцеватые и засоленные почвы.

В Марксовском муниципальном районе, где расположен бассейн р. Малый Караман, агропромышленный комплекс играет ведущую экономическую роль. В районе 245,8 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения, в том числе 195,4 тыс. га пашни. Основное направление сельского хозяйства – зерно-животноводческое. Орошение сельскохозяйственных земель ведется на площади 27,2 тыс. га.

В пределы водосборной территории р. Малый Караман попадают земли первой очереди Комсомольской и Приволжской оросительных систем, построенных в 1970-х гг. При пуске в эксплуатацию орошаемая площадь только первой очереди Комсомольской системы составляла 32,5 тыс. га, Приволжской – 10,6 тыс. га. В настоящее время мелиоративные системы нуждаются в ремонтных работах и реконструкции, а площадь орошаемых земель существенно сократилась. Однако мелиорация активно возрождается благодаря инициативе землепользователей и поддержке правительства области. Вода для орошения поступает из Волгоградского водохранилища и подается по магистральным системам распределительных и внутрихозяйственных каналов. Вводятся в строй орошаемые массивы, оснащенные современной дождевальнoй техникой. Орошаемые в настоящее время земли в пределах бассейна р. Малый Караман показаны на рисунке 1.

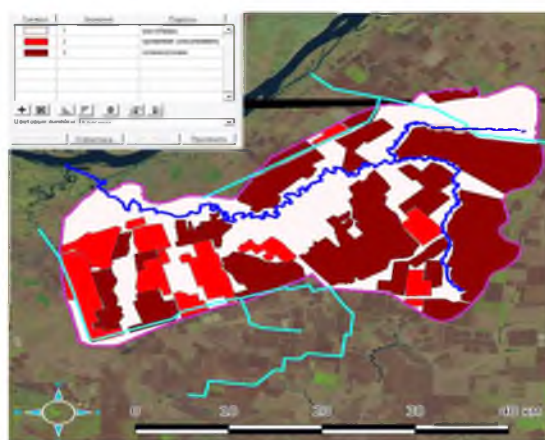


Рисунок 1– Распределение сельскохозяйственных земель бассейна р. Малый Караман по данным космоснимков Landsat

Figure 1 – Distribution of agricultural land in the river basin Small Karaman from Landsat satellite imagery

Как показывает многолетний опыт, орошение в Нижнем Поволжье, из-за низкой естественной дренированности земель, зачастую ведет к интенсивному подъему грунтовых вод, формированию верховодки, развитию вторичного засоления. Эти обстоятельства определяют необходимость строительства дренажа, который, в свою очередь, может стать источником поступления загрязнений в водные объекты, помимо поверхностного смыва.

Водные ресурсы Саратовской области в настоящее время уже подвергаются значительному техногенному воздействию, в том числе и в результате интенсификации сельскохозяйственного производства. Эти явления характерны и для водосборной территории р. Малый Караман. Гидрология реки мало изучена, постоянных гидрометрических постов на

реке нет. Определение необходимых расходов воды в реке произведено по эмпирическим формулам при отсутствии гидрометрических наблюдений [11]. Значения максимальных расходов весенних вод в устье р. М. Караман, подсчитанные для лет разной обеспеченности, составляют для 95 %-ной обеспеченности $4,1 \text{ м}^3/\text{с}$, для 1 %-ной – $134 \text{ м}^3/\text{с}$, а максимальные мгновенные расходы дождевых паводков при обеспеченности 1 % – $55 \text{ м}^3/\text{с}$, а при 25 % – $11,6 \text{ м}^3/\text{с}$. Средний многолетний слой весеннего стока для территории Саратовской области составил 40 мм. Основной фазой водного режима Малого Карамана является весеннее половодье, в период которого проходит порядка 80 % годового объема стока.

Проведенные выборочные наблюдения позволили выявить повышенную цветность (до 85 %), а также мутность воды в реке ($38,8\text{--}103,2 \text{ мг/дм}$). Вблизи населенных пунктов возрастает общая минерализация воды. Большое отрицательное влияние на качество воды в р. Малый Караман оказывают неорганизованные сбросы с территории населенных пунктов, а также неконтролируемый выпас скота. Выявлены превышения показателей по органическому загрязнению, наличие всех форм азотистых соединений, снижение процессов самоочищения, что характерно для рек европейской части России в целом [9, 5]. Воды реки оцениваются как загрязненные [11]. Приведенные данные с учетом намеченных перспектив развития сельскохозяйственного производства и орошения в регионе подтверждают необходимость разработки мероприятий по предотвращению попадания диффузного стока в речной сток, повышения водообеспеченности и сохранения благоприятного экологического состояния водных объектов [6, 7, 4, 2, 13].

Анализ и систематизация показателей природно-хозяйственных условий позволили представить исходную для моделирования информацию в форме массивов данных (метеорологические, геоморфологические, геологические, гидрогеологические, гидрофизические характеристики почвы и др.), представленных как табличный материал, серии графиков и картограмм, рабочие модели.

На основе созданной базы исходных данных, используя программный комплекс MIKE SHE и собственное программное обеспечение, мы создали комплексную математическую модель бассейна р. Малый Караман, которая имитирует основные процессы гидрологического цикла на водосборе и включает модели эвапотранспирации, формирования поверхностного стока в водные объекты с отображением эрозионных процессов, впитывания осадков и поливной воды в почву, влагопереноса в зоне аэрации, а также движение грунтовых вод в насыщенной зоне, их взаимодействие с поверхностными водами и перенос растворенных веществ.

В основе системы программного комплекса MIKE SHE лежат физические уравнения в частных производных. Для решения нестационарных задач используется метод конечных разностей. На текущем этапе исследований проводится адаптация программного комплекса MIKE SHE к решению поставленных задач для условий водосборной территории р. Малый Караман.

В MIKE SHE используются программные модули, решающие физические уравнения Сен-Венана для открытого потока или Ричардса и Дарси для потоков в ненасыщенной и насыщенной зонах пористой среды. С модельным комплексом MIKE SHE проводится интеграция модели, разработанной во ВНИИГиМ. Модель позволяет имитировать рост растений и формирование урожая и продуктивность зерновых и кормовых культур для анализа динамики влаги и химических элементов в почвах. Модель учитывает показатели, связанные с гидравлическими характеристиками насосных станций, водораспределительной сети, дождевальной техники; показатели агрономических и гидрофизических свойств почв на орошаемых землях, метеоданные. На рисунке 2 представлена часть расчетной информации по модели, имитирующей рост яровой пшеницы, люцерны и водный обмен почвы с внешней средой.

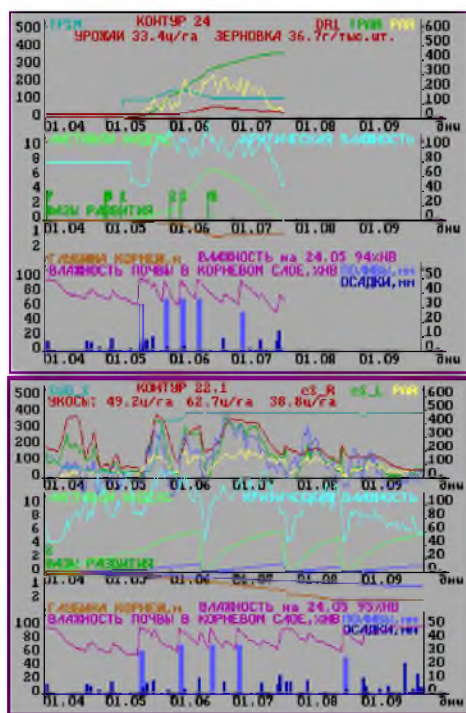


Рисунок 2 – Результаты численного эксперимента по формированию урожая яровой пшеницы и многоукосного использования посевов люцерны второго года по метеоусловиям г. Маркса за 2016 г.

Figure 2 – The results of a numerical experiment on the formation of a spring wheat crop and multi-crop use of alfalfa crops of the second year according to the weather conditions of Marx, 2016

В настоящее время на основе собранных исходных данных проводится верификация созданной комплексной модели. По балансовым схемам с учетом минерализации органического вещества с помощью модели, разработанной во ВНИИГиМ, выполняется прогноз динамики содержания минеральных азотсодержащих веществ и подвижных форм калийных и фосфорных удобрений в пахотном горизонте почвы. По ретроспективным рядам метеоданных модель позволит получить для растений достоверные оценки водопотребления, поглощения питательных веществ и другие характеристики. Полученные результаты определяют граничные и начальные условия при моделировании поступления загрязняющих веществ из атмосферы и почвы в зону аэрации и грунтовые воды. На следующем этапе сценарных исследований будет выполнен прогноз поступления загрязненного диффузного стока с водосборной территории Малого Карамана в поверхностные водные объекты при развитии орошения, мелиорации, дренажа. Анализ результатов прогнозных расчетов позволит обосновать меры по снижению объема и предотвращению проникновения загрязнений в водные объекты. Одновременно на примере пилотного объекта будет отработана методика создания экспертных систем для поддержки принятия решений по обоснованию организационно-хозяйственных и водоохранных мероприятий, снижающих поступление диффузного загрязнения в водные объекты на мелиоративных системах при орошении земель, а также разработаны предложения по совершенствованию ведения мониторинга водных объектов.

Заключение. Для обоснования мероприятий по выявлению и предотвращению поступлений загрязнений в водные объекты с диффузным стоком с орошаемых земель сельскохозяйственного назначения эффективно создание экспертной системы на основе информационно-моделирующего комплекса. Для создания комплекса имитационных

математических моделей как основы экспертно-аналитической системы выполнено формирование базы исходных данных по пилотному объекту – бассейну р. Малый Караман. Анализ и систематизация показателей природно-хозяйственных условий позволили представить исходный массив данных как табличный материал, в форме графиков и картограмм в зависимости от последующего их использования при моделировании. На основе данных в настоящее время проводится верификация модели, разработанной во ВНИИГиМ. Модель используется для прогноза динамики водопотребления культур, содержания минеральных азотсодержащих веществ и подвижных форм калийных и фосфорных удобрений в пахотном горизонте почвы и интегрируется с программным комплексом MIKE SHE для моделирования гидрологического цикла в бассейне р. Малый Караман, а также для выполнения сценарных исследований и анализа поступления диффузного загрязнения при разных вариантах мелиоративного и сельскохозяйственного воздействия в пределах водосборной территории с целью разработки эффективных водоохранных мероприятий и совершенствования системы экологического мониторинга.

Библиографический список

1. Барабанов А.Т., Долгов С.В., Коронкевич Н.И. Влияние современных изменений климата и сельскохозяйственной деятельности на весенний поверхностных склоновый стоков в лесостепных и степных районах русской равнины // Водные ресурсы. 2018. Т.45. №4. С. 332-340.
2. Бородычев В.В., Бубер А.А., Сухова Т.Н. Воспроизводство водных биоресурсов и сохранение экосистемы Нижней Волги // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 3. С. 5-7.
3. Болгов М.В., Демина А.П. Водохозяйственные и экологические проблемы Нижней Волги и пути их решения // Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 2. С. 211-220.
4. Влияние весеннего половодья р. Волги на миграцию тяжелых металлов в почвах Волго-Ахтубинской поймы / Н.В. Тютюма, А.В. Кудряшов, А.А. Баканева, Е.В. Хюпинина // Известия НВ АУК. 2018. №4(52). С. 140-145.
5. Исследование сезонной динамики загрязненности поверхностных вод нижеволжского бассейна / Л.В. Боронина, П.Н. Садчиков, С.З. Тажиева, Е.В. Москвичева // Водные ресурсы. 2016. Т. 43. № 4. С. 419.
6. Кизяев Б.М., Исаева С.Д. Водообеспеченность Российской Федерации в условиях глобального потепления климата // Вестник Российской академии наук. 2016. Т. 86. № 10. С. 909-914.
7. Кизяев, Б.М., Исаева, С.Д. Водное хозяйство: проблемы и пути их решения // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 6. С. 23-27.
8. Концептуальные подходы к созданию систем мониторинга и управления орошением / А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, В.А. Шевченко, О.В. Бочарникова // Известия НВ АУК. 2019. №2(54). С. 26-39.
9. Многолетняя изменчивость загрязненности воды и состояния речных экосистем различных широтных зон европейской части России / А.М. Никаноров, Л.И. Минина, В.А. Брызгалов и др. // Водные ресурсы. 2016. Т.43. № 5. С. 515-527.
10. О качестве воды для сельскохозяйственного водоснабжения и мерах по его обеспечению / Н.Н. Дубенок, С.Д. Исаева, Е.В. Овчинникова, Н.С. Быстрицкая // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 3 (39). С. 250-254.
11. Оценка экологического состояния маргинальных водных объектов на примере устья и нижних течений рек Малый Караман и Большой Караман Саратовской области / Н.А. Угланов, Т.А. Маркина, Е.И. Тихомирова, С.В. Бобырев // Фундаментальные исследования. 2013. № 6-5. С. 1168-1173.
12. Шевченко В.А., Исаева С.Д. Совершенствование мониторинга мелиорированных сельскохозяйственных земель // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 72-78.

13. Bolgov M.V., Buber A.L., Lotov A.V. Support for Making Strategic Decisions on the Water Supply of the Lower Volga River Based on the Pareto Frontier Visualization //Scientific and Technical Information Processing. 2018. Vol. 45. № 5. P. 1-10.

14. Coupled modeling of hydrologic and hydrodynamic processes including overland and channel flow / Jongo Kim, April Warnock, Valeriy Y.Ivanov, Nikolaos D. Ratopodes //Advances in Water Resources. 2012. Vol. 37. March. P. 104-126. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309170811002211>

15. Modelling hydrologic and hydrodynamic processes in basins with large semi-arid wetlands / Ayan Fleischmann, Vinicius Siqueira, Adrian Paris, Walter Collischonn, Rodrigo C.D. Paiva// Journal of hydrology. 2018. Vol. 561. June. P. 943-959. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169418302944>

16. Rodrigo C.D. Paiva, Walter Collischonn, Carlos E.M. Tucc. Large scale hydrologic and hydrodinamic modelling using limited data and GIS based approach // Journal of Hydrology. 2011. Vol. 406. Issues 3-4. 6 September. P. 170-181. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169411004045>

Reference

1. Barabanov A. T., Dolgov S. V., Koronkevich N. I. Vliyanie sovremennykh izmenenij klimata i sel'skohozyajstvennoj deyatel'nosti na vesennij poverhnostnykh sklonovyj stokov v lesostepnykh i stepnykh rajonah russkoj ravniny //Vodnye resursy. 2018. T.45. №4. P. 332-340.

2. Borodychev V. V., Buber A. A., Suhova T. N. Vosproizvodstvo vodnykh bioresursov i sohranenie jekosistemy Nizhnej Volgi //Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2018. № 3. P. 5-7.

3. Bolgov M. V., Demina A. P. Vodohozyajstvennye i jekologicheskie problemy Nizhnej Volgi i puti ih resheniya // Vodnye resursy. 2018. T. 45. № 2. P. 211-220.

4. Vliyanie vesennego polovod'ya r. Volgi na migraciyu tyazhelykh metallov v pochvah Volgo-Ahtubinskoj pojmy / N. V. Tyutyuma, A. V. Kudryashov, A. A. Bakaneva, E. V. Hyupinina // Izvestiya NV AUK. 2018. №4(52). P. 140-145.

5. Issledovanie sezonnoj dinamiki zagryaznennosti poverhnostnykh vod nizhnevolzhskogo bassejna / L. V. Boronina, P. N. Sadchikov, S. Z. Tazhieva, E. V. Moskvicheva //Vodnye resursy. 2016. T. 43. № 4. P. 419.

6. Kizyaev B. M., Isaeva S. D. Vodoobespechennost' Rossijskoj Federacii v usloviyah global'nogo potepleniya klimata //Vestnik Rossijskoj akademii nauk. 2016. T. 86. № 10. P. 909-914.

7. Kizyaev, B. M., Isaeva, S. D. Vodnoe hozyajstvo: problemy i puti ih resheniya //Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2015. № 6. P. 23-27.

8. Konceptual'nye podhody k sozdaniyu sistem monitoringa i upravleniya orosheniem / A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, V. A. Shevchenko, O. V. Bocharnikova //Izvestiya NV AUK. 2019. №2(54). P. 26-39.

9. Mnogoletnyaya izmenchivost' zagryaznennosti vody i sostoyaniya rechnykh jekosistem razlichnykh shirotnykh zon evropejskoj chasti Rossii / A. M. Nikanorov, L. I. Minina, V. A. Bryzgalo i dr.// Vodnye resursy. 2016. T.43. № 5. P. 515-527.

10. O kachestve vody dlya sel'skohozyajstvennogo vodosnabzheniya i merah po ego obespecheniyu /N. N. Dubenok, S. D. Isaeva, E. V. Ovchinnikova, N. S. Bystrickaya //Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2015. № 3 (39). P. 250-254.

11. Ocenka jekologicheskogo sostoyaniya marginal'nykh vodnykh ob'ektov na primere ust'ya i nizhnih techenij rek Malyj Karaman i Bol'shoj Karaman Saratovskoj oblasti / N. A. Uglanov, T. A. Markina, E. I. Tihomirova, S. V. Bobyrev // Fundamental'nye issledovaniya. 2013. № 6-5. P. 1168-1173.

12. Shevchenko V. A., Isaeva S. D. Sovershenstvovanie monitoringa meliorirovannykh sel'skohozyajstvennykh zemel' // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2 (50). p. 72-78.

13. Bolgov M.V., Buber A.L., Lotov A.V. Support for Making Strategic Decisions on the Water Supply of the Lower Volga River Based on the Pareto Frontier Visualization //Scientific and Technical Information Processing. 2018. Vol. 45. № 5. P. 1-10.

14. Coupled modeling of hydrologic and hydrodynamic processes including overland and channel flow / Jongo Kim, April Warnock, Valeriy Y.Ivanov, Nikolaos D. Ratopodes // *Advances in Water Resources*. 2012. Vol. 37. March. P. 104-126. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309170811002211>

15. Modelling hydrologic and hydrodynamic processes in basins with large semi-arid wetlands / Ayan Fleischmann, Vinicius Siqueira, Adrian Paris, Walter Collischonn, Rodrigo C.D. Paiva// *Journal of hydrology*. 2018. Vol. 561. June. P. 943-959. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169418302944>

16. Rodrigo C.D. Paiva, Walter Collischonn, Carlos E.M. Tucc. Large scale hydrologic and hydrodinamic modelling using limited data and GIS based approach // *Journal of Hydrology*. 2011. Vol. 406. Issues 3-4. 6 September. P. 170-181. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169411004045>

Информация об авторах

Бородычев Виктор Владимирович, академик РАН, директор Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научноисследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, профессор. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0279-8090>. E-mail: vkovniigim@yandex.ru

Бубер Александр Леонидович, заведующий отделом мелиоративно-водохозяйственного комплекса ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова (РФ, 127550, Москва, ул. Б. Академическая, д. 44, к.2), Тел.: 8(968) 942-93-93; E-mail: buber49@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4522-6807>

Исаева София Давидовна, главный научный сотрудник, зав.отделом экосистемного водопользования ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова (РФ, 127550, Москва, ул.Б.Академическая, д. 44, к.2), доктор технических наук. Тел. 8(903) 681-98-00

E-mail: isaevasofia@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9640-2191>

Добрачев Юрий Павлович, главный научный сотрудник отдела мелиоративно-водохозяйственного комплекса ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова (РФ, 127550, Москва, ул.Б.Академическая, д. 44, к.2), доктор технических наук, профессор

Тел.: 8(985)147-59-67 E-mail: dobrachev@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2186-3652>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 658.512:004.04:633

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-42

ФОРМАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В БАЗОВЫХ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВАХ АГРАРНОГО ВУЗА

FORMALIZATION AND ANALYSIS OF THE PRODUCTION PROCESS OF WINTER WHEAT IN BASIC FARMING FARMS OF AGRARIAN UNIVERSITY

О.В. Кочеткова, доктор технических наук, профессор

Е.В. Ширяева, кандидат технических наук, доцент

М.П. Васильев, старший преподаватель

O.V. Kochetkova, E.V. Shirayeva, M.P. Vasiliev

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 14.03.2019

Дата принятия к печати 17.09.2019

Received 14.03.2019

Submitted 17.09.2019

Выполнены моделирование и анализ важнейшего в цепочке ценности бизнес-процесса «Выполнить производство продукции и услуг» сельскохозяйственного предприятия, занимающегося производством озимой пшеницы. Для создания графических схем процесса применена современная методология бизнес-моделирования в нотации BPMN 2.0, которая может использоваться для перевода модели бизнес-процесса в соответствующий программный код и обеспечивает воз-

возможность переноса и чтения диаграмм бизнес-процессов между различными графическими редакторами и инструментальными средствами бизнес-моделирования. Установлено, что анализируемый бизнес-процесс имеет ряд существенных недостатков. Одним из них является высокий риск принятия необоснованных управленческих решений, поскольку результаты исследуемого процесса напрямую зависят от квалификации агронома предприятия, который при отсутствии технологии интернета вещей и сбора данных преимущественно ручным или механизированным способом и отсутствии средств автоматизированной обработки информации и поддержки принятия решений принимает решения только на основе своего опыта и интуиции. 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; сэкономить удобрения, средства защиты растений и горюче-смазочные материалы; повысить контролируемость процессов выращивания урожая 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.

The modeling and analysis of the most important business process in the value chain «Perform production of goods and services» of an agricultural enterprise engaged in the production of winter wheat has been performed. To create graphical process diagrams, a modern business modeling methodology is used in BPMN 2.0 notation, which can be used to translate a business process model into the appropriate program code and provides the ability to transfer and read business process diagrams between various graphical editors and business tools modeling. It has been established that the analyzed business process has a number of significant drawbacks. One of them is a high risk of making unjustified managerial decisions, since the results of the process under study directly depend on the qualification of the enterprise's agronomist, who, in the absence of the Internet of things technology and data collection, mainly by manual or mechanized methods and the absence of automated information processing and decision support tools, makes decisions only on based on your experience and intuition. The lack of automated control in the operations of the business process under study leads to unreasonably high use of resources (chemicals, fertilizers, fuel, energy, etc.), does not provide an effective pest control; it does not allow to remotely monitor the quality of work due to compliance with technological standards, as well as monitoring compliance with certification requirements for agricultural products. The use of modern digital technologies, for example, the Internet of things, will ensure an increase in soil fertility due to "smart" correction; save fertilizers, plant protection products and fuels and lubricants; increase the controllability of the crop growing processes to prevent its loss during storage. To increase the business efficiency of agricultural producers through the introduction of digital technologies in the activities of basic crop production enterprises of the Volgograd State Agrarian University, it is necessary to create reference digital models of production business processes. Such work is currently being carried out by the authors of the article.

Ключевые слова: цифровые технологии, сельскохозяйственные предприятия, озимая пшеница, моделирование, бизнес-процессы.

Key words: digital technologies, agricultural enterprises, winter wheat, modeling, business processes.

Цитирование. Кочеткова, О.В., Ширяева, Е.В., Васильев М.П. Формализация и анализ процессов возделывания озимой пшеницы в базовых хозяйствах аграрного вуза. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 332-342. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-42.

Citation. Kochetkova O.V., Shirayeva E.V., Vasil'yev M.P. Formalization and analysis of the production proceses of winter wheat in basic farms of agrarian university. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 332-342. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-42.

Введение. Агропромышленный комплекс играет решающую роль в формировании продовольственной безопасности России. Современная экономическая ситуация, реально существующие угрозы биологической и продовольственной безопасности требуют создания аграрной экономики нового типа, основанной на использовании цифровых технологий, соответствующей принципам устойчивого развития и модели безотходной экономики [12].

Однако в настоящее время ежегодные потери зерна от общего производства в России по оценке FAO ООН составляют 25%, а в Европе и США только 1% [8]. Причинами таких существенных потерь являются несоблюдение сроков и технологии работ, ошибки агрономии, неверные регулировки агрегатов и др. Необходимо также отметить, что зачастую и производственные процессы не выполняются четко и эффективно, а сопровождаются неоправданными задержками, повторением ненужных действий, непродуктивным ожиданием, преодолением организационного беспорядка.

Для эффективного выполнения производственной деятельности необходимо чтобы производственные процессы выполнялись стандартным образом, с минимальным количеством отклонений и запланированным расходом ресурсов, а сам порядок выполнения был регламентирован и закреплён в документации. С этой целью в экономически устойчивых, конкурентоспособных организациях используется процессный подход к управлению бизнесом, который рассматривает управление как непрерывную серию взаимосвязанных бизнес-процессов, конечной целью выполнения которых является создание готовой продукции или услуг, представляющих ценность для внешних или внутренних пользователей [5]. При этом процессный подход требует соответствующей поставленным сельскохозяйственной организацией целям системы сбора, обобщения, обработки и анализа информации в разрезе бизнес-процессов. Для этого создаются графические модели бизнес-процессов «Как есть», которые позволяют выявить текущие проблемы и определить необходимые их улучшения, а затем выполняется построение модели «Как будет», отображающей правила выполнения процессов для достижения желаемой цели.

Анализу и совершенствованию деятельности предприятия всегда предшествует выделение его бизнес-процессов верхнего уровня. В исследовании [4] были выделены следующие бизнес-процессы верхнего уровня сельскохозяйственного предприятия: выполнить маркетинговые исследования, выполнить научные исследования и проектные работы, осуществить закупки, выполнить производство продуктов и услуг, реализовать продукцию и услуги, выполнить сервисное обслуживание, выполнить работы по развитию. Бизнес-процесс «Выполнить производство продукции и услуг» является главным в цепочке создания ценности. Выполнение этого процесса существенным образом влияет на качество получаемого урожая [2] и экономическое благополучие хозяйства.

Для растениеводческих предприятий этот бизнес-процесс целесообразно рассмотреть на примерах выращивания озимой пшеницы в базовых фермерских хозяйствах Волгоградского ГАУ. Озимая пшеница в Волгоградской области занимает особое место. По данным Росстата в валовом сборе зерновых по Волгоградской области на озимую пшеницу с 2013 по 2018 год приходится от 61% до 80 % [1].

Материалы и методы. Для формализации в виде графических схем и анализа процессов возделывания озимой пшеницы была применена методология бизнес-моделирования и метод процессного подхода, основой которого является выделение бизнес-процессов и управление ими. Важной задачей в этом случае является выбор нотации моделирования, которая бы позволила точно и строго выдержать формальную логику процесса, четко определить не только работы, но и все события процесса. Одновременно требуется обеспечить простоту и понятность графической схемы для восприятия пользователями, которые не имеют навыков интерпретации сложных схем и системного анализа и поэтому не смогут использовать графические схемы для управле-

ния бизнес-процессами и документирования деятельности [11]. Учитывая, что в нашем случае модель бизнес-процессов создается с целью последующей автоматизации и разработки архитектуры цифрового фермерского хозяйства, для разработки графических схем бизнес-процессов выбрана нотация BPMN 2.0, которая может использоваться для перевода модели бизнес-процесса в соответствующий программный код и быть реализована в любой BPM-системе. Кроме того, нотация версии BPMN 2.0 предусматривает возможность переноса и чтения диаграмм бизнес-процессов между различными графическими редакторами и инструментальными средствами бизнес-моделирования, что практически не реализуется с помощью других нотаций описания бизнес-процессов.

Результаты. На основании изучения технологических процессов возделывания озимой пшеницы в базовых фермерских хозяйствах Волгоградского ГАУ были разработаны модели бизнес-процессов «Как есть» в нотации BPMN 2.0 (рисунки 1-3).

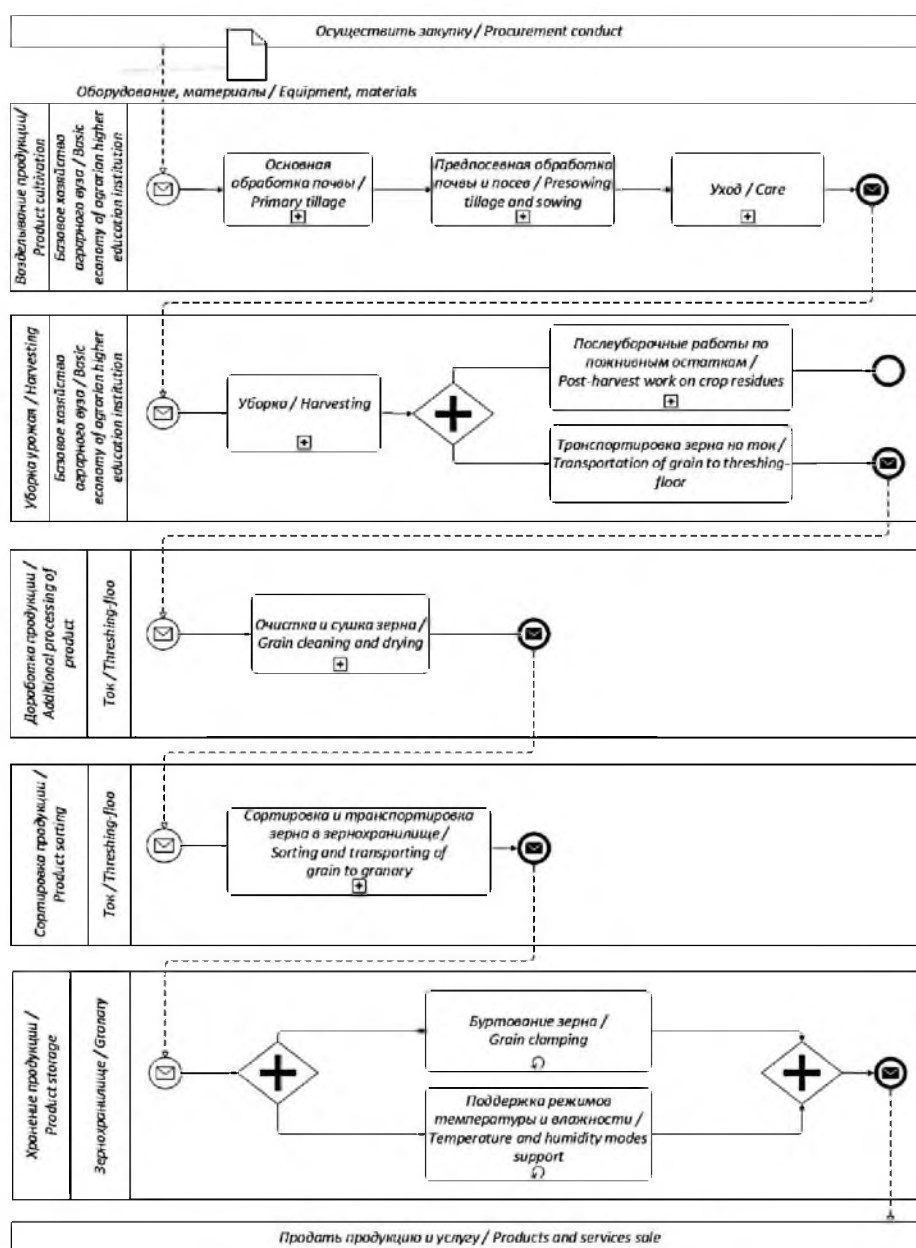


Рисунок 1 – BPMN-диаграмма «Как есть» процесса «Выполнить производство озимой пшеницы»

Figure 1 – BPMN diagram «As it is» of the process «Perform the production of winter wheat»

Бизнес-процесс «Выполнить производство продукции и услуг» включает следующие подпроцессы: возделывание продукции, уборка урожая, доработка продукции, сортировка продукции, хранение продукции.

Запускают исследуемый бизнес-процесс «Выполнить производство продукции и услуг» результаты предшествующих процессов «Выполнить научные исследования и проектные работы» и «Осуществить закупку», которыми являются технологическая карта и проект по выращиванию культуры, а также все приобретенные ресурсы, необходимые для реализации проекта. Все процессы первого уровня производства озимой пшеницы представлены на рисунке 1.

Процесс первого уровня «Возделывание продукции» для озимой пшеницы представлен последовательностью трех подпроцессов (рисунок 1): основная обработка почвы, предпосевная обработка почвы и посев, уход [6]. Декомпозиция подпроцесса «Основная обработка почвы», представленная на рисунке 2, объединяет две группы операций незавершенного производства и культивации в весенний период. Все операции этих групп – «Лущение стерни» и «Пахота» незавершенного производства и «Боронование» и «Культивация на глубину 8-10 см» – осуществляются после соответствующих сообщений (команд) от агронома, который предварительно осуществляет анализ почвенно-климатических условий и предшественников.

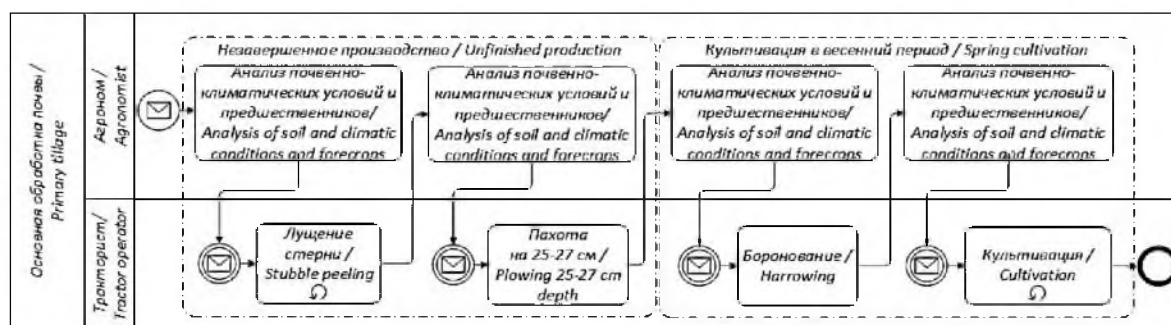


Рисунок 2 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Основная обработка почвы»

Figure 2 – BPMN diagram «As it is» of the decomposition of the process «Primary tillage»

Количество повторений лущения стерни и культивации, направленной на уничтожение сорняков по мере их произрастания в весенний период, также определяется агрономом.

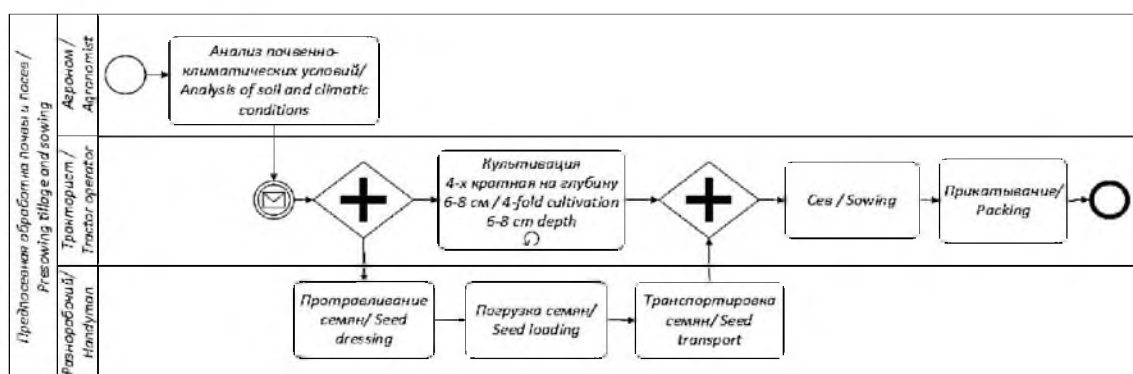


Рисунок 3 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Предпосевная обработка почвы и посев»

Figure 3 – BPMN diagram «As it is» of the decomposition of the process «Presowing tillage and sowing»

Декомпозиция подпроцесса «Предпосевная обработка почвы», представленная на рисунке 3, определяет последовательность операций, осуществляемых непосредственно перед посевом озимой пшеницы. На основе анализа почвенно-климатических условий агроном сообщает о начале параллельных операций подготовки почвы и семян к посеву, завершается сев операцией прикатывания для улучшения контакта семян с почвой и обеспечения дружных всходов. Завершение подпроцесса «Предпосевная обработка почвы» запускает следующий подпроцесс «Уход».

Все операции подпроцесса «Уход» выполняются под контролем агронома на основе анализа почвенно-климатических условий и состояния всходов (рисунок 4).

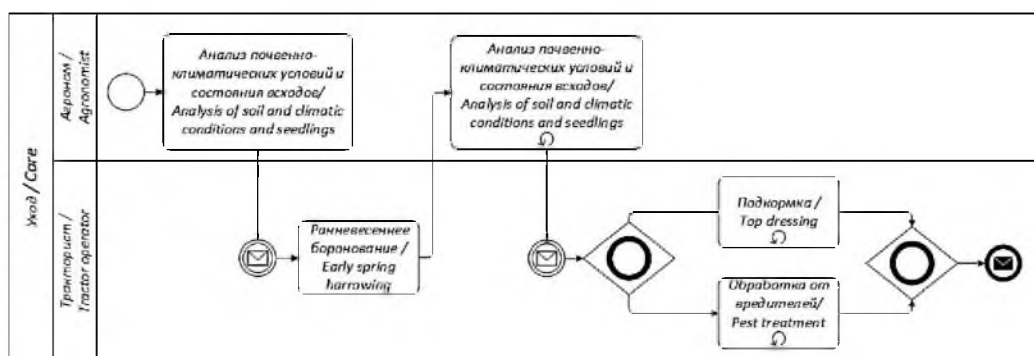


Рисунок 4 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Уход»

Figure 4 – BPMN diagram «As it is» of decomposition of the «Care» process

После боронования в ранневесенний период всходам необходимо обеспечить своевременные и в достаточном объеме подкормки и обработки от вредителей. Весь комплекс мероприятий ухода за посевами озимой пшеницы должен способствовать сохранению к уборке максимум продуктивных растений. Результативность этого процесса зависит от правильно принятых решений агронома. Установлено, что наибольшие потери урожайности (более 23%) могут возникнуть из-за вредителей и сорных растений, поэтому агрономической службе нужно вести постоянный мониторинг состояния растений [7].

Процесс первого уровня «Уборка урожая» для озимой пшеницы представлен подпроцессом собственно уборки и последующими параллельными подпроцессами послеуборочных работ по пожнивным остаткам и транспортировки зерна на ток. Декомпозиция подпроцесса «Уборка» представлена на рисунке 5.

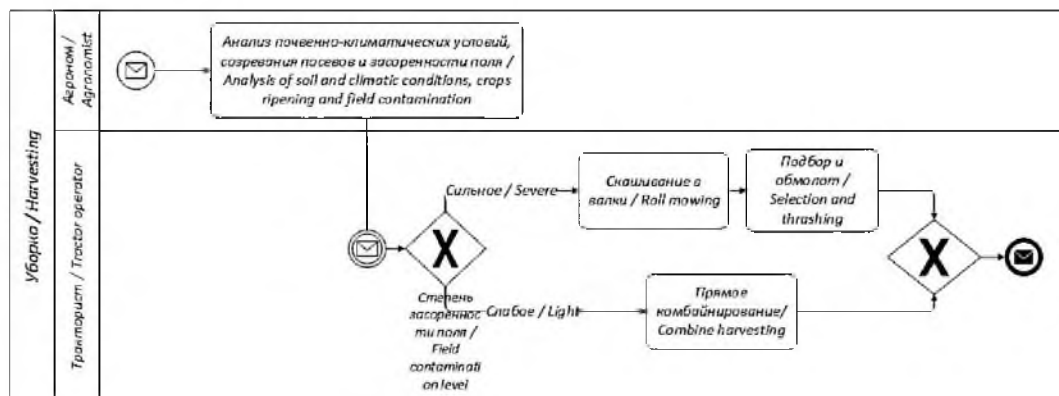


Рисунок 5 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Уборка»

Figure 5 – BPMN diagram «As it is» of the decomposition of the «Cleaning» process

Начало уборки определяет агроном на основе проделанного им анализа почвенно-климатических условий, созревания посевов и засоренности поля. В зависимости от степени засоренности поля выбирается способ уборки – прямое комбайнирование или скашивание в валки с последующим подбором и обмолотом.

Декомпозиция подпроцесса «Послеуборочные работы по пожнивным остаткам», представленная на рисунке 6, определяет последовательность операций, выполняемых трактористом: сталкивание соломы, погрузка соломы, транспортировка соломы и её скирдование.

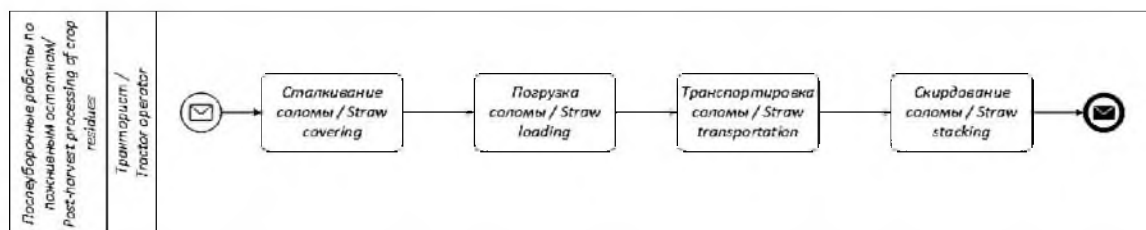


Рисунок 6 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Послеуборочные работы по пожнивным остаткам»

Figure 6 – BPMN diagram «As it is» of the decomposition of the process «Post-harvest work on crop residues»

Процесс первого уровня «Доработка продукции» для озимой пшеницы представлен подпроцессом «Очистка и сушка зерна», который декомпозирован на рисунке 7 и запускается завершением операции транспортировки зерна на ток предыдущего подпроцесса.

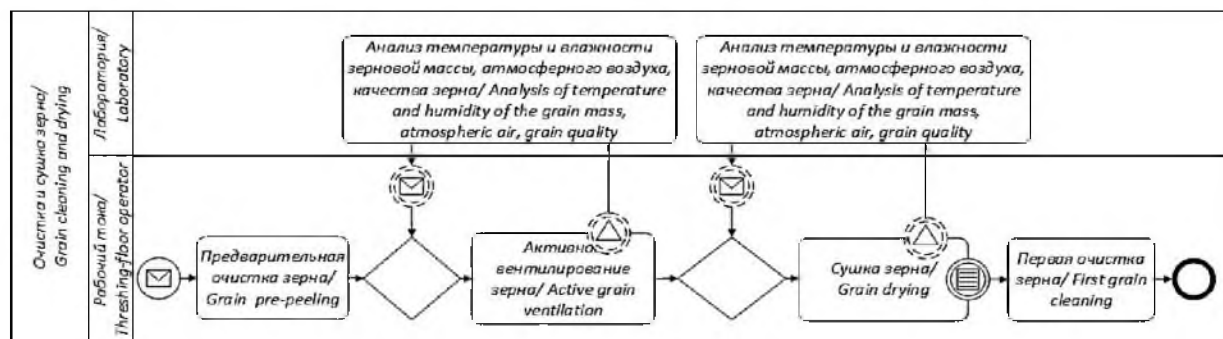


Рисунок 7 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Очистка и сушка зерна»

Figure 7 – BPMN diagram «As it is» of the decomposition of the process «Cleaning and drying grain»

Послеуборочная обработка зерна, которую проводят на специально оборудованных механизированных токах, заключается в последовательности проводимых операций: предварительная очистка зерна, активная вентиляция зерна, сушка зерна и первая очистка зерна. Для достижения целей проводимых операций – повышение качества зерновой массы и способности к длительному хранению – необходим регулярный лабораторный контроль параметров процессов (рисунок 7, непрерывающие событие – сообщение) посредством анализа температуры и влажности зерновой массы и атмосферного воздуха, качества зерна, значения которых регулярно фиксируются лабораторией (рисунок 7, граничное непрерывающие событие – сигнал). Завершение сушки зерна происходит по достижению соответствующего показателя влажности зерна (рисунок 7, граничное прерывающие событие – условное).

Процесс первого уровня «Сортировка продукции» для озимой пшеницы представлен подпроцессом «Сортировка и транспортировка зерна в зернохранилище», который декомпозирован на рисунке 8.

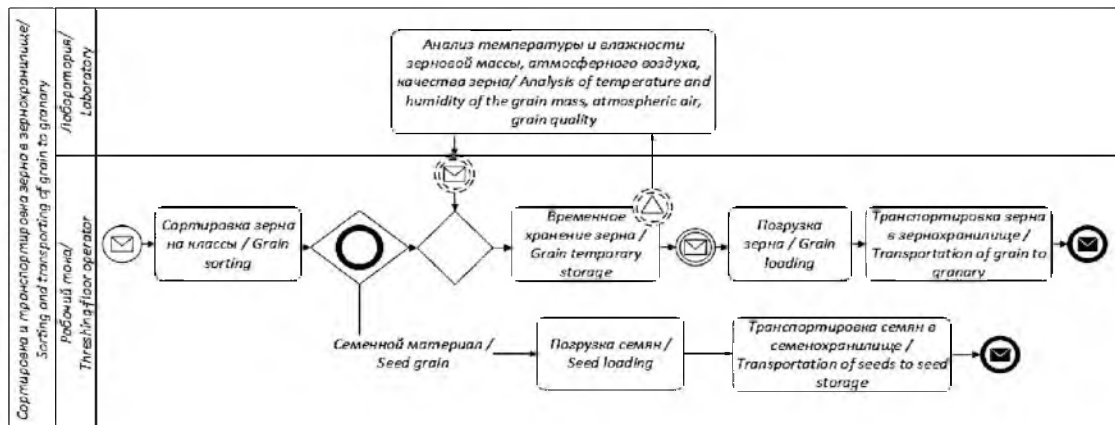


Рисунок 8 – BPMN-диаграмма «Как есть» декомпозиции процесса «Сортировка и транспортировка зерна в зернохранилище»

Figure 8 – BPMN diagram «As it is» of the decomposition of the process «Sorting and transporting grain to the granary»

При сортировке отбираются лучшие по показателям качества зёрна на семенной материал и для пищевой отрасли. Отобранный семенной материал отправляют в семенохранилище, а остальное, ввиду загруженности зернохранилищ в сезон, предварительно подлежит временному хранению, в течение которого необходим регулярный лабораторный контроль через анализ температуры и влажности зерновой массы и атмосферного воздуха, качества зерна. Процесс первого уровня «Хранение продукции» описан параллельными циклическими процессами буртования зерна и поддержки режимов температуры и влажности (рисунок 1).

Обсуждение. Анализ существующего процесса «Выполнить производство продукции и услуг» на примере выращивания озимой пшеницы показал недостаточный уровень его эффективности и автоматизации, а также отсутствие использования роботов [9], технологий точного земледелия и интернета вещей [10]. Это не позволяет создать высоко эффективные бизнес-процессы [3], снизить воздействие природных рисков. Однако такая картина характерна для подавляющего большинства растениеводческих хозяйств нашей страны [13].

Кроме того, для успешной реализации бизнес-процесса необходима высочайшая квалификация агронома, который определяет время начала и параметры всех значимых операций выращивания озимой пшеницы на основе собственных знаний, опыта и анализа данных, которые преимущественно собраны им же ручным или механизированным способом. В процессе ухода за посевами от агронома требуется незамедлительной коррекции развития растений или борьбы с вредителями на определенных участках поля. Всегда актуален вопрос научно-обоснованного состава и концентрации удобрения или химической защиты растений, для чего необходима научная лаборатория, а не один агроном, даже с богатейшим профессиональным опытом. После уборки урожая ответственность за сохранность качества зерна ложится на лаборатории при механизированных токах, которые на основе регулярных сборов соответствующих данных корректируют процессы сушки и хранения зерна. Успех этого процесса определяется квалификацией сотрудников лаборатории и современным уровнем технической оснащенности лаборатории, что на практике, к сожалению, отсутствует.

Заключение. Моделирование бизнес-процесса сельскохозяйственного предприятия «Выполнить производство продукции и услуг» на примере выращивания озимой пшеницы позволяет констатировать низкий уровень использования цифровых технологий в базовых растениеводческих хозяйствах университета. Отсутствие автоматизированных систем принятия решений, технологий интернета вещей, инструментария моделирования и реорганизации бизнес-процессов приводит к излишнему использованию химикатов, удобрений, топлива, трудовых ресурсов и не позволяет рационально управлять хозяйством с учетом реальных условий, минимизировать влияние «человеческого фактора», снизить издержки при возделывании продукции.

Предложенные модели «Как есть» процессов возделывания озимой пшеницы послужат основой для их реорганизации с целью снижения рисков и повышения эффективности деятельности сельскохозяйственного предприятия за счет использования современных цифровых технологий.

Библиографический список

1. Валовой сбор продукции растениеводства [Электронный ресурс] // Федеральная служба государственной статистики: [сайт]. 2019. 01 апреля. URL: http://volgastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/volgastat/ru/statistics/enterprises/agriculture (Дата обращения: 01.07.2019)
2. Изменение качества зерна у различных сортов озимой и яровой пшеницы в зависимости от технологий возделывания // П.М. Политыко, М.Н. Парыгина, А.А. Вольпе, А.М. Магурова, А.С. Каланчина, В.М. Никифоров, Н.С. Беркутова // Сельскохозяйственная биология. 2016. № 3. С. 71-76. – URL: <http://www.agrobiology.ru/3-2010politiko.html>
3. 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. Morrisville, NC, USA: Lulu Press, 2019. P. 95-97.
4. 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 НВ АУК. 2019. № 2(54). С. 49-53.
5. Репин В.В., Елиферов В. Г. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с. ISBN 978-5-96157-554-5.
6. Технология производства озимой пшеницы [Электронный ресурс] // Бизнес-портал "Пути успеха". 2015. URL: <http://puti-uspeha.ru/agroteh/647-ozim-pshenica.html?showall=1> (Дата обращения: 01.07.2019)
7. Шпанев А.М., Дорохов Б.А. Об оценке комплексной вредоносности основных фитосанитарных объектов на озимой пшенице в условиях юго-востока центрально-черноземной зоны России// Сельскохозяйственная биология. 2019. № 5. С. 94-102. URL: <http://www.agrobiology.ru/5-2009shpanev.html>
8. Food and Agriculture Organization. Sustainable Development Goals. SDG indicators. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/241/ru/>
9. Implementation of Industry 4.0 and Industrial Robots in the Manufacturing Processes / I. Karabegović, E. Karabegović, M. Mahmić, E. Husak //Lecture Notes in Networks and Systems. 2020. Vol. 76. P. 3-14.
10. Khanna A. Kaur S. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture // Computers and Electronics in Agriculture. 2019. №157. P. 218-231.
11. 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 — Morrisville, NC, USA: Lulu Press, 2019. P. 94-99.
12. 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. Vol. 138. P. 579-593.

13. 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.

References

1. Valovoj sbor produktsii rastenievodstva [Elektronnyj resurs] // Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki: [cajt]. 2019. 01 aprelya. URL: http://volgastat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/volgastat/ru/statistics/enterprises/agriculture (Data obrascheniya: 01.07.2019)
2. Izmenenie kachestva zerna u razlichnykh sortov ozimoy i yarovoy pshenicy v zavisimosti ot tehnologiy vozdeleyvaniya // P. M. Polityko, M. N. Parygina, A. A. Vol'pe, A. M. Magurova, A. S. Kalanchina, V. M. Nikiforov, N. S. Berkutova // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2016. № 3. P. 71-76. - URL: <http://www.agrobiology.ru/3-2010politiko.html>
3. Kochetkova O. V. Transformatsiya biznes-processov sel'skohozyajstvennykh 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. Morrisville, NC, USA: Lulu Press, 2019. P. 95-97.
4. Modelirovanie i analiz processa "Vypolnit' nauchnye issledovaniya i proektnye raboty" s cel'yu vnedreniya cifrovyykh tehnologiy v bazovyykh hozyajstvakh agrarnogo vuza / O. V. Kochetkova, A. S. Matveev, E. V. Shiryayeva, D. P. Ar'kov // Izvestiya NV AUK. 2019. № 2(54). P. 49-53.
5. 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.
6. Tehnologiya proizvodstva ozimoy pshenicy [Elektronnyj resurs] // Biznes-portal "Puti uspeha". 2015. URL: <http://puti-uspeha.ru/agroteh/647-ozim-pshenica.html?showall=1> (Data obrascheniya: 01.07.2019)
7. Shpanev A. M., Dorohov B. A. Ob ocenke kompleksnoj vredonosnosti osnovnykh fitosantarnykh ob'ektov na ozimoy pshenice v usloviyakh yugo-vostoka central'no-chernozemnoj zony Rossii// Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2019. № 5. P. 94-102. URL: <http://www.agrobiology.ru/5-2009shpanev.html>
8. Food and Agriculture Organization. Sustainable Development Goals. SDG indicators. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/241/ru/>
9. Implementation of Industry 4.0 and Industrial Robots in the Manufacturing Processes / I. Karabegović, E. Karabegović, M. Mahmić, E. Husak // Lecture Notes in Networks and Systems. 2020. Vol. 76. P. 3-14.
10. Khanna A. Kaur S. Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture // Computers and Electronics in Agriculture. 2019. №157. P. 218-231.
11. 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 — Morrisville, NC, USA: Lulu Press, 2019. P. 94-99.
12. 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. Vol. 138. P. 579-593.
13. 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.

Информация об авторах

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.

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.

Васильев Максим Петрович, старший преподаватель кафедры «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5759-6026> E-mail: realmax11@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

УДК 621.039.342:631.821

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-43

**ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ
ОСАДИТЕЛЬНОЙ ЦЕНТРИФУГИ
ПРИ ОБРАБОТКЕ СУСПЕНЗИИ ИЗВЕСТКОВОГО ШЛАМА**

**PHYSICAL MODELING OF THE SEPARATING ABILITY OF A DECANTER
CENTRIFUG IN PROCESSING OF SUSPENSION OF LIME SLIME**

А.Е. Новиков^{1,2}, доктор технических наук, доцент

М.И. Филимонов^{1,2}, младший научный сотрудник

М.И. Ламскова², кандидат технических наук

А.А. Ерохина³, преподаватель

A.E. Novikov^{1,2}, M.I. Filimonov^{1,2}, M.I. Lamskova², A.A. Erokhina³

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», г. Волгоград

²Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

³Волгоградский энергетический колледж, г. Волгоград

¹Federal State Budget Scientific Institution the All-Russian research institute
of irrigated agriculture, Volgograd

²Volgograd State Technical University, Volgograd

³Volgograd Energy College, Volgograd

Дата поступления в редакцию 16.08.2019

Дата принятия к печати 17.09.2019

Received 16.08.2019

Submitted 17.09.2019

В настоящее время объемы известкования кислых почв в России снизились в 20 раз по сравнению с периодом 90-х годов 20 века, когда решением проблемы закисления наиболее продуктивных земель с промывным режимом занималось государство. Изменение инвестиционной политики в стране и дефицит собственных средств у частных сельхозтоваропроизводителей спровоцировали интенсивный рост площадей кислых почв. По прогнозам к 2020 году их площади достигнут 56 млн га, а потери сельскохозяйственной продукции в пересчете на зерно с этих земель могут составить более 18 млн тонн. При этом уже сейчас площади, на которых необходимо периодически проводить известкование, составляют около 65 млн. га. В отсутствие спроса на известковые мелиоранты предприятия, производившие их, перепрофилировались на другую продукцию, тем самым лишив сельскохозяйственную отрасль действенных и экономически выгодных мелиорантов. Для решения этой актуальной проблемы необходимо ежегодно мелиорировать более 11 млн. га пашни, а для этого необходимо производить более 100 млн. тонн известковых мелиорантов. В связи с этим первоочередной задачей является восстановление мощностей по производству номенклатуры известковых мелиорантов, а из-за отсутствующих профильных производств и недостатка в ряде регионов России природных материалов в разработку необходимо задействовать известьсодержащие отходы промышленности. По результатам выполненных исследований по изучению эффективности обработки суспензии известкового шлама в осадительной центрифуге установлено, что с увеличением расхода подаваемой суспензии от 100 до 400 л/час номинальный диаметр частиц твердой фазы, улавливаемых на 100 %, увеличивается и, соответственно, снижаются локальные степени улавливания. При расходе 100 л/час интегральная степень очистки независимо от частоты вращения ротора приближается к 100 %. При расходе суспензии 200 л/час и варьировании частоты вращения ротора центрифуги от 350 до 750 об/мин интегральная степень очистки увеличивается с 94 % почти до 99 %, а при расходе 400 л/час – с 67 % до 88 %, что обусловлено ростом фактора разделения с 54,6 до 251,0.

To date, the liming of acidic soils in Russia has decreased by 20 times compared with the period of the 90s of the 20th century, when the state was engaged in solving the problem of acidification of the most productive lands with a leaching regime. The change in investment policy in the country and the shortage of own funds among private agricultural producers provoked an intensive growth in the area of acid soils. According to forecasts, by 2020 their area will reach 56 million hectares, and the loss of agricultural products in terms of grain from these lands may amount to more than 18 million tons. Moreover, now the area on which it is necessary to periodically liming is about 65 million hectares. In the absence of demand for lime reclaimants, the enterprises that produced them were redeployed to other products, thereby depriving the agricultural industry of effective and cost-effective reclaimants. To solve this urgent problem, it is necessary to reclaim more than 11 million hectares of arable land annually, and for this it is necessary to produce more than 100 million tons of lime reclaimants. In this regard, the primary task is to restore the facilities for the production of the range of lime reclaimants, and due to the lack of specialized industries and the lack of natural materials in a number of Russian regions, lime-containing industrial waste must be used in the development. According to the results of studies on the effectiveness of processing a suspension of lime sludge in a sedimentation centrifuge, it was found that with an increase in the flow rate of the supplied suspension from 100 to 400 l/h, the nominal diameter of the particles of the solid phase trapped by 100% increases and, accordingly, local levels of capture. At a flow rate of 100 l/h, the integral degree of purification, regardless of the rotor speed, approaches 100%. When the suspension flow rate is 200 l/h and the centrifuge rotor speed is varied from 350 to 750 rpm, the integral degree of purification increases from 94% to almost 99%, and at a flow rate of 400 l/h – from 67% to 88%, which is due to the increase separation factor from 54.6 to 251.0.

Ключевые слова: осадительная центрифуга, суспензия известкового шлама, химическая мелиорация почв, известковые мелиоранты, степени очистки, тонина помола.

Key words: decanting centrifuge, lime slurry suspension, chemical soil reclamation, lime reclaimants, degree of purification, grinding fineness.

Цитирование. Новиков А.Е., Филимонов М.И., Ламскова М.И., Ерохина А.А. Физическое моделирование разделительной способности осадительной центрифуги при обработке суспензии известкового шлама. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 342-350. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-43.

Citation. Novikov A.E., Filimonov M.I., Lamskova M.I., Erokhina A.A. Physical modeling of the separating ability of a decanter centrifuge in processing of suspension of lime slime. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 342-350. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-43.

Введение. Вопросам известкования почв в настоящее время уделяется недостаточное внимание, хотя об актуальности этой проблемы говорят многие ученые [3-6, 9, 12]. Отсутствие господдержки в организации и проведении мероприятий по химической мелиорации почв, а также дефицит собственных средств у производителей сельскохозяйственной продукции привели к интенсивному росту площадей кислых почв, которых в России к 2020 году, по прогнозу ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, будет почти 56 млн. га. При этом уже сейчас площадь почв, на которых необходимо периодически проводить известкование, составляет около 65 млн. га [1]. Географически можно выделить следующие экономические районы, где проблема закисления почв стоит наиболее остро, – это Центрально-Черноземный, Северо-Кавказский, Поволжский и Восточно-Сибирский [6].

С другой стороны, инертность в вопросах известкования почв государства и сельхозтоваропроизводителей спровоцировала повальное закрытие и переориентацию цехов по производству известковых мелиорантов на другую продукцию, тем самым усугубив проблему масштабного закисления почв отсутствием действенных и экономически целесообразных препаратов для раскисления их.

Таким образом, первоочередной задачей в решении проблемы закисления почв является восстановление мощностей по производству номенклатуры известковых мелиорантов. При этом из-за недостатка в ряде регионов России природных материалов в разработку необходимо задействовать отходы промышленности, содержащие кальций. Такой подход, с одной стороны, выгодно отличается относительно низкой себестоимостью

стью производимых мелиорантов, а с другой – позволяет выполнить утилизацию отходов, сокращая площади полигонов для их хранения, улучшая экологическое благополучие этих территорий [9].

Материалы и методы. Исследование разделительной способности осадительной центрифуги при обработке суспензии известкового шлама проводили на экспериментальной установке (рисунок 1). Она включает закрепленный в герметичном кожухе 1 сплошной ротор 2, электропривод 3, центробежный насос 4, емкости исходной суспензии 5 и осветленной жидкости (фугата) 6, запорно-регулирующую арматуру 7 и 8, а также частотный преобразователь 10.

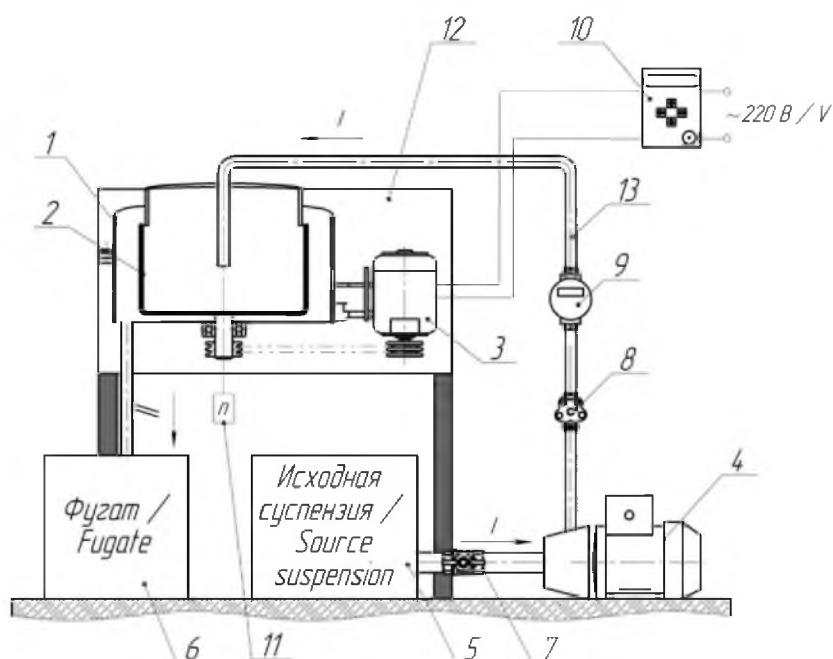


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки (позиции по тексту):

I – подача исходной суспензии; II – отвод фугата из центрифуги

Figure 1 – Scheme of the experimental setup (position in the text):

I – supply of the initial suspension; II – removal of the centrifuge from the centrifuge

Габаритные размеры экспериментальной центрифуги соответствуют техническим параметрам типовой машины марки ОМБ-803. Для безопасной эксплуатации установки ротор в герметичном кожухе и электропривод помещены в защитный короб 12. Элементы установки между собой обвязаны сетью трубопроводов 13. Расход жидкости q , подаваемой в диапазоне от 100 до 400 л/час, контролировали с помощью водяного счетчика 13, а частоту вращения ротора n изменяли от 350 до 750 об/мин тахометром 11. Число оборотов ротора центрифуги варьировали посредством частотного преобразователя.

Установка работает следующим образом. Вентиль 7 устанавливали в положение «открыто», включали насос и вентилем 8 регулировали расход исходной суспензии, которая по трубопроводу поступала в центральную часть плоского днища вращающегося ротора. Под действием центробежной силы жидкость равномерно распределялась в виде пленки по стенкам сплошного ротора и, поднимаясь вверх до его кромки, переливалась в герметичный кожух, откуда самотеком отводилась в емкость для фугата. Частицы твердой фазы, находящиеся в суспензии, осаждались на поверхность ротора и накапливались в виде влажного осадка, который в дальнейшем извлекали, высушивали и подвергали ситовому анализу.

Сушку влажного осадка проводили под вакуумом при температуре 90 °С в сушильном шкафу ВШ-0,035М. За время сушки осуществляли контроль массы. Сушку прекращали, когда два последовательных взвешивания образца показывали равные результаты.

Ситовый анализ частиц твердой фазы проводили следующим образом: осадок взвешивали на лабораторных весах ВК1500.1 и пропускали через набор сит, установленных одно над другим в порядке убывания размеров отверстий сверху вниз на вибростоле. Взвешивая каждую фракцию, полученную таким образом, определяли ее массу m_i и процентное содержание y_i этой фракции через отношение m_i к общей массе сухого осадка M .

Средний размер частиц твердой фазы, составляющих образец, рассчитывали по формуле:

$$d_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} d_i m_i}{M},$$

где d_i – средний размер частиц твердой фазы i -й фракции, мм.

Для определения остаточного содержания частиц твердой фазы в фугате (интегральной степени очистки) η его пропускали через предварительно взвешенную (m_1) фильтровальную бумагу. После ее сушили, взвешивали (m_2) и рассчитывали массу твердых частиц в фугате:

$$M_{\phi} = m_1 - m_2; \quad \eta = \frac{M}{M + M_{\phi}}.$$

Далее проводили ситовый анализ сухого осадка, полученного на фильтровальной бумаге, и определяли вес каждой фракции g_i . Локальные степени очистки каждой фракции рассчитывали по формуле:

$$\chi_i = \frac{y_i}{y_i + g_i}.$$

Использование описанного метода позволяет не учитывать количество частиц твердой фазы, оставшейся в емкости исходной суспензии и в трубной обвязке.

Обработку данных эксперимента проводили методом корреляционно-регрессионного анализа.

Результаты и обсуждение. С учетом прогнозов скорости закисления почв к 2020 году ежегодные потери сельскохозяйственной продукции в пересчете на зерно с этих земель могут составить более 18 млн. тонн [3] или 30 % экспорта (в объемах на период 2017-2018 годы)! Для предотвращения этой эколого-экономической катастрофы необходимы широкомасштабные мероприятия по химической мелиорации почв. В расчете на пятилетние циклы известкования земель ежегодно в России необходимо мелиорировать более 11 млн. га пашни, а для этого необходимо производить более 100 млн тонн известковых мелиорантов [2].

Эффективность мелиорантов на основе кальция зависит от размеров составляющих их фракций (тонины помола) и в некоторой степени от плотности их сложения [10, 11]. В обзоре [3] отмечается, что наибольшей химической активностью отличаются фракции размером менее 0,3 мм и от 0,3 до 1,0 мм. В связи с этим изучение пофракционного состава материала для производства известковых мелиорантов является важной составляющей технологии.

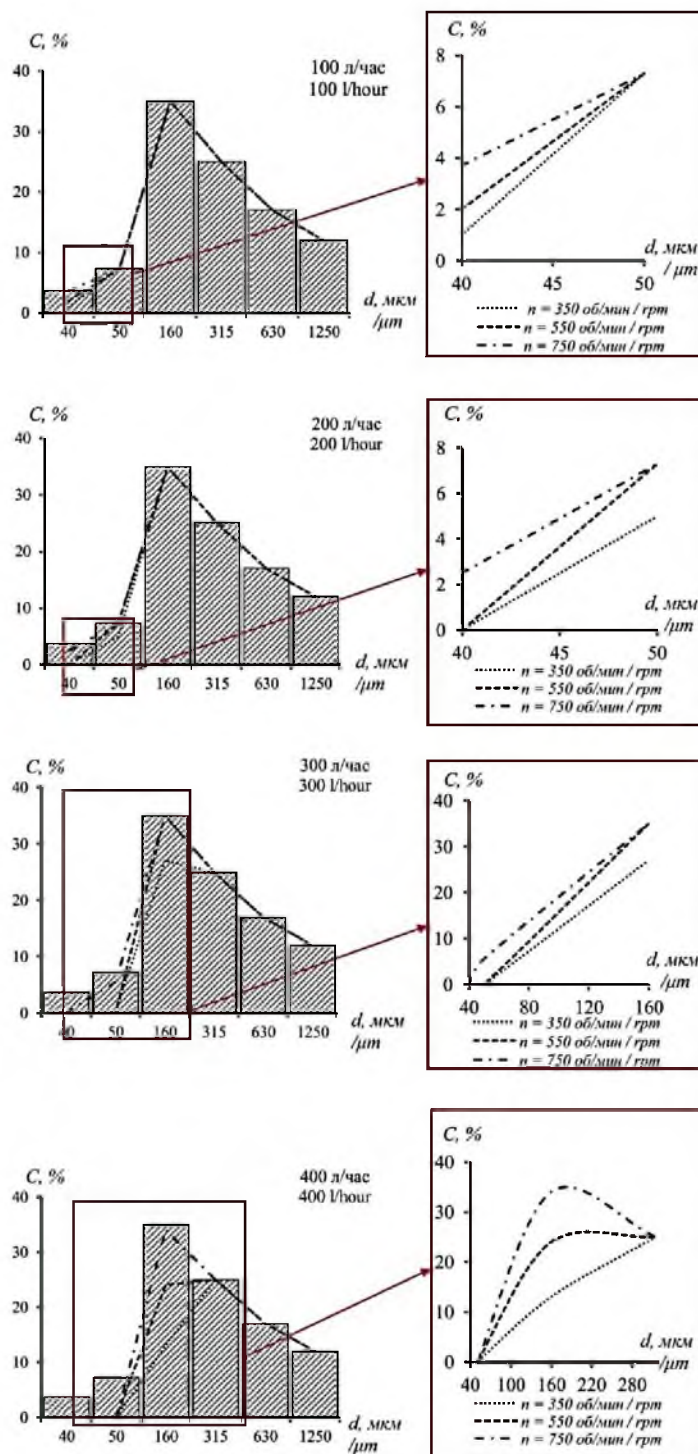


Рисунок 2 – Фракционный состав осадка и локальные степени его улавливания при различных технологических режимах

Figure 2 – Fractional composition of the sediment and its local degrees capture under various technological conditions

На рисунке 2 показаны результаты ситового анализа частиц твердой фазы осадка и локальные степени уловленных фракций, а на рисунке 3 – интегральная степень очистки суспензии известкового шлама при различных технологических режимах.

Анализ графиков свидетельствует о том, что с увеличением расхода подаваемой суспензии от 100 до 400 л/час номинальный диаметр частиц твердой фазы, улавливаемых на 100 %, увеличивается и, соответственно, снижаются локальные степени улавливания. При минимальном расходе – 100 л/час – интегральная степень очистки независимо от частоты вращения ротора приближается к 100 %. При расходе суспензии 200 л/час и варьировании частоты вращения ротора центрифуги от 350 до 750 об/мин η увеличивается, соответственно, с 94 % почти до 99 %, а при расходе 400 л/час – с 67 % до 88 %.

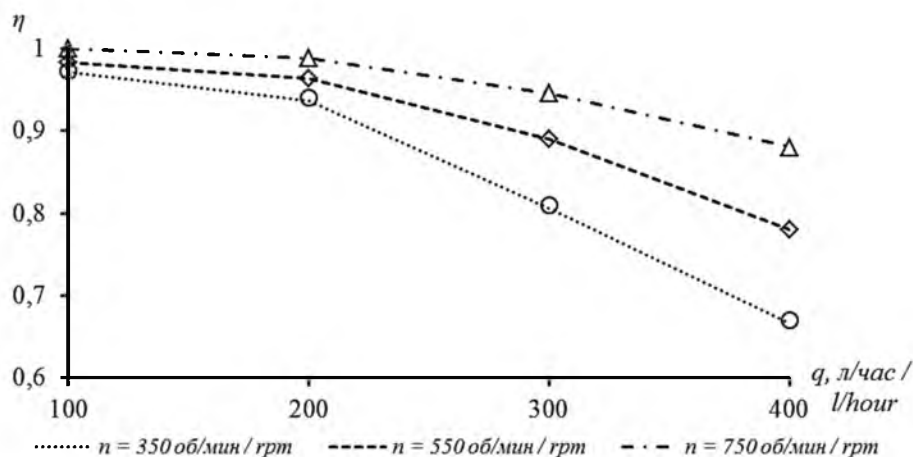


Рисунок 3 – Зависимость интегральной степени очистки суспензии от ее расхода при варьировании частоты вращения ротора центрифуги

Figure 3 – The dependence of the integral degree of purification of the suspension on its flow rate when varying the rotational speed of the centrifuge rotor

Повышение степени очистки путем изменения скорости вращения ротора объясняется увеличением фактора разделения, который находится в степенной зависимости от скорости вращения ротора и может быть рассчитан по формуле [7, 8]:

$$\Phi = \frac{\omega^2 R}{g} = 112 g \cdot 10^{-5} R \cdot n^2,$$

где ω – угловая скорость ротора, с^{-1} ; $R = 0,4$ м – внутренний радиус ротора центрифуги; n – частота вращения ротора, об/мин; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Для подтверждения достоверности и значимости полученных результатов эксперимента были рассчитаны необходимые статистические критерии (таблица 1), а для описания зависимости η от расхода подаваемой суспензии предложено регрессионное дробно-квадратичное уравнение:

$$\eta = \frac{a + bq}{1 + cq + dq^2},$$

где η – a, b, c, d – коэффициенты уравнения (таблица 2).

По результатам расчета критерия Колмогорова доказано, что зависимость интегральной степени очистки от расхода исходной суспензии не противоречит закону нормального распределения, а по критерию Кохрена – влияние случайных факторов на целевую функцию незначительно и гипотеза об однородности дисперсий не отвергается.

Согласно выполненным расчетам по уравнению (1), отклонение теоретических значений интегральной степени очистки суспензии (на рисунке 3 обозначено маркерами) от экспериментальных значений составляет менее 1 %.

Таблица 1 – Результаты корреляционно-регрессионного анализа интегральной степени улавливания в центрифуге /

Table 1 – Results of correlation and regression analysis of the integral degree of capture in a centrifuge

Частота вращения ротора n , об/мин / Rotor speed n , rpm	R^2	R	$\bar{\delta}$	Критерий Колмогорова / Criterion Kolmogorova		Критерий Кохрена / Criterion Cochren		Критерий Фишера / Criterion Fisher	
				расч./ calc.	табл./ tab.	расч./ calc.	табл./ tab.	расч./ calc.	табл./ tab.
350	1	1	0,5	0,84	1,35	0,33	0,77	1,15	1,62
550	1	1	0,7	1,05	1,35	0,33	0,77	1,23	1,62
750	1	1	0,4	1,15	1,35	0,33	0,77	1,5	1,62

Таблица 2 – Коэффициенты регрессионного уравнения (1) при различных технологических режимах работы центрифуги

Table 2 – The coefficients of the regression equation (1) for various technological modes of operation of the centrifuge

Частота вращения ротора n , об/мин / Rotor speed n , rpm	Значение коэффициентов регрессии / The value of the regression coefficients				Критерий Стьюдента / Student criterion				
	a	$b \cdot 10^4$	$d \cdot 10^6$	$c \cdot 10^6$	табл./ tab.	расч./ calc.			
						a	b	d	c
350	0,82	0,18	9,87	-662	2,3	14,6	319	117	17,5
550	0,95	-3,8	-983	2,59	2,3	16,8	68	175	4,6
750	0,98	1,86	-222	1,77	2,3	17,4	331	395	20,8

Сопоставив расчетные и критические значения критерия Фишера, мы установили, что полученное регрессионное уравнение адекватно описывает характер изменения η в зависимости от q . По результатам расчета критерия Стьюдента доказано, что все коэффициенты имеют высокую значимость.

Вывод. Таким образом, по результатам эксперимента можно заключить, что эффективное разделение суспензии известкового шлама в осадительной центрифуге возможно при малых значениях расхода жидкости 100-200 л/час, дальнейшее же увеличение расхода приводит к резкому снижению степени очистки. Это явление обусловлено турбулизацией осевого потока, который, образуя завихрения, поднимает и уносит частицы твердой фазы, осевшие на стенку ротора. Так, при самых неблагоприятных условиях ($q = 400$ л/час и $n = 350$ об/мин) интегральная степень улавливания частиц составляет 0,67. Увеличение частоты вращения ротора до 750 об/мин при том же значении расхода суспензии приводит к росту η до 0,88, что объясняется повышением фактора разделения с 54,6 до 251,0.

Библиографический список

1. Аканова Н.И., Шильников И.А. Проблема химической мелиорации почв в земледелии Российской Федерации // Плодородие. 2018. № 2. С. 9-11.
2. Киперман Ю.А., Комаров М.А., Ангелов А.И. Агрономические руды и минеральные удобрения в обеспечении продовольственной безопасности России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2015. № 2. С. 22-27.
3. Литвинович А.В., Небольсина З.П. Продолжительность действия известковых мелиорантов в почвах и эффективность известкования // Агрохимия. 2012. № 10. С. 79-94.
4. Литвинович А.В. История известкования почв // Агрофизика. 2014. № 2. С. 45-51.

5. Новиков А.Е., Филимонов М.И., Ламскова М.И. Моделирование процесса выделения осадка с удобрительно-мелиорирующими свойствами из рассола хлорида натрия в центрифугах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3. С. 300-309.
6. Осипов А.И. Научные основы химической мелиорации почв и перспективы их дальнейшего изучения // Агрофизика. 2012. № 3 (7). С. 41-50.
7. Очистка отработанных моторных масел от микронных и субмикронных частиц в сверхцентрифуге / А.Б. Голованчиков, А.Е. Новиков, М.И. Филимонов, Д.М. Баранов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1. С. 264-274. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-35.
8. Физическое и математическое моделирование процессов центрифугирования: монография / А.Б. Голованчиков, А.Е. Новиков, М.И. Филимонов, М.К. Доан; ВолгГТУ. – Волгоград, 2018 – 155 с.
9. Якушев В.П., Осипов А.И. Химическая мелиорация почв – вчера, сегодня, завтра // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2013. № 30. С. 68-72.
10. Lime application effects on soil aggregate properties: Use of the mean weigh diameter and synchrotron-based X-ray μ CT techniques / Talita R. Ferreira, Luiz F. Pires, Dorth Wildenschild and ect. // Geodarma. 2019. Vol. 338. P. 585-596.
11. Nutrient rich biomass and effluent sludge wastes co-utilization for production of biochar fertilizer through different thermal treatments / Adnan Asad Karim, Manish Kumar, Sanghamitra Mohapatra, Saroj Kumar Singh // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 228. P. 570-579.
12. Richard J. Haynes . What effect does liming have on silicon availability in agricultural soils? // Geodarma. 2019. Vol. 337. P. 357-383.

Reference

1. Akanova N. I., Shil'nikov I. A. Problema himicheskoy melioracii pochv v zemledelii Rossijskoj Federacii // Plodorodie. 2018. № 2. P. 9-11.
2. Kiperman Yu. A., Komarov M. A., Angelov A. I. Agronomicheskie rudy i mineral'nye udobreniya v obespechenii prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii // Mineral'nye resursy Rossii. Jekonomika i upravlenie. 2015. № 2. P. 22-27.
3. Litvinovich A. V., Nebol'sina Z. P. Prodolzhitel'nost' dejstviya izvestkovykh meliorantov v pochvah i jeffektivnost' izvestkovaniya // Agrohimiya. 2012. № 10. P. 79-94.
4. Litvinovich A. V. Istoriya izvestkovaniya pochv // Agrofizika. 2014. № 2. P. 45-51.
5. Novikov A. E., Filimonov M. I., Lamskova M. I. Modelirovanie processa vydeleniya osadka s udobritel'no-melioriruyuschimi svojstvami iz rassola hlorida natriya v centrifugah // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3. P. 300-309.
6. Osipov A. I. Nauchnye osnovy himicheskoy melioracii pochv i perspektivy ih dal'nejshego izucheniya // Agrofizika. 2012. № 3 (7). P. 41-50.
7. Ochistka otrabotannykh motornykh masel ot mikronnykh i submikronnykh chastic v sverhcentrifuge / A. B. Golovanchikov, A. E. Novikov, M. I. Filimonov, D. M. Baranov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1. P. 264-274. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-35.
8. Fizicheskoe i matematicheskoe modelirovanie processov centrifugirovaniya: monografiya / A. B. Golovanchikov, A. E. Novikov, M. I. Filimonov, M. K. Doan; VolgGTU. - Volgograd, 2018 - 155 p.
9. Yakushev V. P., Osipov A. I. Himicheskaya melioraciya pochv - vchera, segodnya, zavtra // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 30. P. 68-72.
10. Lime application effects on soil aggregate properties: Use of the mean weigh diameter and synchrotron-based X-ray μ CT techniques / Talita R. Ferreira, Luiz F. Pires, Dorth Wildenschild and ect. // Geodarma. 2019. Vol. 338. P. 585-596.
11. Nutrient rich biomass and effluent sludge wastes co-utilization for production of biochar fertilizer through different thermal treatments / Adnan Asad Karim, Manish Kumar, Sanghamitra Mohapatra, Saroj Kumar Singh // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 228. P. 570-579.
12. Richard J. Haynes . What effect does liming have on silicon availability in agricultural soils? // Geodarma. 2019. Vol. 337. P. 357-383.

Информация об авторах

Новиков Андрей Евгеньевич, старший научный сотрудник лаборатории механизации и техники полива 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), доктор технических наук, E-mail: novikov-ae@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-8051-4786

Филимонов Максим Игоревич, младший научный сотрудник лаборатории механизации и техники полива 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

Ламскова Мария Игоревна, старший преподаватель кафедры «Процессы и аппараты химических и пищевых производств» Волгоградский государственный технический университет (РФ, 400005, г. Волгоград, пр. им Ленина, 28), кандидат технических наук
E-mail: lamskov@yandex.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-8475-9246

Ерохина Арина Александровна, преподаватель Волгоградский энергетический колледж (РФ, 400079, г. Волгоград, ул. Турбинная, д. 261)

E-mail: erohina_arina@bk.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-2823-041X

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 621.357:635.64

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-44

**ПРИЕМЫ ФИТООЗДОРОВЛЕНИЯ РАССАДЫ ТОМАТА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОЛИЗОВАННОЙ ВОДЫ
И ПРИГОТОВЛЕННЫХ НА ЕЕ ОСНОВЕ РАСТВОРОВ**

**TECHNIQUES PHYTOSTEROLEMIA TOMATO SEEDLINGS WITH THE USE
OF ELECTROLYZED WATER AND USING IT AS THE BASIS OF SOLUTIONS**

С.Я. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук

М.Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук

А.Н. Чушкин, кандидат технических наук

Е.И. Чушкина, кандидат сельскохозяйственных наук

S.Y. Semenenko, M.N. Lytov, A.N. Chushkin, E.I. Chushkina

*Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН
(ПНИИЭМТ - филиал ФНЦ агроэкологии РАН), г. Волгоград*

*Federal scientific center for Agroecology, land reclamation and protective afforestation of
Russian Academy of Science (the branch of Agroecology of Russian Academy of Sciences), Volgograd*

Дата поступления в редакцию 24.06.2019

Дата принятия к печати 15.09.2019

Received 24.06.2019

Submitted 15.09.2019

Актуальной проблемой, на решение которой направлено настоящее исследование, является разработка экологически безопасных технологий, снижающих вредоносность фитопатогенов и вредителей при выращивании овощной продукции в условиях защищенного грунта. Цель исследований состояла в количественной оценке эффектов применения электрохимически обработанной воды для подавления фитопатогенной микрофлоры и сдерживания болезней рассады томата. В основу методологии исследований положен эксперимент. При обосновании приемов применения электрохимически обработанной воды принималась во внимание необходимость учета источника заражения и оценки технологически целесообразной величины электрохимически инициированного сдвига редокс-потенциала. Исследованиями получены экспериментальные данные, подтверждающие целесообразность использования воды с электрохимически инициированным сдвигом редокс-потенциала для проливки грунта перед посевом рассады как в монотехнологии, так и при

совокупном использовании с микробиологическим препаратом бисолбифит. Установлено, что использование воды с электрохимически обусловленным сдвигом редокс-потенциала для дезинфекции грунта позволяет в 1,5-2,7 раза снизить число пораженных рассадных растений. Орошение рассады томата дает схожий эффект, но при существенно увеличенных затратах электрохимически обработанной воды. Наилучшие показатели были получены при использовании воды с электрохимически обусловленным сдвигом редокс-потенциала +800 мВ. Использование электрохимически обработанной воды для приготовления раствора бисолбифита обеспечило более высокую активность подавления фитопатогенной микрофлоры в сравнении с монотехнологиями как по обработанной воде, так и по биолбифиту: число пораженных рассадных растений снизилось на 20-33 %. Установлено, что наиболее эффективным является поочередное использование анолита (+800 мВ) для дезинфекции грунта и проливка раствором препарата бисолбифит, что в совокупности обеспечило сдерживание распространения болезней рассады на уровне 0,8-2,0 %.

The urgent problem to be solved by the present research is the development of environmentally friendly technologies that reduce the harmfulness of phytopathogens and pests when growing vegetable products in a protected ground. The purpose of the research was to quantify the effects of using electrochemically treated water to suppress phytopathogenic microflora and to contain diseases of tomato seedlings. The research methodology is based on an experiment. When substantiating the methods of using electrochemically treated water, the necessity of taking into account the source of infection and evaluating the technologically feasible value of the electrochemically initiated shift of the redox potential was taken into account. The studies obtained experimental data confirming the feasibility of using water with an electrochemically initiated shift of the redox potential for spilling the soil before sowing seedlings both in monotechnology and when used together with the microbiological preparation bisolbifit. It was established that the use of water with an electrochemically determined shift of the redox potential for soil disinfection allows 1,5-2,7 times reduction in the number of seedlings affected. Irrigation of tomato seedlings gives a similar effect, but with significantly increased costs of electrochemically treated water. The best performance was obtained when using water with an electrochemically determined shift of the redox potential of +800 mV. The use of electrochemically treated water to prepare a solution of bisolbiphyte ensured a higher activity of suppressing phytopathogenic microflora in comparison with monotechnologies both in treated water and in biolbiphite: the number of affected seedlings decreased by 20-33%. It was found that the most effective is the alternate use of anolyte (+800 mV) for disinfection of the soil and spilling with a solution of the drug bisolbifit, which together ensured the spread of seedling diseases at a level of 0,8-2,0%.

Ключевые слова: томаты, рассада томатов, электролизованная вода, фитооздоровление рассады.

Key words: tomatoes, seedlings, electrolyzed water, phyto-recovery.

Цитирование. Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкин А.Н., Чушкина Е.И. Приемы фитооздоровления рассады томата с использованием электролизованной воды и приготовленных на ее основе растворов. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 350-360. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-44.

Citation. Semenenko S.Ya., Lytov M.N., Chushkin A.N., Chushkina E.I. Techniques phytorecovery of tomato seedlings with the use of electrolyzed water and using it as the basis of solutions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 350-360. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-44.

Введение. Системы интегрированной защиты растений являются неотъемлемыми составляющими современных агротехнологий. Проблема сдерживания развития и распространения фитопатогенной микрофлоры вредителей остается значимой для современного сельского хозяйства [3, 4, 14]. Широкое применение высокотоксичных средств химической защиты растений ведет к разрушению естественных биоценологических связей, порождает новые проблемы: возрастает уязвимость ценозов для фитопатогенной микрофлоры, риск накопления опасных веществ в продукции, происходит снижение эффективности применяемых ядохимикатов [5, 13, 11]. Современным трендом развития технологий защиты растений является создание и освоение новых биологических методов, новых малотоксичных

препаратов, использование экологически безопасных технологий, снижающих вредоносность фитопатогенов и вредителей [1, 8, 14, 15]. К последним следует отнести и технологии, основанные на использовании воды с электрохимически регулируемым сдвигом pH и редокс-потенциала. Цель исследований сводилась к поиску эффективных способов и оптимизации режимов применения электрохимически обработанной воды для подавления фитопатогенной микрофлоры и сдерживания болезней рассады томата.

Материалы и методы. В основу рабочей гипотезы исследований положены подтвержденные ранее данные [2, 6, 7, 9, 12] о возможности создания неблагоприятных условий для развития и распространения фитопатогенной микрофлоры путем кратковременного воздействия водой или растворами с электрохимически смещенным pH и редокс-потенциалом. Было выдвинуто предположение о необходимости учета источника заражения (фитопатогенной микрофлоры) при разработке способов применения электрохимически обработанной воды в целях фитооздоровления посевов при производстве рассады. Для изучения этого вопроса в программу исследований было включено пять способов возможного использования электрохимически обработанной воды, представленными самостоятельными, концептуально сформированными технологиями с неустановленными параметрами реализации: вариант 1 – использование электрохимически обработанной воды с разным уровнем смещения редокс-потенциала для дезинфекции грунта при производстве рассады способом проливки; вариант 2 – использование электрохимически обработанной воды, с разным уровнем смещения редокс-потенциала для орошения посевов при производстве рассады; вариант 3 – использование электрохимически обработанной воды для обработки вегетативных органов рассадных растений. Эта группа вариантов представлена монотехнологиями применения электрохимически обработанной воды, то есть технологиями, построенными на использовании исключительно эффектов от кратковременного изменения реакции окружающей среды. Но электрохимически обработанную воду можно применять и в совокупности с современными, высокоэффективными, в том числе биологическими средствами защиты растений. В этом направлении опытами было заложено еще два варианта: вариант 4 – дезинфекция грунта, используемого при выращивании рассады раствором микробиологического препарата бисолбифит, приготовленным на основе воды с разным уровнем электрохимически инициированного смещения редокс-потенциала; вариант 5 – поочередное применение электрохимически обработанной воды с разным уровнем смещения редокс-потенциала и раствора препарата бисолбифит для дезинфекции грунта способом проливки. В последнем случае используется так называемое «сложение технологий», когда последовательно используются две самостоятельные технологии, обеспечивающие в совокупности сложение эффектов.

Другим не менее важным фактором, определяющим эффективность подавления патогенной микрофлоры, является величина электрохимически инициированного сдвига используемой воды. По этому направлению исследований было заложено 8 вариантов, включая контроль (без электрохимической обработки), четыре варианта с католитом (редокс-потенциал соответственно равен 0, -200, -400 и -600 мВ) и три варианта с анолитом (редокс-потенциал соответственно равен +400, +600 и +800 мВ).

Материалами исследований являются результаты экспериментов, реализованных по представленной выше схеме в 2018 и 2019 годах. Закладка опытов осуществлялась на специально оборудованных под выращивание рассады площадках с регулируемым микроклиматом в КФХ «Толочко Ф.Ю.» Среднеахтубинского района Волгоградской области. Опытная культура – томаты, гибрид Пинк-Парадайз, индетерминатного типа роста. Выбраковку пораженных растений рассады проводили в течение всего технологического цикла, не допуская переноса фитопатогенов «от растения к растению». Вы-

бракованные растения группировали по характеру поражения, специфичным признакам болезней, включая зоны начального заражения, развития болезни и т.д. Для исследования видового состава фитопатогенной микрофлоры отобранные образцы отправляли в лабораторию «Россельхозцентра». Степень распространения болезней определялась с учетом всех отбракованных растений, суммированием к контрольной дате.

Результаты и обсуждение. Формирование здоровой, хорошо развитой рассады является сложной, но чрезвычайно важной задачей при выращивании ранней овощной продукции, и особое значение приобретает при возделывании овощных в теплицах. В закрытом, ограниченном пространстве теплиц с благоприятными для развития фитопатогенов условиями использование даже единичных, зараженных растений рассады может спровоцировать развитие эпифитотии. Поэтому отбраковка пораженных болезнями рассадных растений осуществляется в процессе всего технологического цикла производства рассады. Динамика распространения болезней оказывает прямое влияние на выход рассадных растений, а, следовательно, и эффективность производства.

Одним из способов фитооздоровления рассады с использованием электролизованной воды является дезинфекция тепличного грунта. Используемый для выращивания рассады грунт является одним из наиболее распространенных источников заражения растений. Опыты показали, что использование воды с электрохимически инициированным сдвигом редокс-потенциала для проливки грунта оказывает статистически значимое действие на распространение болезней рассады (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика распространения болезней томата при выращивании рассады с использованием электрохимически обработанной воды для дезинфекции грунта (нарастающим итогом с учетом выбракованных рассадных растений), %

Table 1 – Dynamics of the spread of tomato diseases when growing seedlings using electrochemically treated water for disinfection of soil (cumulative, taking into account rejected seedlings), %

Уровень электрохимически инициированного сдвига редокс-потенциала / The level of electrochemically initiated shift of the redox potential	Год исследований					
	2018			2019		
	Образование первого настоящего листа / Formation of the first true sheet	Образование 4-5 настоящего листа / Formation 4-5 of this sheet	Образование 7-8 настоящего листа / Formation 7-8 of this sheet	Образование первого настоящего листа / Formation of the first true sheet	Образование 4-5 настоящего листа / Formation 4-5 of this sheet	Образование 7-8 настоящего листа / Formation 7-8 of this sheet
Контроль (без электрохимической обработки, +200 мВ) / Without electrochemical treatment, (+200 mV)	0,8	6,8	9,2	0	1,6	4,4
0 мВ / 0 mV	0,8	6,4	8,8	0	2	4,8
-200 мВ / -200 mV	0,4	7,2	10,0	0	2	5,2
-400 мВ / -400 mV	0,8	6,0	8,0	0	1,6	4,4
-600 мВ / -600 mV	0,4	4,8	5,6	0	1,6	3,6
+400 мВ / +400 mV	0,8	7,6	10,8	0	1,6	4,0
+600 мВ / +600 mV	0,4	6,8	8,4	0	1,2	2,8
+800 мВ / +800 mV	0	5,2	6,0	0	0,4	1,6
HCP ₀₅ , % / LSD ₀₅ , %			1,1			0,5

Поражение рассадных растений томата в опытах к моменту образования первого настоящего листа оказалось невелико и не превышало 0,4-0,8 %. Однако в процессе выращивания по причине заболевания выбраковывались все новые и новые растения рассады и к фазе образования 7-8 настоящих листьев (сформированная рассада) их число в ряде вариантов превышало 10 %. Опыты показали и существенную вариабельность числа пораженных растений по годам исследований, что может быть связано как с источником инфекции (степень зараженности, видовой состав фитопатогенов), так и с условиями, благоприятствующими их активизации.

На контроле, где проливку грунта для выращивания рассады осуществляли водой, не прошедшей электрохимическую обработку, в 2018 году было поражено болезнями 9,2 %, а в 2019 году – 4,4 % рассадных растений. Редокс-потенциал используемой для проливки волжской воды составляет около +200 мВ. Исследования показали, что электрохимически обусловленное смещение редокс-потенциала воды вплоть до -200 мВ не позволяет сформировать какого-либо определенного вектора воздействия на распространение фитопатогенной микрофлоры, различия в доле пораженных растений не превышали статистической ошибки опыта. Применение католита оказалось эффективным в 2018 году при электрохимическом смещении редокс-потенциала до -400 – -600 мВ (5,6-8,0 % пораженных растений), а в 2019 году – только в вариантах с редокс-потенциалом -600 мВ (3,6 % пораженных растений).

Обработка грунта анолитом в 2019 году оказалась эффективной лишь при электрохимически инициированном сдвиге редокс-потенциала до +600 и +800 мВ, доля заболевших растений сократилась с 4,4 (контроль) до 1,6-2,8 %. В 2018 году статистически доказанный эффект от анолита был получен только по величине смещенного редокс-потенциала +800 мВ.

Обращает внимание неодинаковая эффективность обработок, проводимых электролизованной водой в разные годы исследований. Например, в 2018 году доля пораженных рассадных растений томата сократилась с 9,2 % на контроле до 6,0 % при обработке анолитом (+800 мВ), тогда как в 2019 году при таких же условиях распространение болезней томата сократилось в 2,7 раза. Объясняется это, преимущественно, разным видовым составом фитопатогенов в годы проведения исследований и подтверждает их различную реакцию на воздействие электролизованной водой. В частности, в 2018 году было подтверждено поражение рассадных растений *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicislycopersici*, *Septoria lycopersici* и *Pythium ultimum*, а в 2019 – *Septoria lycopersic* и группой фитопатогенов *Pythium debaryanum*, *Pythium ultimum*.

Другим, поставленным к изучению способом фитооздоровления рассады томата, является применение электролизованной воды для орошения, обработки вегетативных органов, приготовления раствора микробиологических препаратов, а также в комбинации с другими приемами сдерживания болезней (таблицы 2-5).

Анализ опытных данных показал, что использование воды с электрохимически инициированным сдвигом редокс-потенциала для орошения рассады оказывает существенное влияние на динамику распространения фитопатогенной микрофлоры (таблица 2). Качественно закономерности влияния электрохимически обработанной воды на микрофлору сохраняются такие же, как и при однократной дезинфекции грунта, однако количественные эффекты в ряде случаев более выражены.

Например, в 2018 году наибольшее число рассадных растений, 13,6 %, по причине заражения фитопатогенами пришлось выбраковать на участках, где поливы проводили анолитом с электрохимически обусловленным сдвигом редокс-потенциала +400 мВ. При повышении редокс-потенциала воды до +600 мВ картина резко менялась, рас-

пространение болезней растений сокращалось до уровня в 7,6 %, что на 6,0 % меньше, чем при поливе анолитом +400 мВ и на 1,6 % меньше, чем на контроле (поливов необработанной оросительной водой). Данные, полученные в 2019 году, подтвердили эффективность использования анолита с редокс-потенциалом +600 мВ, тогда как при использовании для орошения воды с редокс-потенциалом +800 мВ ситуация по распространению болезней ухудшалась. Наиболее значимые эффекты по католиту при использовании его для проведения поливов были получены в варианте с электрохимически инициированным сдвигом редокс-потенциала -600 мВ.

Таблица 2 – Динамика распространения болезней томата при выращивании рассады с использованием электрохимически обработанной воды для орошения (нарастающим итогом с учетом выбракованных рассадных растений), %

Table 2 – Dynamics of the spread of tomato diseases when growing seedlings using electrochemically treated water for irrigation (cumulative, taking into account rejected seedlings), %

Уровень электрохимически инициированного сдвига редокс-потенциала / The level of electrochemically initiated shift of the redox potential	Год исследований / Year of research					
	2018			2019		
	Образование первого настоящего листа / Formation of the first true sheet	Образование 4-5 настоящего листа / Formation 4-5 of this sheet	Образование 7-8 настоящего листа / Formation 7-8 of this sheet	Образование первого настоящего листа / Formation of the first true sheet	Образование 4-5 настоящего листа / Formation 4-5 of this sheet	Образование 7-8 настоящего листа / Formation 7-8 of this sheet
Контроль (без электрохимической обработки, +200 мВ) / Without electrochemical treatment, (+200 mV)	0,8	6,8	9,2	0	1,6	4,4
0 мВ / 0 mV	0,8	8,4	10,8	0	2,4	5,6
-200 мВ/-200 mV	0,4	6,8	10,0	0	2,0	5,6
-400 мВ/-400 mV	0,4	4,4	6,8	0	1,6	4,4
-600 мВ/-600 mV	0	3,6	6,0	0	1,2	2,8
+400 мВ/+400 mV	0,8	9,2	13,6	0	1,6	3,6
+600 мВ/+600 mV	0,4	6,0	7,6	0	0,8	1,2
+800 мВ/+800 mV	0	3,6	6,4	0	0,4	2,0
НСР ₀₅ , %/ LSD ₀₅ , %			0,9			0,4

Использование воды с электрохимически инициированным сдвигом редокс-потенциала для обработки вегетативных органов по рассаде томата оказалось неэффективным (таблица 3). Динамика распространения фитопатогенной микрофлоры усилилась, к дате готовности рассады было выбраковано до 18,0 % растений в 2018 году и до 11,2 % растений в 2019 году. Одним из эффективных, современных приемов сдерживания распространения болезней рассады является дезинфекция грунта микробиологическим препаратом Бисолбифит. Исследования показали, что приготовление раствора этого препарата на основе воды с электрохимически инициированным сдвигом редокс-потенциала оправдано только при использовании анолита +400 мВ (таблица 4).

Таблица 3 – Динамика распространения болезней томата при выращивании рассады с использованием электрохимически обработанной воды для обработки вегетативных органов растений (нарастающим итогом с учетом выбракованных рассадных растений), %

Table 3 – Dynamics of the spread of tomato diseases when growing seedlings using electrochemically treated water for the treatment of vegetative organs of plants (cumulative, taking into account rejected seedlings), %

Уровень электрохимически инициированного сдвига редокс-потенциала / The level of electrochemically initiated shift of the redox potential	Год исследований / Year of research					
	2018			2018		
	Образование первого настоящего листа / Formation of the first true sheet	Образование 4-5 настоящего листа / Formation 4-5 of this sheet	Образование 7-8 настоящего листа / Formation 7-8 of this sheet	Образование первого настоящего листа / Formation of the first true sheet	Образование 4-5 настоящего листа / Formation 4-5 of this sheet	Образование 7-8 настоящего листа / Formation 7-8 of this sheet
Контроль (без электрохимической обработки, +200 мВ) / Without electrochemical treatment, (+200 mV)	0,8	10,8	15,2	0	7,2	10,0
0 мВ / 0 mV	0,8	11,6	16,4	0	7,2	10,0
-200 мВ / -200 mV	0,8	12,8	18,0	0	8,0	11,2
-400 мВ / -400 mV	0,8	13,6	18,0	0	7,6	11,2
-600 мВ / -600 mV	0,8	12,8	16,4	0	6,8	9,2
+400 мВ / +400 mV	0,8	10,8	15,2	0	1,6	3,6
+600 мВ / +600 mV	0,8	10,4	14,4	0	0,8	1,2
+800 мВ / +800 mV	0,8	9,6	13,2	0	0,4	2,0
HCP ₀₅ , % / LSD ₀₅ , %			1,5			0,8

Таблица 4 – Динамика распространения болезней томата при выращивании рассады с использованием раствора Бисолбифита на основе электрохимически обработанной воды для дезинфекции грунта (нарастающим итогом с учетом выбракованных рассадных растений), %

Table 4 – Dynamics of the spread of tomato diseases during growing seedlings using a solution of Bisolbifit based on electrochemically treated water for disinfection of soil (cumulative, taking into account rejected seedlings), %

Уровень электрохимически инициированного сдвига редокс-потенциала / The level of electrochemically initiated shift of the redox potential	Год исследований / Year of research					
	2018			2018		
	Образование первого настоящего листа / Formation of the first true sheet	Образование 4-5 настоящего листа / Formation 4-5 of this sheet	Образование 7-8 настоящего листа / Formation 7-8 of this sheet	Образование первого настоящего листа / Formation of the first true sheet	Образование 4-5 настоящего листа / Formation 4-5 of this sheet	Образование 7-8 настоящего листа / Formation 7-8 of this sheet
1	2	3	4	5	6	7
Контроль (без электрохимической обработки, +200 мВ) / Without electrochemical treatment, (+200 mV)	0	2,0	3,6	0	0,8	2,4

Окончание таблицы 4

0 мВ /0 mV	0	2,0	4,4	0	0,8	2,8
-200 мВ/-200 mV	0	2,8	5,2	0	0,8	3,2
-400 мВ/-400 mV	0	3,6	6,4	0	1,2	4,0
-600 мВ/-600 mV	0,4	4,4	6,8	0	1,6	4,8
+400 мВ/+400 mV	0	1,6	2,8	0	0,8	1,6
+600 мВ/+600 mV	0	2,4	4,4	0	1,2	2,8
+800 мВ/+800 mV	0,4	5,2	6,4	0	0,8	2,8
HCP ₀₅ , %/ LSD ₀₅ , %			0,8			0,3

В 2018 году совокупный уровень распространения болезней сокращался с 3,6 % на контроле до 2,8 % на этом варианте, в 2019 году – с 2,4 до 1,6 %. Использование электрохимически обработанной воды с другими вариантами сдвига редокс-потенциала во все годы снижало эффективность применения бисолбифита. Обращает внимание, что в целом уровень распространения болезней рассады при использовании микробиологических препаратов существенно ниже.

Опытами апробирован еще один способ применения электрохимически обработанной воды с целью фитооздоровления рассады томата (таблица 5).

Таблица 5 – Динамика распространения болезней томата при выращивании рассады с поочередным использованием электрохимически обработанной воды и водного раствора бисолбифита для дезинфекции грунта (нарастающим итогом с учетом выбракованных рассадных растений), %

Table 5 – Dynamics of the spread of tomato diseases when growing seedlings with alternate use of electrochemically treated water and an aqueous solution of bisolbifit for disinfection of the soil (cumulative, taking into account rejected seedlings), %

Уровень электрохимически инициированного сдвига редокс-потенциала / The level of electrochemically initiated shift of the redox potential	Год исследований / Year of research					
	2018			2019		
	Образование первого настоящего листа / Formation of the first true sheet	Образование 4-5 настоящего листа / Formation 4-5 of this sheet	Образование 7-8 настоящего листа / Formation 7-8 of this sheet	Образование первого настоящего листа / Formation of the first true sheet	Образование 4-5 настоящего листа / Formation 4-5 of this sheet	Образование 7-8 настоящего листа / Formation 7-8 of this sheet
Контроль (без электрохимической обработки, +200 мВ) / Without electrochemical treatment, (+200 mV)	0	2,0	3,6	0	0,8	2,4
0 мВ /0 mV	0	2,0	3,6	0	0,8	2,4
-200 мВ/-200 mV	0,4	2,0	4,0	0	0,8	2,8
-400 мВ/-400 mV	0	2,0	3,6	0	0,8	2,0
-600 мВ/-600 mV	0	1,6	2,8	0	0,4	1,6
+400 мВ/+400 mV	0	2,0	3,6	0	0,8	1,6
+600 мВ/+600 mV	0	1,6	2,8	0	0,4	1,2
+800 мВ/+800 mV	0	1,2	2,0	0	0,4	0,8
HCP ₀₅ , %/ LSD ₀₅ , %			0,6			0,3

Технология в этом случае предполагала раздельное применение микробиологического препарата и воды с электрохимически инициированным сдвигом редокс-потенциала для дезинфекции грунта. Опыты подтвердили эффективность такой комби-

нации агроприемов, когда один из используемых агробиологических эффектов дополняется другим. Наиболее эффективным оказался вариант, где для дезинфекции грунта использовали анолит с электрохимически инициированным сдвигом +800 мВ с последующим применением микробиологического препарата бисолбифита. Распространение болезней рассады в 2018 году не превышало 2,0 %, в 2019 году – 0,8 %.

Заключение. Использование электрохимически обработанной воды сопровождается статистически значимыми эффектами в плане сдерживания распространения болезней рассады томата. Эффективность способов применения электрохимически обработанной воды в целях фитооздоровления различна, зависит от направления и величины электрохимически инициированного сдвига, видового состава фитопатогенов. Использование электрохимически обработанной воды как самостоятельной технологии фитооздоровления рассады наиболее эффективным оказалось для дезинфекции грунта способом проливки. Распространение фитопатогенной микрофлоры по рассаде томата при этом сокращается в 1,5-2,7 раза. Орошение рассады томата дает схожие эффекты, но при существенно увеличенных затратах электрохимически обработанной воды. Наиболее эффективным оказалось комбинированное применение электрохимически обработанной воды и микробиологического препарата бисолбифит для дезинфекции грунта. Поочередное использование анолита (+800 мВ) для дезинфекции грунта и проливка раствором препарата бисолбифит обеспечило сдерживание распространения болезней рассады на уровне 0,8-2,0 %.

Библиографический список:

1. Агасьева И.С., Исмаилов В.Я. Роль биотехнологии в биологической защите растений // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 58. С. 67-74.
2. Возможность снижения пестицидных нагрузок при возделывании томатов в условиях орошения / Н.Н. Дубенок, С.Я. Семененко, М.Н. Лытов, Е.И. Чушкина // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 5. С. 55-58.
3. Грибы – возбудители болезней растений / В. Анисимова, Л.Ю. Новикова, Ф. Новак-зи, Д. Копанке, А.А. Зубкович, О.С. Афанасенко // Микология и фитопатология. 2017. Т. 51. № 4. С. 229-240.
4. Левитин М.М. Распространение болезней растений в условиях глобального изменения климата // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. - 2016. № 13. С. 97-101.
5. Мехдиев Т.В. Экологические проблемы применения пестицидов // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. 2014. № 5. С. 98-103.
6. Поветкин С.Н., Дорофеев В.И. Сравнительная эффективность бактерицидного действия электрохимически активированных растворов гипохлорита и хлорида натрия и питьевой воды на возбудителей колибактериоза и сальмонеллёза // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 13. С. 187-189.
7. Семененко С.Я. Белицкая М.Н., Лихолетов С.М. Фитосанитарное оздоровление зерновых и овощных культур с помощью электрохимически активированной воды // Успехи современного естествознания. 2013. № 1. С. 78-82.
8. Таланов И.П., Каримова Л.З., Гарифуллина Л.Ф. Влияние предпосевной обработки семян КВЧ на пораженность растений болезнями и урожайность озимой пшеницы // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. № 4 (38). С. 55-59.
9. Bactericidal activity of neutral electrolyzed water against *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* in cell suspensions and artificially inoculated onto the surface of selected fresh produce and polypropylene cutting boards / H.M. Al-Qadiri, S. Smith, A.C. Sielaff, B.N. Govindan, M. Ziyaina, N. Al-Alami, B. Rasco // Food control. 2019. Vol. 96. P. 212-218.
10. Biopesticides from natural products: current development, legislative framework, and future trends / J.J. Villaverde, P. Sandín-España, B. Sevilla-Morán, C. López-Goti, J.L. Alonso-Prados // BioResources. 2016. Vol. 11. № 2. P. 5618-5640.

11. Determination of surfactants in environmental samples. part iii. non-ionic compounds / E. Olkowska, Z. Polkowska, M. Ruman, A. Kowalska // Ecological Chemistry and Engineering. 2013. V. 20. № 3. P. 449-461.
12. Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest / E. Feliziani, A. Lichter, J.L. Smilanick, A. Ippolito // Postharvest biology and technology. 2016. Vol. 122. P. 53-69.
13. Environmental management in agriculture: problems and solutions / E.N. Kriulina, N.V. Tarasenko, N.V. Miroshnitchenko, I.V. Zaitseva, I.F. Dedyukhina // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol. 7. № 3. P. 1908-1912.
14. Litvishko V.S., Litvishko O.V. Environmental aspects of using microencapsulated malathion // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol. 7. № 6. P. 3114-3122.
15. Matyjaszczyk E. Plant protection means used in organic farming throughout the European Union // Pest Management Science. 2018. Vol. 74. № 3. P. 505-510.

Reference

1. Agas'eva I. S., Ismailov V. Ya. Rol' biotekhnologii v biologicheskoy zashchite rastenij // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 58. P. 67-74.
2. Vozmozhnost' snizheniya pesticidnyh nagruzok pri vozdeystvii tomatov v usloviyah orosheniya / N. N. Dubenok, S. Ya. Semenenko, M. N. Lytov, E. I. Chushkina // Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennyh nauk. 2014. № 5. P. 55-58.
3. Griby - vzbuditeli boleznej rastenij / V. Anisimova, L. Yu. Novikova, F. Novakazi, D. Kopanke, A. A. Zubkovich, O. S. Afanasenko // Mikologiya i fitopatologiya. 2017. T. 51. № 4. P. 229-240.
4. Levitin M. M. Rasprostranenie boleznej rastenij v usloviyah global'nogo izmeneniya klimata // Sel'skohozyajstvennye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov. - 2016. № 13. P. 97-101.
5. Mehdiev T. V. Jekologicheskie problemy primeneniya pesticidov // Sel'skohozyajstvennye nauki i agropromyshlennyy kompleks na rubezhe vekov. 2014. № 5. P. 98-103.
6. Povetkin S. N., Dorofeev V. I. Sravnitel'naya jeffektivnost' baktericidnogo dejstviya jlektrohimicheski aktivirovannyh rastvorov gipohlorita i hloriga natriya i pit'evoy vody na vzbuditel' kolibakterioza i sal'monellozoza // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2008. № 13. P. 187-189.
7. Semenenko S. Ya. Belickaya M. N., Liholeto S. M. Fitosanitarnoe ozdorovlenie zernovyh i ovoschnykh kul'tur s pomosh'yu jlektrohimicheski aktivirovannoj vody // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2013. № 1. P. 78-82.
8. Talanov I. P., Karimova L. Z., Garifullina L. F. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan KVCh na porazhennost' rastenij boleznyami i urozhajnost' ozimoy pshenicy // Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. T. 10. № 4 (38). p. 55-59.
9. Bactericidal activity of neutral electrolyzed water against Bacillus cereus and Clostridium perfringens in cell suspensions and artificially inoculated onto the surface of selected fresh produce and polypropylene cutting boards / H.M. Al-Qadiri, S. Smith, A.C. Sielaff, B.N. Govindan, M. Ziyaina, N. Al-Alami, B. Rasco // Food control. 2019. Vol. 96. P. 212-218.
10. Biopesticides from natural products: current development, legislative framework, and future trends / J.J. Villaverde, P. Sandín-España, B. Sevilla-Morán, C. López-Goti, J.L. Alonso-Prados // BioResources. 2016. Vol. 11. № 2. P. 5618-5640.
11. Determination of surfactants in environmental samples. part iii. non-ionic compounds / E. Olkowska, Z. Polkowska, M. Ruman, A. Kowalska // Ecological Chemistry and Engineering. 2013. V. 20. № 3. P. 449-461.
12. Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest / E. Feliziani, A. Lichter, J.L. Smilanick, A. Ippolito // Postharvest biology and technology. 2016. Vol. 122. P. 53-69.
13. Environmental management in agriculture: problems and solutions / E.N. Kriulina, N.V. Tarasenko, N.V. Miroshnitchenko, I.V. Zaitseva, I.F. Dedyukhina // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol. 7. № 3. P. 1908-1912.
14. Litvishko V.S., Litvishko O.V. Environmental aspects of using microencapsulated malathion // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Vol. 7. № 6. P. 3114-3122.
15. Matyjaszczyk E. Plant protection means used in organic farming throughout the European Union // Pest Management Science. 2018. Vol. 74. № 3. P. 505-510.

Информация об авторах:

Семененко Сергей Яковлевич, директор Поволжского эколого-мелиоративного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6274-9565> pniiemt@yandex.ru

Лытов Михаил Николаевич, старший научный сотрудник лаборатории «Почвозащитных технологий орошения и информационных систем управления водным режимом» Поволжского эколого-мелиоративного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21), кандидат сельскохозяйственных наук. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825> LytovMN@yandex.ru

Чушкин Алексей Николаевич, старший научный сотрудник лаборатории «Почвозащитных технологий орошения и информационных систем управления водным режимом» Поволжского эколого-мелиоративного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21), кандидат технических наук. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4856-5049> pniiemt@yandex.ru

Чушкина Елена Ивановна, старший научный сотрудник лаборатории «Почвозащитных технологий орошения и информационных систем управления водным режимом» Поволжского эколого-мелиоративного института – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (400012, г. Волгоград, ул. Трехгорная, 21), кандидат сельскохозяйственных наук. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2551-5516> pniiemt@yandex.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК: 631/862: 621.313.532

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-45

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ТЕЛ ИНДУКТОРА НА КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE INDUCTOR BODIES OF THE INDUCTOR ON THE POWER FACTOR

И.А. Успенский¹, доктор технических наук, профессор

И.А. Юхин¹, доктор технических наук, доцент

Г.А. Борисов¹, доктор технических наук, профессор

Н.В. Лимаренко², кандидат технических наук

I.A. Uspensky¹, I.A. Yukhin¹, G.A. Borisov¹, N.V. Limarenko²

¹ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева

²ФГБОУ ВО Донской государственный технических университет

¹Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev»

²Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Don State Technical University»

Дата поступления в редакцию 17.07.2019

Дата принятия к печати 15.09.2019

Received 17.07.2019

Submitted 15.09.2019

Рассмотрены перспективы интенсификации процессов утилизации жидких отходов животноводства. В качестве одного из перспективных устройств решения обозначенной проблемы предлагается активатор на базе электромагнитного индуктора. Принцип его действия заключается в воздействии ферромагнитных тел, перемещающихся во вращающемся переменном элек-

ромагнитном поле промышленной частоты. Установлено, что масса и геометрическая форма и размерные соотношения рабочих, применяемых в индукторе, оказывают существенное влияние на его энергетическую эффективность. Для оценки энергетической эффективности индуктора использован коэффициент мощности, который для систем, питаемых переменным током промышленной частоты, приравнивается к косинусу фазного сдвига между силой тока и напряжением. Доказано существенное влияние на коэффициент мощности таких факторов, как масса рабочих тел и уровень заполненности ими индуктора. На основании результатов предварительных исследований обоснованы наиболее оптимальные геометрические и размерные параметры рабочих тел, применительно к вопросу интенсификации процесса утилизации жидких патогенных сред. Экспериментально исследовано влияние массы рабочих тел и уровня заполненности ими рабочей зоны индуктора на коэффициент мощности. Получены математические модели, позволяющие прогнозировать поведение коэффициента мощности в зависимости от рассмотренных факторов. Предложены пути повышения коэффициента мощности индуктора. Наиболее рациональным вариантом повышения энергетической эффективности является применение взаимно компенсирующих конденсаторов, представляющих реактивно емкостные элементы, подключаемые в цепь индуктора параллельно полюсам индуктора, представляющим реактивно индуктивные элементы. Предложена аналитическая зависимость, позволяющая определить ёмкость взаимно компенсирующих конденсаторов. Перспективой развития полученных результатов является оценка их достоверности постановкой эксперимента и решение оптимизационной задачи по определению влияния размерных и геометрических параметров рабочих тел, а также уровня заполненности ими индуктора на его энергетическую эффективность.

The prospects of intensification of the processes of utilization of liquid livestock wastes are considered. An activator based on an electromagnetic inductor is proposed as one of the promising devices for solving the indicated problem. The principle of action of which is the action of ferromagnetic bodies moving in a rotating alternating electromagnetic field of industrial frequency. It was found that the mass and geometric shape and dimensional ratios of the workers used in the inductor have a significant impact on its energy efficiency. To evaluate the energy efficiency of the inductor, a power factor is used, which for systems fed by alternating current of industrial frequency is equal to the cosine of the phase shift between the current strength and voltage. A significant effect on the power factor of such factors as the mass of the working fluid and the level of occupancy of the inductor by them is proved. Based on the results of preliminary studies, the most optimal geometric and dimensional parameters of the working fluid are substantiated, as applied to the issue of intensification of the utilization of liquid pathogenic media. The effect of the mass of the working fluid and the level of occupancy of the working zone of the inductor on the power factor is experimentally investigated. Mathematical models are obtained that make it possible to predict the behavior of the power factor depending on the factors considered. Ways to increase the power factor of the inductor are proposed. The most rational option for increasing energy efficiency is the use of mutually compensating capacitors representing reactive capacitive elements connected to the inductor circuit parallel to the poles of the inductor representing reactive inductive elements. An analytical dependence is proposed that allows one to determine the capacity of mutually compensating capacitors. A prospect for the development of the results obtained is an assessment of their reliability by setting up an experiment and solving an optimization problem to determine the influence of dimensional and geometric parameters of working fluids, as well as the level of occupancy of the inductor on its energy efficiency.

Ключевые слова: утилизация отходов АПК, активаторы, рабочие тела индуктора.

Key words: agricultural waste disposal, activator, inductor inductor working fluids.

Цитирование. Успенский И.А., Юхин И.А., Борисов Г.А., Лимаренко Н.В. Исследование влияния параметров рабочих тел индуктора на коэффициент мощности. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55) 360-369. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-45.

Citation. Uspensky I.A., Yukhin I.A., Borisov G.A., Limarenko N.V. Study of the influence of the inductor bodies of the inductor on the power factor. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 360-369. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-45.

Интенсификация технологических процессов сельского хозяйства при сохранении требуемого уровня качественных показателей и минимизации их удельной энергоёмкости является важной задачей. Наибольший интерес с точки зрения оптимизации энергозатрат и интенсификации продолжительности представляют собой процессы утилизации отходов животноводства [6, 17, 22, 5, 16, 1, 25], в частности жидкого и полужидкого навоза, а также навозных стоков.

Как показал анализ информационных источников и результаты предварительных исследований [22, 5, 18, 27, 23], перспективным устройством решения проблемы является активатор. Одним из основных элементов активатора является индуктор. Индуктор представляет собой устройство, питающееся от 3-х фазной цепи переменного тока промышленной частоты, создающее вращающееся переменное электромагнитное поле, состоящее из комплекта электромагнитных полюсов, смещённых относительно друг друга на угол 120° , и расположенной внутри них рабочей зоны. Более подробно устройство и принцип действия индуктора активатора описаны в работах [18, 14, 15, 11]. Рабочим органом данной системы являются ферромагнитные тела, совершающие движение внутри рабочей зоны под действием вращающегося электромагнитного поля. В качестве применяемых тел могут использоваться стержни с различными соотношениями длины к диаметру, кубики, а также шары. Согласно [3], наиболее перспективным с технологической точки зрения является применение ферромагнитных стержней с соотношением их длины к диаметру, равному 25.

Преимуществами применения активаторов на основе индукторов является высокая надёжность функционирования, связанная с минимизацией механических элементов в рабочих органах, существенная интенсификация процессов, получаемая путём образования вторичных эффектов при воздействии ферромагнитными телами на обрабатываемую среду [22, 27]. Перспективность применения активаторов и их оптимальные параметры для очистки и обеззараживания жидких сред с патогенной составляющей представлены в работах [18, 27, 24].

Однако, несмотря на эффективность применения данных систем, активаторы на основе индукторов обладают достаточно невысоким коэффициентом мощности ($\approx 0,2 \dots 0,3$), что говорит об их существенной реактивной составляющей, наличие которой приводит к снижению энергетической эффективности. Индуктор рассматриваемого активатора питается от трёхфазной цепи переменного синусоидального тока промышленной частоты, что позволяет приравнять коэффициент мощности к $\cos \varphi$, характеризующему уровень сдвига между фазными токами и напряжениями и представляющему отношение активной мощности к полной:

$$\cos \varphi = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T p dt}{\sqrt{\left(\frac{1}{T} \int_0^T p dt\right)^2 + \left(\int_0^T Q dt\right)^2}}, \quad (1)$$

где T – время одного полного цикла колебания, сек; p – мгновенная мощность, передаваемая полюсам индуктора, Вт.

$$p = u \cdot i = U_m I_m \sin^2(\omega t + \varphi), \quad (2)$$

где u – мгновенное значение напряжения в полюсах индуктора, В; i – мгновенное значение силы тока в полюсах индуктора, А; U_m – амплитудное значение напряжения в полюсах индуктора, В; I_m – амплитудное значение силы тока в полюсах индуктора, А; ω – угловая частота колебаний электрического тока в сети, Гц; φ – угол сдвига фаз между током (φ_i) и напряжением (φ_u);

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i. \quad (3)$$

Q – реактивная мощность полюсов индуктора, Вар:

$$Q = IU \sin \varphi, \quad (4)$$

где I – действующее значение силы тока в полюсах индуктора, А; U – действующее значение напряжения питающего полюса индуктора, В.

Как показал анализ информационных источников [18, 27, 24], исследования влияния параметров активатора и их оптимальные значения, обеспечивающие максимальную энергетическую эффективность индуктора, отсутствуют, соответственно решение данной задачи актуально.

Согласно [26, 7-10, 4, 2, 20, 21, 12-15], основными параметрами, оказывающими влияние на коэффициент мощности, являются масса рабочих тел, уровень заполненности рабочей зоны рабочими телами. Под рабочими телами в данном исследовании понимаются ферромагнитные стержни с различными соотношениями длины к диаметру, влияние параметров рабочих тел на качество функционирования индуктора представлено в [18, 26].

Цель исследования – исследовать влияние массы и уровня заполненности рабочей зоны индуктора ферромагнитными стержнями на $\cos \varphi$.

Для достижения поставленной цели на лабораторном индукторе, устройство и принцип действия которого описаны в [14, 15, 24], был проведён активный эксперимент. Общий вид экспериментального стенда представлен на рисунке 1.

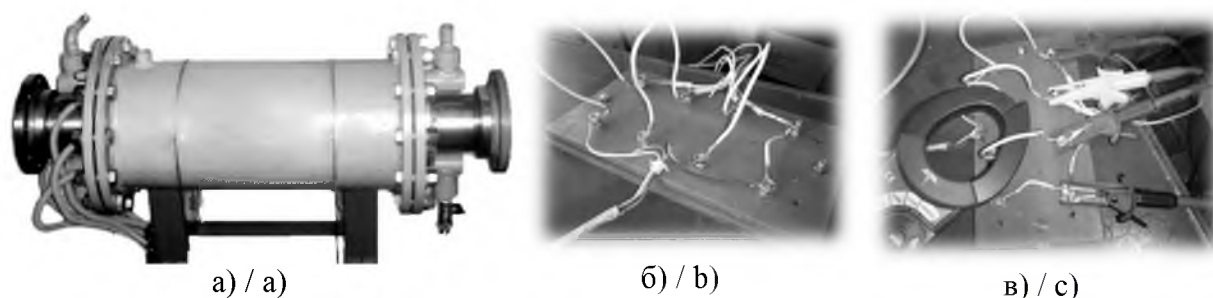


Рисунок 1 – Общий вид экспериментального стенда:

а) индуктор; б) измерительный клемник; в) процесс измерения $\cos \varphi$

Figure 1 – General view of the experimental stand:

а) the inductor; б) the measuring terminal; c) the process of measurement $\cos \varphi$

Блок-схема экспериментального исследования представлена на рисунке 2.

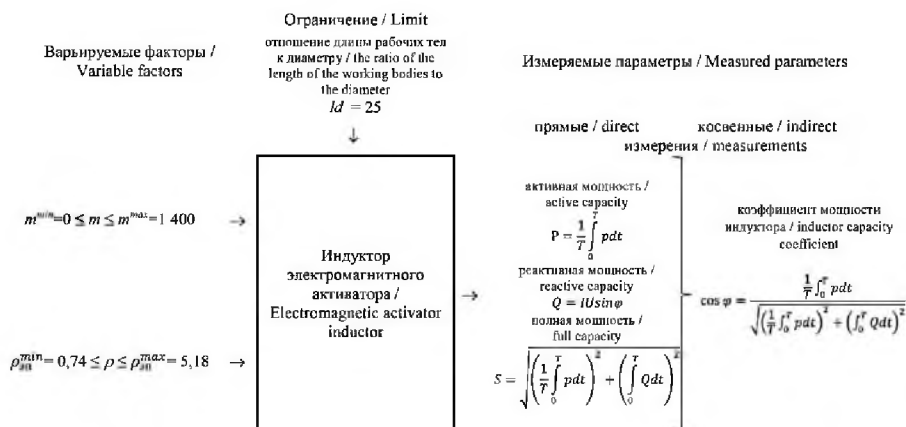


Рисунок 2 – Блок-схема экспериментального исследования

Figure 2 – Block diagram of the experimental study

Материалы и методы. Оценка коэффициента мощности осуществлялась путём прямых измерений активной, реактивной, полной мощности с помощью токоизмерительных клещей, подключенных по средствам *USB* интерфейса к программному комплексу *L-Card*, в котором осуществлялся контроль процесса в реальном времени и запись осциллограмм, после чего по ним в автоматизированном режиме вычислялся $\cos \varphi$. Пример полученной в ходе экспериментального исследования осциллограммы представлен на рисунке 3.

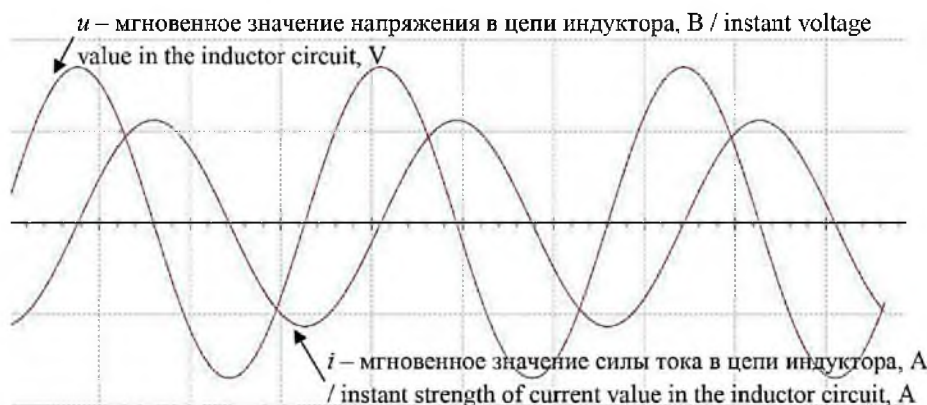


Рисунок 3 – Осциллограммы индуктивно-реактивного характера нагрузки в цепи индуктора активатора

Figure 3 – Waveforms of the inductive-reactive nature of the load circuit of inductor activator

Определение массы рабочих ферромагнитных тел осуществлялось с помощью прецизионного лабораторного модуля Pioneer с дискретной точностью до 0,01 гр. В ходе эксперимента использовались следующие уровни варьирования массы от 200 до 1 400 г, с дискретностью в 200 г. Использованный весовой модуль сертифицирован и поверен.

Заполненность рабочей зоны рабочими телами определялась по формуле:

$$\rho_{\text{зп}} = \frac{V_{\text{рп}} \cdot 100}{V_{\text{рз}}} \quad (5)$$

где $V_{\text{рп}}$ – объём рабочих тел, см^3 ; $V_{\text{рз}}$ – объём рабочей зоны, см^3 .

Результаты и обсуждение. После определения оценок коэффициентов определяющих уровень влияния исследуемых факторов на параметр $\cos \varphi$, определения их статистических характеристик, определяющих адекватность полученных зависимостей, уравнения приняли вид:

– для зависимости $\cos \varphi$ от массы ферромагнитных рабочих тел в индукторе:

$$\cos \varphi = -3E - 0,8 \cdot m^2 + 3E - 0,5 \cdot m + 0,2627; \quad (6)$$

– для зависимости $\cos \varphi$ от заполненности ферромагнитными рабочими телами индуктора:

$$\cos \varphi = -0,0022 \cdot \rho_{\text{зп}}^2 + 0,0093 \cdot \rho_{\text{зп}} + 0,2627. \quad (7)$$

Полученные зависимости позволяют определить значения рассматриваемых параметров и прогнозировать их поведение в исследуемой области. Результаты исследования влияния массы ферромагнитных рабочих тел в индукторе на $\cos \varphi$ представлены на рисунке 4.

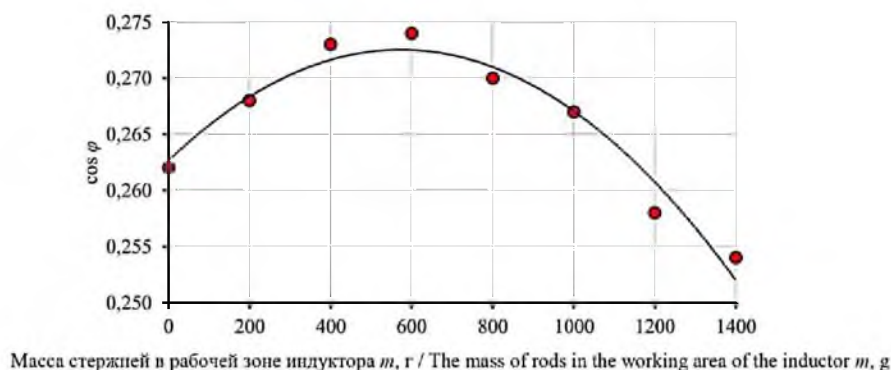


Рисунок 4 – Зависимость $\cos \varphi$ от массы ферромагнитных рабочих тел

Figure 4 – The $\cos \varphi$ dependence of the mass of the rods in the working area of the inductor

Анализ полученной аналитической (6) и графической зависимостей (рисунок 4) позволил установить, что полином второго порядка (6) адекватно по критерию Фишера характеризует зависимость $\cos \varphi$ от массы ферромагнитных рабочих тел в индукторе при уровне значимости $\alpha = 0,05$, что подтверждает коэффициент корреляции $r = 0,95$.

Результаты исследования влияния заполненности ферромагнитными рабочими телами индуктора на $\cos \varphi$ представлены на рисунке 5.

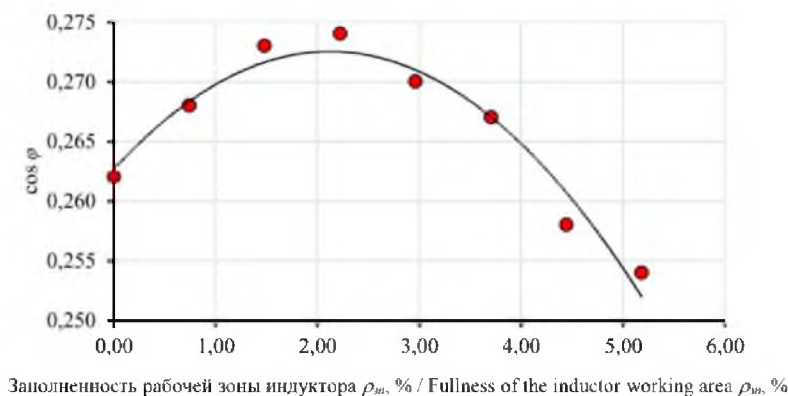


Рисунок 5 – Зависимость $\cos \varphi$ от заполненности рабочей зоны ферромагнитными рабочими телами

Figure 5 – The $\cos \varphi$ dependence of occupancy of the work area

Анализ полученной аналитической (7) и графической зависимостей (рисунок 5) позволил установить, что полином второго порядка (7) адекватно по критерию Фишера характеризует зависимость $\cos \varphi$ от заполненности ферромагнитными рабочими телами индуктора при уровне значимости $\alpha = 0,05$, что подтверждает коэффициент корреляции $r = 0,95$.

Закключение. На основании проведённого исследования можно сделать следующие выводы: $\cos \varphi$ оказывает существенное влияние на коэффициент мощности индуктора; масса стержней и уровень заполненности ими рабочей зоны существенным образом влияют на $\cos \varphi$, наибольшее значение которого наблюдается при $m = 600$ г и $\rho_m = 2,5$ %; полученные математические модели (6) и (7) позволяют прогнозировать поведение $\cos \varphi$ в рамках исследуемой области с коэффициентом корреляции 0,95, а также могут выступить в роли целевой функции при решении оптимизационной задачи; увеличение $\cos \varphi$ и рост коэффициента мощности индуктора возможны за счёт оптимизации параметров рабочих тел, уровня заполненности ими рабочей зоны индуктора, а также путём

параллельной установки дополнительных емкостных элементов, взаимно компенсирующих индуктивно-реактивную составляющую устройств каждой из фаз питания, ёмкость которых может быть определена по следующей формуле:

$$C = \frac{\frac{1}{T} \int_0^T p dt}{\omega \cdot U^2} (tg \varphi_1 - tg \varphi_2), \quad (8)$$

где U – действующее значение напряжения питающего цепь индуктора, В; $tg \varphi_1$ – начальный тангенс угла сдвига фаз между током и напряжением; $tg \varphi_2$ – конечный тангенс угла сдвига фаз между током и напряжением.

Развитием полученных результатов является определение параметров ёмкостных элементов, взаимно компенсирующих индуктивно-реактивную составляющую нагрузки элементов, а также решение оптимизационной задачи по исследованию влияния параметров рабочих тел на качество функционирования индуктора активатора.

Библиографический список

1. Агроэкологическая эффективность использования осадка сточных вод и вермикомпостов в агроценозе овса посевного / Н.В. Бышов, Т.В. Хабарова, Д.В. Виноградов, Б.И. Кочуров // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. № 2. С. 132-143. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-132-143
2. Анализ технико-экономической эффективности внедрения энергосберегающих тиристорных электроприводов прокатных станов / В.Р. Храмшин [и др.] // Электротехнические системы и комплексы. 2015. № 2 (27). С. 20-28.
3. Бахвалов Ю.А., Володин Г.И., Горчаков В.В. Синтез электромеханических активаторов с вихревым слоем с применением обратных задач // Математические методы в технике и технологиях. ММТТ. Саратов, 2014. Т. 7. Ч. 7. С. 25-27.
4. Большев В.Е., Виноградов А.В. Испытания стенда для исследования влияния электроприемников на качество электроэнергии и рекомендации по его совершенствованию // Вестник аграрной науки Дона. 2017. № 2 (38). С. 38-47.
5. Бондаренко А.М., Качанова Л.С. Современные технологии переработки навоза животноводческих предприятий в высококачественные органические удобрения // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2015. № 4 (20). С. 135-141.
6. Брюханов А.Ю., Васильев Э.В., Шалавина Е.В. Решение проблем утилизации отходов жизнедеятельности птицы // Птица и птицепродукты. 2018. № 3. С. 21-24. DOI: 10.30975/2073-4999-2018-20-3-21-24.
7. Бурков А.Ф., Юрин В.Н., Аветисян В.Р. Исследование асинхронных двигателей с целью определения возможностей повышения их энергетических показателей // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2018. № 3 (10). С. 619-628. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-619-628.
8. Веприцкий Д.В., Юдаев И.В. Применение преобразователей частоты для повышения коэффициента реактивной мощности // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 2 (15). С. 26-30.
9. Ёлкин К.С., Колосов А.Д., Небогин С.А. Применение установок продольно-емкостной компенсации для повышения коэффициента полезной мощности // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2018. № 1 (57). С. 23-30. DOI: 10.26731/1813-9108.
10. Зиниев, Ш.З. Выбор места включения конденсаторных установок // Научное обозрение. 2015. № 3. С. 49-53.
11. Исследование параметров магнитного поля в рабочей камере индуктора / Н.В. Лимаренко [и др.] // Вестник Донского государственного технического университета. 2016. № 1 (16). С. 136-142. DOI: 10.12737/18275.
12. Квашин В.П., Щербакова А.Г., Захаров С.В. Рекомендации по экономии электроэнергии в сельскохозяйственном производстве // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (28). С. 222-228.
13. Кулинич Ю.М., Шухарев С.А. Использование экстремального регулятора как средства повышения коэффициента мощности тиристорного преобразователя // Известия Транссиба. 2016. № 2 (26). С. 91-100.
14. Лимаренко Н.В. Создание математической модели технологического процесса обеззараживания стоков животноводства // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2017. № 3. С. 108-112.

15. Лимаренко Н.В., Жаров В.П. Влияние температуры на параметры работы индуктора, используемого при обеззараживании материалов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2016. № 1 (349). С. 88-91.
16. Морозов Н.М., Цой Л.М., Рассказов А.Н. Передовые технологии в свиноводстве России // Вестник ВИЭСХ. 2018. № 2 (31). С. 19-28.
17. Показатели негативного воздействия на окружающую среду при производстве сельскохозяйственной продукции / А.Ю. Брюханов [и др.] // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 2. Т. 99. С. 250-260. DOI 10.24411/0131-5226-2019-10170
18. Преимущества ферровихревого аппарата для обработки жидкого навоза / А.И. Адошев [и др.] // Сельский механизатор. 2017. № 1. С. 24-25.
19. Сбитнев, Е.А., Осокин В.Л. Исследование отклонений напряжения в точках раздела электрической сети сельскохозяйственного предприятия // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 1 (26). С. 85-90.
20. Снижение потерь электроэнергии с помощью батарей конденсаторов / Р.Г. Вильданов [и др.] // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 3 (81). С. 14-16.
21. Снижение потерь электроэнергии с помощью компенсации реактивной мощности / Р.Г. Вильданов [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. С. 265-272.
22. Современные технологии уборки и переработки жидкого навоза / Х.Х. Губейдуллин [и др.] // Сельский механизатор. 2018. № 6. С. 30-31.
23. 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.
24. Экспериментальное исследование влияния массы рабочих тел на параметры, характеризующие качество функционирования индуктора / Н.В. Лимаренко [и др.] // Вестник Донского государственного технического университета. 2016. № 2 (85). С. 90-96. DOI: 10.12737/19701.
25. 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
26. Theoretical aspects of construction of turning up and loading machine with disinfection option for agricultural waste by carbon nanostructures modified sodium acetate / A.V. Shchegolkov, B.S. Trufanov, V.D. Hmyrov, V.B. Kudenko, Y.V. Guryanova, D.V. Guryanov // Nano Hybrids and Composites. 2017. Vol. 13. P. 130. DOI: 10.4028 / www.scientific.net / NHC.13.130.
27. Zheng C., Xu Y., Liu Z. Fresh water disinfection by pulsed low electric field // Journal of Physics: Conference Series. 2014. Vol. 594. P. 142-148. DOI: 10.1088/1742-6596/418/1/012113.

Reference

1. Agrojekologicheskaya jeffektivnost' ispol'zovaniya osadka stochnyh vod i vermikompostov v agroecenoze ovsy posevnogo / N. V. Byshov, T. V. Habarova, D. V. Vinogradov, B. I. Kochurov // Yug Rossii: jekologiya, razvitie. 2018. T. 13. № 2. P. 132-143. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-132-143
2. Analiz tehniko-jekonomicheskoy jffektivnosti vnedreniya jnergosberegayuschih tiristornyh jlektroprivodov prokatnyh stanov / V. R. Hramshin [i dr.] // Jelektrotehnicheskie sistemy i komplekсы. 2015. № 2 (27). P. 20-28.
3. Bahvalov Yu. A., Volodin G. I., Gorchakov V. V. Sintez jelektromehaničeskikh aktivatorov s vihrevym sloem s primeneniem obratnyh zadach // Matematicheskie metody v tehnike i tehnologii-yah. MMTT. Saratov, 2014. T. 7. Ch. 7. P. 25-27.
4. Bol'shev V. E., Vinogradov A. V. Ispytaniya stenda dlya issledovaniya vliyaniya jelektro-priemnikov na kachestvo jelektro[jnergii i rekomendacii po ego sovershenstvovaniyu // Vestnik agrar-noj nauki Dona. 2017. № 2 (38). P. 38-47.
5. Bondarenko A. M., Kachanova L. S. Sovremennye tehnologii pererabotki navoza zhivotnovod-cheskikh predpriyatij v vysokokachestvennye organicheskie udobreniya // Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mehanizacii zhivotnovodstva. 2015. № 4 (20). P. 135-141.
6. Bryuhanov A. Yu., Vasil'ev Je. V., Shalavina E. V. Reshenie problem utilizacii othodov zhiznedeyatel'nosti pticy // Ptica i pticeprodukty. 2018. № 3. P. 21-24. DOI: 10.30975/2073-4999-2018-20-3-21-24.

7. Burkov A. F., Yurin V. N., Avetisyan V. R. Issledovanie asinhronnyh dvigatelej s cel'yu opredeleniya vozmozhnostej povysheniya ih jenergeticheskikh pokazatelej // Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admiral S. O. Makarova. 2018. № 3 (10). P. 619-628. DOI: 10.21821/2309-5180-2018-10-3-619-628.

8. Veprickij D. V., Yudaev I. V. Primenenie preobrazovatelej chastoty dlya povysheniya ko-jefficienta reaktivnoj moschnosti // Vestnik APK Stavropol'ya. 2015. № 2 (15). P. 26-30.

9. Jolkin K. S., Kolosov A. D., Nebogin S. A. Primenenie ustanovok prodol'no-emkostnoj kompensacii dlya povysheniya kojefficienta poleznoj moschnosti // Sovremennye tehnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie. 2018. № 1 (57). P. 23-30. DOI: 10.26731/1813-9108.

10. Ziniev, Sh. Z. Vybora mesta vklucheniya kondensatornyh ustanovok // Nauchnoe obozrenie. 2015. № 3. S. 49-53.

11. Issledovanie parametrov magnitnogo polya v rabochej kamere induktora / N. V. Limarenko i dr. // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2016. № 1 (16). P. 136-142. DOI: 10.12737/18275.

12. Kvashin V. P., Scherbakova A. G., Zaharov S. V. Rekomendacii po jekonomii jlektro]nergii v sel'skohozyajstvennom proizvodstve // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 4 (28). P. 222-228.

13. Kulinich Yu. M., Shuharev S. A. Ispol'zovanie jekstremal'nogo reguljatora kak sredstva povysheniya ko]fficienta moschnosti tiristornogo preobrazovatelya // Izvestiya Transsiba. 2016. № 2 (26). P. 91-100.

14. Limarenko N. V. Sozdanie matematicheskoj modeli tehnologicheskogo processa obezzarazhivaniya stokov zhivotnovodstva // Izvestiya VUZov. Pischevaya tehnologiya. 2017. № 3. S. 108-112.

15. Limarenko N. V., Zharov V. P. Vliyanie temperatury na parametry raboty induktora, ispol'zuemogo pri obezzarazhivanii materialov // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pischevaya tehnologiya. 2016. № 1 (349). P. 88-91.

16. Morozov N. M., Coj L. M., Rasskazov A. N. Peredovye tehnologii v svinovodstve Rossii // Vestnik VIJeSX. 2018. № 2 (31). P. 19-28.

17. Pokazateli negativnogo vozdejstviya na okruzhayuschuyu sredu pri proizvodstve sel'skohozyajstvennoj produkcii / A. Yu. Bryuhanov [i dr.] // Tehnologii i tehničeskie sredstva mehanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. 2019. № 2. T. 99. P. 250-260. DOI 10.24411/0131-5226-2019-10170

18. Preimuschestva ferrovihrevogo apparata dlya obrabotki zhidkogo navoza / A. I. Adoshev [i dr.] // Sel'skij mehanizator. 2017. № 1. P. 24-25.

19. Sbitnev, E. A., Osokin V. L. Issledovanie otklonenij napryazheniya v tochkah razdela jlektricheskoj seti sel'skohozyajstvennogo predpriyatiya // Agrarnyj vestnik Verhnevolzh'ya. 2019. № 1 (26). P. 85-90.

20. Snizhenie poter' jlektro]nergii s pomosh'yu batarej kondensatorov / R. G. Vil'danov [i dr.] // Nauka i biznes: puti razvitiya. 2018. № 3 (81). P. 14-16.

21. Snizhenie poter' jlektroenergii s pomosh'yu kompensacii reaktivnoj moschnosti / R. G. Vil'danov [i dr.] // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. № 1. S. 265-272.

22. Sovremennye tehnologii uborki i pererabotki zhidkogo navoza / H. H. Gubejdullin [i dr.] // Sel'skij mehanizator. 2018. № 6. P. 30-31.

23. Sozdanie matematicheskoj modeli dlya ocenki jnergojomkosti 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.

24. Jeksperimental'noe issledovanie vliyaniya massy rabochih tel na parametry, harakterizuyushie kachestvo funkcionirovaniya induktora / N. V. Limarenko [i dr.] // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2016. № 2 (85). P. 90-96. DOI: 10.12737/19701.

25. 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

26. Theoretical aspects of construction of turning up and loading machine with disinfection option for agricultural waste by carbon nanostructures modified sodium acetate / A.V. Shchegolkov, B.S. Trufanov, V.D. Hmyrov, V.B. Kudenko, Y.V. Guryanova, D.V. Guryanov // Nano Hybrids and Composites. 2017. Vol. 13. P. 130. DOI: 10.4028 / www.scientific.net / NHC.13.130.

27. Zheng C., Xu Y., Liu Z. Fresh water disinfection by pulsed low electric field // Journal of Physics: Conference Series. 2014. Vol. 594. P. 142-148. DOI: 10.1088/1742-6596/418/1/012113.

Информация об авторах

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой технической эксплуатации 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

Борисов Геннадий Александрович, профессор кафедры технологии металлов и ремонта машин 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/0000-0002-3141-0653> E-mail: tmirm@yandex.ru

Лимаренко Николай Владимирович, старший преподаватель кафедры электротехника и электроника федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Донской государственной технической 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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК: 631.674.5:504.064.36

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-46

ВАРИАНТЫ СИСТЕМНОЙ КОМПОНОВКИ КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

THE SYSTEM DESIGN OPTIONS OF CONSTRUCTIVE-FUNCTIONAL MODULES OF MONITORING AND IRRIGATION MANAGEMENT SYSTEM IN REAL TIME

В.В. Бородычев¹, академик РАН

М.Н. Лытов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

О.В. Бочарникова², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

V.V. Borodichev¹, M.N. Lytov¹, O. V. Bocharnikova²

¹ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (Волгоградский филиал)

²Волгоградский государственный аграрный университет

¹Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov» (Volgograd branch)

²Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 17.07.2019
Received 17.07.2019

Дата принятия к печати 17.09.2019
Submitted 17.09.2019

Материалы исследования посвящены решению актуальной задачи, состоящей в создании новых, перспективных технико-технологических комплексов мониторинга и автоматизированного управления орошением в режиме реального времени. Цель исследований определяется необходимостью поиска оптимальных вариантов системной компоновки конструктивно-функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением. Предмет исследования – концептуальные подходы в области системной организации конструктивно-функциональных модулей автоматизи-

рованного комплекса, реализующего функции мониторинга и управления орошением в режиме реального времени. Методология исследований базируется на принципах концептуального проектирования технических систем с учетом современных достижений в области технологии и техники орошения, автоматического управления. Основные компоненты системы мониторинга и управления орошением, включая оросительную технику: измерительный комплекс и модуль исполнения управляющих решений, вычислительный модуль, модуль принятия управляющих решений, автоматизированное рабочее место – рассмотрены с точки зрения реализации технологического процесса мониторинга и управления орошением. Рассмотренные компоненты системы включены в состав комплексов, формируемых по принципу территориальной организации. Комплексы включают территориально организованные компоненты системы, характеризующиеся высокой скоростью взаимодействия внутри комплекса и использованием высокотехнологичных средств удаленной связи с компонентами, не входящими в состав комплекса. Продуцирование вариантов системной организации конструктивно-функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением определяется оптимизацией компонентного состава территориально организованных комплексов и алгоритмов их взаимодействия в рамках реализуемого технологического процесса. Перспективными следует признать решения, реализуемые на основе многопользовательских серверных технологий, предполагающих последовательное освоение специализированных управляющих систем реального времени в различных хозяйствующих субъектах.

The research materials are devoted to solving the urgent problem of creating new, promising technical and technological complexes for monitoring and automated irrigation control in real time. The purpose of the research is determined by the need to search for optimal options for a system layout of structurally functional modules of the monitoring and irrigation control system. The subject of the research is conceptual approaches in the field of systemic organization of structurally functional modules of an automated complex that implements the functions of monitoring and managing irrigation in real time. The research methodology is based on the principles of the conceptual design of technical systems, taking into account modern achievements in the field of irrigation technology and technology, automatic control. The main components of the irrigation monitoring and control system, including irrigation equipment, the measuring complex and the control decision execution module, the computational module, the control decision making module, and the workstation, are considered from the point of view of implementing the irrigation monitoring and control technological process. The considered components of the system are included in the structure of complexes formed on the principle of territorial organization. The complexes include geographically organized components of the system, characterized by a high rate of interaction within the complex and the use of high-tech means of remote communication with components that are not part of the complex. The production of options for the systematic organization of structurally functional modules of the monitoring and irrigation management system is determined by the optimization of the component composition of geographically organized complexes and the algorithms for their interaction within the framework of the ongoing technological process. Prospects should be recognized as solutions that are implemented on the basis of multi-user server technologies that involve the consistent development of specialized real-time control systems in various business entities.

Ключевые слова: орошение, системы реального времени, системы мониторинга, компоновочные схемы

Key words: irrigation, real-time systems, monitoring systems, layout schemes.

Цитирование. Бородычев В.В., Лытов М.Н., Бочарникова О.В. Варианты системной компоновки конструктивно-функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением в режиме реального времени. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 369-380. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-46.

Citation. Borodychev V.V., Lytov M.N., Bocharnikova O.V. The system design options of constructive-functional modules of monitoring and irrigation management system in real time. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 369-380. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-46.

Введение. Реализация функций мониторинга и управления орошением осуществляется на основе сложной, многокомпонентной инженерно-информационной системы, включающей наиболее передовые и активно развивающиеся сегодня технологии [1, 7, 8]. Эффективное использование этих технологий для достижения наилучшего ре-

зультата составляет сущность главной задачи инженерного творчества в области создания современных систем мониторинга и управления орошением. Задача автоматизированного управления орошением многоплановая, что обусловлено необходимостью учета совокупности процессов, таких как водопотребление, влажностный и гидротермические режимы, процессы экологического взаимодействия с окружающей средой и мелиорируемыми агроландшафтами, многоуровневое взаимодействие с компонентами оросительной гидромелиоративной системы и др. [5, 4, 6, 14, 15, 11]. Но ключевым узлом реализации регулирующих воздействий в этой системе являются режимы исполнения технологического процесса оросительной техникой. Цель настоящего исследования заключается в проработке оптимальных вариантов системной компоновки конструктивно-функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением.

Материалы и методы. Концептуальным походом исследования является положение о необходимости решения задачи автоматизированного управления в режиме реального времени [2]. Проблема систем реального времени состоит в минимизации периода отклика системы на ситуацию, требующую оперативной выработки и реализации управляющего решения [13, 10]. Это накладывает ограничения на использование инертных технологий, число последовательно задействуемых компонентов системы, использование направлений дистанционной связи и сложных, иерархически организованных алгоритмов обработки данных и выработки управляющих решений. С другой стороны, обоснованные параметры регулирования, тем более реализуемые в автоматическом режиме, могут быть выработаны только на основе всестороннего анализа, зачастую весьма разноплановой информации. Данное противоречие обуславливает направление и область научного поиска при решении приоритетной проблемы автоматизированного управления орошением в режиме реального времени. Объект исследований – гидромелиоративные системы нового поколения, комплексы и системы управления орошением в составе гидромелиоративных систем нового поколения. Предмет исследования – концептуальные подходы в области системной организации конструктивно-функциональных модулей автоматизированного комплекса, реализующего функции мониторинга и управления орошением в режиме реального времени. Материалами исследований являются современные технико-технологические решения в области мониторинга и дистанционного управления операциями в составе технологического процесса орошения, реализованные ныне преимущественно зарубежными брендами оросительной техники, опубликованные подходы концептуального решения проблемы управления орошением в режиме реального времени, современные достижения в области информационных технологий, обработки мониторинговых данных и выработки управляющих решений на основе машинных алгоритмов [5, 3, 4, 6, 15, 12, 9]. Методология исследований базируется на принципах концептуального проектирования технических систем с учетом основных положений теории систем, требований методики функционально-физического анализа и морфологической комбинаторики, современных достижений в области технологии и техники орошения, автоматического управления.

Результаты и обсуждение. Оросительная техника является одним из ключевых компонентов системы мониторинга и управления орошением (рисунок 1). Технические средства орошения одновременно являются предметом мониторинга и управления и средством для проведения регулирующих воздействий. Как предмет мониторинга и управления оросительная техника непосредственно связана с двумя другими неотъемлемыми компонентами системы мониторинга и управления орошением:

– с одной стороны, это модуль исполнения управляющих решений. Модуль представляет собой систему инженерных, конструктивных решений, технических узлов, управляющих режимами работы оросительной техники по программе со спущен-

ными извне регулирующими параметрами. Конструктивно модуль может быть распределен относительно узлов оросительной техники и даже иметь внешние компоненты, работающие по одному, заданному алгоритму;

– с другой стороны, это измерительный комплекс. Измерительный комплекс является головной, физической частью системы мониторинга, обеспечивает непосредственный контроль мониторинговых показателей. Оросительной техники измерительный комплекс касается лишь частично, обеспечивая контроль фактических режимов работы, технического состояния, распознавание аварийных ситуаций. Другими объектами контроля для измерительного комплекса могут быть вегетативная масса посева, почва и подпочвенные горизонты, микроклимат и метеорологические условия и другие в зависимости от комплектации системы измерительными модулями.

Еще одним, неотъемлемым элементом системы мониторинга и управления орошением является автоматизированное рабочее место. Современные технологии позволяют реализовывать разные модели автоматизированного рабочего места как в стационарном, так и в мобильном формате. Последнее является высокоэффективным достижением современных радиоэлектронных технологий и используется практически всеми зарубежными производителями оросительной техники.

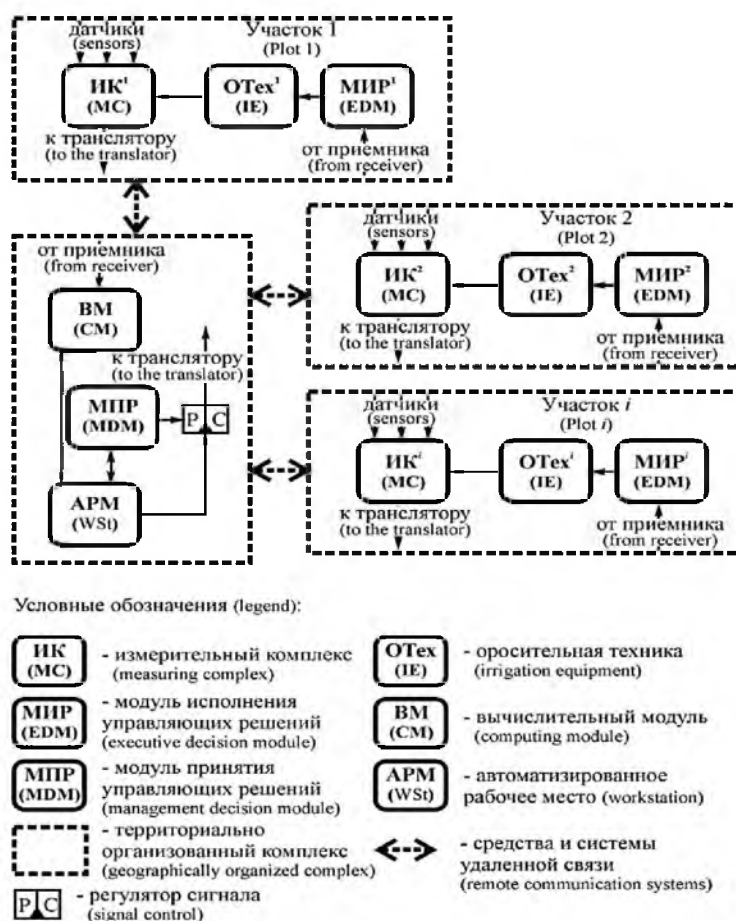


Рисунок 1 – Компонировка системы мониторинга и управления орошением (вариант 1)

Figure 1 – the layout of the monitoring system and irrigation management (option 1)

Конечно, нельзя не учитывать и ограничения преимущественно технологического плана, которыми отличаются современные мобильные рабочие места. Это ограничения по вычислительной мощности, ограничения по объему постоянно или временно

хранимой информации, ограничения по продолжительности бесперебойной работы аппаратной части без подзарядки и т.д. Другой, не всегда учитываемой проблемой являются особенности взаимодействия оператора и автоматизированного рабочего места при исполнении последнего в мобильном варианте. Оператор в этом случае, как правило, не имеет постоянного визуального контакта с автоматизированным рабочим местом, и требуется тщательно продуманная система оповещений для реализации функций контроля и управления орошением в режиме реального времени. Преимуществом мобильного автоматизированного рабочего места является возможность увеличения функций, выполняемых оператором полива, его относительная независимость от непосредственного участия в выполнении технологического процесса, а также возможность повышения качества управления поливом за счет совмещения возможностей аппаратного управления поливом с функциями непосредственного контактного контроля работы оросительной техники на территориально разнесенных орошаемых участках.

Вычислительный модуль является главным функциональным блоком системы, выполняющим функции обработки поступающей информации, преобразования ее в удобную форму для интерактивного взаимодействия с оператором, продуцирование критериев для оценивания параметров выполнения технологического процесса и выработки управляющих воздействий. Главной физической компонентой вычислительного модуля является микропроцессор – устройство, выполняющее логические операции по строго регламентированным алгоритмам. В предложенной модели системы мониторинга и управления орошением вычислительный модуль рассматривается в более широком смысле, физически наиболее приближенном к электронной вычислительной машине. В этом смысле вычислительный модуль предполагает оснащение постоянной и оперативной памятью, обеспечивающей возможность систематизации, хранения и использования данных мониторинга объекта (объектов) управления, результатов анализа, критериев оценки и др. Вычислительный модуль предполагает хранение и использование алгоритмов анализа данных, а также возможность их автоматизированного совершенствования на основе технологий искусственного интеллекта.

Еще одним важным модулем системы мониторинга и управления орошением, непосредственно связанным с вычислительным блоком и автоматизированным рабочим местом оператора, является модуль принятия управляющих решений. В зависимости от варианта компоновки системы модуль принятия управляющих решений может использовать мощности вычислительного модуля или иметь собственную решающую систему. В первом случае данный функциональный модуль представлен преимущественно программным комплексом, основанным на алгоритмических решениях по выработке оптимальных управляющих воздействий. Во втором случае модуль принятия управляющих решений имеет собственные физические блоки, обеспечивающие реализацию заложенных алгоритмов в вычислительном плане. В обоих случаях модуль принятия управляющих решений имеет индивидуальную связь с автоматизированным рабочим местом оператора, а также предполагает полномочия в плане автоматизированного формирования управляющих сигналов и трансляции их к модулю исполнения управляющих решений.

Решения в плане компоновки перечисленных выше функциональных модулей в общем случае определяются следующим:

– необходимостью обеспечения возможности логического взаимодействия функциональных модулей системы, мониторинга и управления орошением. Данное требование определяет необходимость компоновки узлов по территориальному признаку, компоновки связей между функциональными модулями, обеспечивающими выполнение технологического процесса. Например, модуль исполнения управляющих решений в физическом плане должен соотноситься с соответствующими конструктив-

ными элементами оросительной техники. Элементы измерительного комплекса непосредственно связаны с объектами мониторинга. Вектор трансляции мониторинговой информации направлен к вычислительному модулю и т.д.;

– необходимостью сокращения продолжительности периода реакции системы – периода между съемом мониторинговой информации и физической реализацией управляющих решений. Это ключевое требование всех систем реального времени. Допустимая продолжительность периода реакции системы определяется самим технологическим процессом. В общем случае допустимая продолжительность периода реакции системы определяется минимальной допустимой продолжительностью периода в совокупном составе регулируемых технологических параметров. С другой стороны, необходимо учитывать, что сокращение продолжительности периода реакции системы связано с существенным удорожанием технологий. В этом плане необходима оптимизация состава контролируемых показателей мониторинга и регулируемых технологических параметров системы;

– обеспечиваются оптимальные режимы использования ресурсов физических мощностей функциональных модулей. Достаточность мощностей функциональных модулей напрямую связана с быстродействием системы, которое является одной из основных характеристик систем реального времени. Решающие мощности вычислительного модуля должны отвечать объему обрабатываемой мониторинговой информации с учетом сложности выполняемых алгоритмов. Учитывая, что избыток мощностей функциональных модулей ведет к удорожанию системы, важно соблюдать баланс, обеспечивающий надежное выполнение технологического процесса;

– сохранение баланса в плане ресурсоемкости выполняемых алгоритмов и ресурсов физических мощностей функциональных модулей. Сложные, ресурсоемкие алгоритмы с учетом этого требования целесообразно концентрировать и реализовывать централизованно, тогда как в периферических устройствах предпочтительно использовать малоресурсоемкие алгоритмы.

На рисунке 1 предложен один из вариантов компоновки функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением. Функциональные модули скомпонованы в территориально организованные комплексы. Территориально организованный комплекс предполагает определенную степень единения функциональных модулей по территориальному принципу; предполагается организация внутренней системы связи на проводной основе или использование современных технологий близкой радиосвязи. Внутренняя связь обеспечивает быстрый обмен информацией, который заведомо и ни в коей мере не лимитирует реакцию системы реального времени. Территориально организованные комплексы формируются на основе привязки функциональных модулей к технологическим (мелиорированным, орошаемым) участкам, терминалам удаленной обработки и анализа информации, субъектам управления. В зависимости от конструктивных особенностей гидромелиоративной системы, состава и расположения орошаемых участков функциональные модули системы могут дублироваться в соответствии с числом однотипных, территориально организованных комплексов. Обмен информацией между территориально организованными комплексами реализуется на основе средств и систем удаленной связи. Средства и системы удаленной связи предполагают использование преимущественно беспроводных технологий с организацией сети ретрансляторов радиосигнала. Предполагается, что именно на этапе передачи данных средствами удаленной радиосвязи формируются основные задержки времени реакции системы.

Вариант компоновки системы мониторинга и управления орошением, представленный на рисунке 1, имеет два разнотипных территориально организованных комплекса. Один из территориально организованных комплексов в своем составе включает

оросительную технику, измерительный комплекс и модуль исполнения управляющих решений. Этот комплекс территориально привязан к орошаемому участку и может дублироваться в зависимости от числа обслуживаемых поливных модулей.

Второй из территориально организованных комплексов имеет в своем составе вычислительный функциональный модуль, модуль принятия управляющих решений и автоматизированное рабочее место оператора. Решения такого плана чаще выполняются стационарными или в мобильном исполнении для простейших оросительных систем. Вычислительный модуль, модуль принятия управляющих решений и автоматизированное рабочее место при использовании такого способа компоновки системы выполняются на одном физическом носителе. Модуль принятия управляющих решений предполагает генерацию управляющих предложений на выбор оператора, тогда решения принимаются субъектом управления либо в автоматизированном режиме, с передачей управляющего алгоритма непосредственно на модуль исполнения управляющих решений. В последнем случае оператору остаются полномочия блокировки трансляции управляющих инструкций посредством регулятора сигнала.

Преимуществом такой схемы компоновки функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением является использование только одного двуправленного канала удаленной радиосвязи. Это предполагает минимальные затраты времени на реакцию системы и гарантированный контроль технологического процесса в режиме реального времени. К недостаткам такой схемы компоновки функциональных модулей системы в зависимости от варианта исполнения второго из территориально организованных комплексов следует отнести:

- в случае стационарного исполнения исключается мобильность автоматизированного рабочего места и, как следствие, самого оператора как субъекта управления;
- в случае мобильного исполнения трудности возникают из-за дефицита вычислительных мощностей комплекса. Производительность мобильных вычислительных систем в настоящее время ограничена существенно больше стационарных, а стоимость условной единицы вычислительной мощности существенно выше. Мобильное исполнение комплекса при организации системы по такой схеме целесообразно лишь в малых хозяйствах с небольшим числом одновременно обслуживаемых орошаемых участков.

Еще одним существенным недостатком такой схемы компоновки системы мониторинга и управления орошением является невозможность организации многопользовательского серверного продукта.

На рисунке 2 приведен еще один вариант компоновки функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением. В отличие от предыдущей схемы автоматизированное рабочее место оператора здесь вынесено в отдельный территориальный комплекс. Рассматриваемый вариант компоновки содержит уже три разнотипных территориально организованных комплексов.

Один из них, как и в предыдущем варианте, представлен совокупностью из оросительной техники, измерительного комплекса и модуля исполнения управляющих решений. Второй включает функциональные модули вычислительного комплекса и модуль принятия управляющих решений. Третьим, собственно, является автоматизированное рабочее место оператора. Преимуществом компоновки системы мониторинга и управления орошением по такой схеме являются:

- возможность использования многопользовательского серверного продукта. Вычислительный модуль и модуль принятия управляющих решений в этом случае выполняются централизованно на базе многопользовательского сервера. Продукт может быть использован различными хозяйствующими субъектами. Вычислительные алгоритмы и алгоритмы выработки управляющих решений, исполняемые на централизованной основе, имеют мощный ресурс в плане совершенствования, регулярного, системного обновления и практически не имеют ограничений в вычислительных мощно-

стях. Возможна организация интеллектуального самосовершенствования алгоритмов на основе использования «больших данных». Коммерциализация продукта на серверной основе может выполняться последовательно, самомасштабируясь от небольших единичных хозяйств до реализации услуг в транснациональном формате;

– возможность организации мобильного рабочего места оператора.

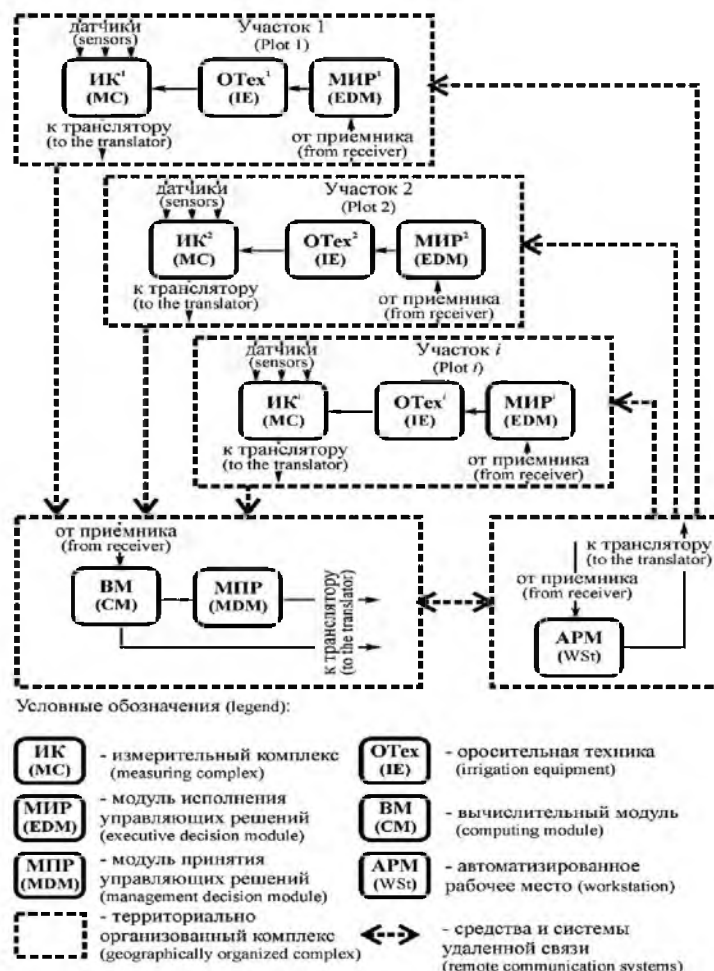


Рисунок 2 – Компоновка системы мониторинга и управления орошением (вариант 2)

Figure 2 - the layout of the monitoring system and irrigation management (option 2)

Недостатком рассматриваемой схемы компоновки функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением является увеличение числа удаленных связей. Рассматриваемый вариант компоновки предполагает организацию двух дополнительных направлений удаленной связи: от сервера к автоматизированному рабочему месту оператора и от автоматизированного рабочего места оператора к модулю исполнения управляющих решений. Последовательный обмен данными существенно увеличивает суммарную продолжительность трансляции и, соответственно, снижает скорость реакции системы, что критично для систем реального времени.

Еще один вариант компоновки функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением представлен на рисунке 3. В отличие от варианта, приведенного на рисунке 2, модуль принятия управляющих решений здесь территориально отнесен к комплексу, представленному совокупностью оросительной техники, измерительного оборудования и модуля исполнения управляющих решений. Предложенная схема компоновки также представлена тремя территориально организованными ком-

плексами, один из которых – вычислительный модуль – может быть организован на базе многопользовательского сервера, а другой – автоматизированное рабочее место оператора – в мобильном исполнении.

Приведенная на рисунке 3 схема также имеет три удаленных направления радиосвязи, однако алгоритм использования удаленных связей здесь построен несколько иначе. Основной обмен данными осуществляется по двунаправленному радиоканалу между территориальным комплексом, включающим вычислительный модуль, и территориальным комплексом, включающим оросительную технику, измерительное оборудование, модули принятия и исполнения управляющих решений. Вычислительный модуль на основе многофакторного моделирования процессов вырабатывает совокупность численных решений, которые в сумме характеризуют состояние объекта, реализацию технологии в заданном режиме.

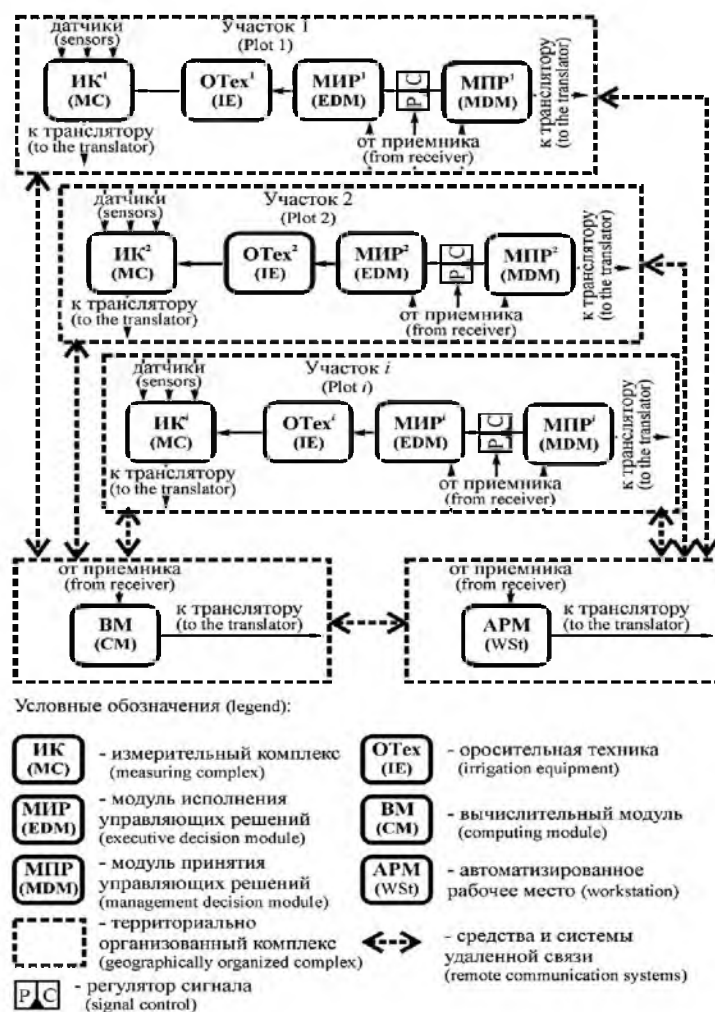


Рисунок 3 – Компонировка системы мониторинга и управления орошением (вариант 3)

Figure 3 – Monitoring system layout and irrigation management (option 3)

Одновременно рассматриваются возможные варианты отклонения параметров состояния и разрабатываются инструкции по выработке управляющих действий для каждой из характеризующих отклонения ситуаций. Все эти данные транслируются в модуль принятия управляющих решений, где модельные данные сравниваются с реальными (мониторинговыми), поставляемыми в этот же модуль посредством внутренней связи территориально организованного комплекса. На основе результатов сравнения в модуле принятия управляющих решений вырабатывается суждение о ситуации и под-

бирается подходящая ей совокупность управляющих действий. Выполняется так называемый алгоритм принятия решений «на месте». Этот же канал удаленной радиосвязи используется для трансляции данных от измерительного комплекса к вычислительному модулю. Таким образом, работая в автоматическом режиме, система задействует только один двунаправленный канал удаленной связи. Два других канала удаленной связи работают в режиме информирования оператора. Вычислительный модуль обеспечивает передачу к автоматизированному рабочему месту оператора данных о реальной ситуации на орошаемом участке. С другой стороны, от модуля принятия управляющих решений транслируются данные о реализуемых в плане управления действиях. Оператор осуществляет субъективный контроль и сохраняет полномочия отменить управляющее действие на любом этапе. Такой подход обеспечивает высокую скорость реакции системы, реализует возможность организации серверного многопользовательского продукта и сохранение мобильного рабочего места оператора. К недостаткам рассматриваемой системы следует отнести высокие требования к качеству моделей, обеспечивающих выработку контрольных параметров, обоснованности принимаемых суждений о производственной (технологической) ситуации (состоянии) и управляющих действиях, реализуемых в автоматическом режиме.

Заключение. Каждый из рассмотренных вариантов компоновки функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением имеет свои недостатки и преимущества и может быть реализован в конечном продукте в зависимости от производственных условий субъекта хозяйствования (потребителя). Перспективными следует признать решения, реализуемые на основе многопользовательских серверных технологий, предполагающих последовательное освоение специализированных управляющих систем реального времени в различных хозяйствующих субъектах. При этом предпочтительно использовать варианты компоновки с минимальным числом последовательно вовлекаемых направлений удаленной связи.

Библиографический список

1. Бородычев В.В., Лытов М.Н. Система «анализ – визуализация данных – принятие решений» в составе ГИС управления орошением // Известия НВ АУК. 2018. № 2 (50). С. 37-43.
2. Концептуальные подходы к созданию системы мониторинга и управления орошением / А.С. Овчинников, В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, В.А. Шевченко, О.В. Бочарникова // Известия НВ АУК. 2019. № 2(54). С. 25-39. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-2.
3. Михайленко И.М., Тимошин В.Н. Оптимальное управление орошением посевов сельскохозяйственных культур // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 6. С. 34-38.
4. Михайленко И.М. Управление агротехнологиями и роботизированные средства реализации // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 1 (30). С. 242-258.
5. Система управления широкозахватной дождевальными машинами кругового действия для прецизионного орошения / А.Н. Бабичев, В.А. Монастырский, В.И. Ольгаренко, Р.В. Скиданов, В.В. Подлипов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 1 (73). С. 195-199.
6. Черемисинов А.Ю., Черемисинов А.А., Радцевич Г.А. Границы колебаний параметров в орошаемом агроландшафте // Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2018. № 2 (7). С. 7-11.
7. Чудинова К.В. Проблемы выбора рациональных модулей для управления на конфигурация в иерархической системе для распределенного мониторинга // Парадигма. 2016. № 2. С. 165-178.
8. Шаймарданов В.М., Лобачев П.С. Monitoring the state of the elements of the information system ESIMO // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. 2012. № 23. С. 155-162.
9. Agricultural cyber-physical system enabled for remote management of solar-powered precision irrigation / A. Selmani, H. Oubehar, M. Outanoute, A. Ed-Dahhak, M. Guerbaoui, A. Lachhab, B. Bouchikhi // Biosystems engineering. 2019. Vol. 177. P. 18-30. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2018.06.007.

10. Cid-Garcia N.M., Bravo-Lozano A.G., Rios-Solis Y.A. A crop planning and real-time irrigation method based on site-specific management zones and linear programming // Computers and electronics in agriculture. 2014. Vol. 107. P. 20-28. DOI:10.1016/j.compag.2014.06.002.
11. HidroMap: A New Tool for Irrigation Monitoring and Management Using Free Satellite Imagery / L. Piedadlobo, D. Ortega-Terol, S. del Pozo, D. Hernandez-Lopez, R. Ballesteros, M.A. Moreno, J.L. Molina, D. Gonzalez-Aguilera // ISPRS international journal of geo-information. 2018. Vol. 7. № 220. DOI: 10.3390/ijgi7060220.
12. Mendes, W.R. Fuzzy control system for variable rate irrigation using remote sensing/ W.R. Mendes, F.M.U. Araujo, R. Dutta, D.M. Heeren// Expert systems with applications. 2019. Vol. 124. P. 13-24. DOI: 10.1016/j.eswa.2019.01.043.
13. Real-time drought forecasting system for irrigation management / A. Ceppi, G. Ravazzani, C. Corbari, R. Salerno, S. Meucci, M. Mancini// Hydrology and earth system sciences. 2014. Vol. 18. № 9. P. 3353-3366.
14. Soil water content monitoring for irrigation management: A geostatistical analysis /J.B. Barker, T.E. Franz, D.M. Heeren, C.M.U. Neale, J.D. Luck// Agricultural water management. 2017. V. 188. P. 36-49. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.03.024.
15. Web-Based System for the Remote Monitoring and Management of Precision Irrigation: A Case Study in an Arid Region of Argentina / F. Capraro, S. Tosetti, F. Rossomando, V. Mut, F.V. Serman // Sensors. 2018. Vol. 18. – P. 38-47. DOI: 10.3390/s18113847.

Reference

1. Borodychev V. V., Lytov M. N. Sistema “analiz - vizualizaciya dannyh - prinyatie reshenij” v sostave GIS upravleniya orosheniem // Izvestiya NV AUK. 2018. № 2 (50). P. 37-43.
2. Konceptual'nye podhody k sozdaniyu sistemy monitoringa i upravleniya orosheniem / A. S. Ovchinnikov, V. V. Borodychev, M. N. Lytov, V. A. Shevchenko, O. V. Bochamnikova //Izvestiya NV AUK. 2019. № 2(54). P. 25-39. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-2.
3. Mihajlenko I. M., Timoshin V. N. Optimal'noe upravlenie orosheniem posevov sel'sko-hozyajstvennyh kul'tur// Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2016. № 6. P. 34-38.
4. Mihajlenko I. M. Upravlenie agrotehnologiyami i robotizirovannye sredstva realizacii // Innovacii v sel'skom hozyajstve. 2019. № 1 (30). P. 242-258.
5. Sistema upravleniya shirokkozahvatnoj dozhdieval'noj mashiny krugovogo dejstviya dlya precizionnogo orosheniya / A. N. Babichev, V. A. Monastyrskij, V. I. Ol'garenko, R. V. Skidanov, V. V. Podlipnov // Puti povysheniya jffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2019. № 1 (73). P. 195-199.
6. Cheremisinov A. Yu., Cheremisinov A. A., Radcevich G. A. Granicy kolebanij parametrov v oroshaemom agrolandshafte // Modeli i tehnologii prirodoobustrojstva (regional'nyj aspekt). 2018. № 2 (7). P. 7-11.
7. Chudinova K. V. Problem't za izbora na racionalni moduli za upravlenie na konfiguraciyata v jerarhichna sistema za razpredeleno monitoring // Paradigma. 2016. № 2. P. 165-178.
8. Shajmardanov V. M., Lobachev P. S. Monitoring the state of the elements of the information system ESIMO// Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta. 2012. № 23. P. 155-162.
9. Agricultural cyber-physical system enabled for remote management of solar-powered precision irrigation / A. Selmani, H. Oubehar, M. Outanoute, A. Ed-Dahhak, M. Guerbaoui, A. Lachhab, B. Bouchikhi// Biosystems engineering. 2019. Vol. 177. P. 18-30. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2018.06.007.
10. Cid-Garcia N.M., Bravo-Lozano A.G., Rios-Solis Y.A. A crop planning and real-time irrigation method based on site-specific management zones and linear programming // Computers and electronics in agriculture. 2014. Vol. 107. P. 20-28. DOI:10.1016/j.compag.2014.06.002.
11. HidroMap: A New Tool for Irrigation Monitoring and Management Using Free Satellite Imagery / L. Piedadlobo, D. Ortega-Terol, S. del Pozo, D. Hernandez-Lopez, R. Ballesteros, M.A. Moreno, J.L. Molina, D. Gonzalez-Aguilera // ISPRS international journal of geo-information. 2018. Vol. 7. № 220. DOI: 10.3390/ijgi7060220.
12. Mendes, W.R. Fuzzy control system for variable rate irrigation using remote sensing/ W.R. Mendes, F.M.U. Araujo, R. Dutta, D.M. Heeren// Expert systems with applications. 2019. Vol. 124. P. 13-24. DOI: 10.1016/j.eswa.2019.01.043.

13. Real-time drought forecasting system for irrigation management / A. Ceppi, G. Ravazzani, C. Corbari, R. Salerno, S. Meucci, M. Mancini// Hydrology and earth system sciences. 2014. Vol. 18. № 9. P. 3353-3366.

14. Soil water content monitoring for irrigation management: A geostatistical analysis /J.B. Barker, T.E. Franz, D.M. Heeren, C.M.U. Neale, J.D. Luck// Agricultural water management. 2017. V. 188. P. 36-49. DOI: 10.1016/j.agwat.2017.03.024.

15. Web-Based System for the Remote Monitoring and Management of Precision Irrigation: A Case Study in an Arid Region of Argentina / F. Capraro, S. Tosetti, F. Rossomando, V. Mut, F.V. Serman // Sensors. 2018. Vol. 18. – P. 38-47. DOI: 10.3390/s18113847.

Информация об авторах

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

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

Лытов Михаил Николаевич, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>. E-mail: Lytov@yandex.ru

Бочарникова Олеся Владимировна, доцент Волгоградского государственного аграрного университета, (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский пр. , 26), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 636.085.532.2/3

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-47

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ВЛАГИ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ КОРМОВ ИЗ ТРАВ THE STUDY OF MOISTURE REMOVAL PROCESS DURING HARVESTING FEED FROM GRASSES

Н.Н. Кузнецов¹, кандидат технических наук

А.М. Захаров², кандидат технических наук

А.В. Зыков², научный сотрудник

N.N. Kuznetsov¹, A.M. Zakharov², A.V. Zykov²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»

²Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства - филиал ФНАЦ ВИМ, г. Санкт-Петербург

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education the Vereshchagin State Dairy Farming Academy of Vologda

²Institute for engineering and environmental problems in agricultural production – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, St. Petersburg

Дата поступления в редакцию 01.08.2019

Дата принятия к печати 17.09.2019

Received 01.08.2019

Submitted 17.09.2019

Важнейшим компонентом зимних рационов животных должно быть сено высокого качества. Ни в одном длительном опыте не удалось полностью заменить сено ни силосом, ни другими консервами из трав. Наряду с увеличением урожайности, повышением количества белка и питательных элементов в стебельчатых кормовых культурах, большое значение имеет максимальное сохранение питательных элементов и белка при транспортировании и хранении кормов. Наряду с увеличением урожайности, повышением количества белка и питательных элементов в стебельчатых кормовых культурах, большое значение имеет сохранение питательных элементов и белка при транспортировании и хранении кормов. Все существующие технологии сопряжены со значительным удалением из них влаги. Испарение влаги из растений мо-

жет производиться естественным и комбинированными способами. При проведении теоретических исследований за исходные данные анализа процесса удаления влаги при приготовлении кормов из стебельчатых культур была принята одна тонна клеверотимофеечной смеси в период начала цветения. Из ранее проведенных исследований известно, что в одной тонне свежескошенной травы содержится около 20 % сухого вещества и 80 % воды. В процессе исследований были получены зависимости: расхода топлива и электроэнергии на испарение влаги из 1 тонны зеленой массы от влажности корма, количества испарившейся влаги из 1 т зеленой массы от – влажности корма и коэффициента пропорциональности K_i . Проведенные исследования процесса удаления влаги из трав позволили установить закономерную зависимость между массой свежескошенной травы, массой сухого вещества, массой воды и массой расходуемого топлива или электроэнергии для получения единицы корма определенной влажности. Данные исследования позволяют определить: выход корма из единицы массы свежескошенной травы, количество массы свежескошенной травы для получения единицы массы корма, количество и стоимость расходуемого жидкого топлива на получение единицы корма определенной влажности.

The most important component of winter rations of animals should be high quality hay. In no long-term experiment was it possible to completely replace hay with either silage or other canned grass. Along with increasing yields, increasing the amount of protein and nutrients in stalked fodder crops, the maximum conservation of nutrients and protein during transport and storage of feed is of great importance. Along with increasing yields, increasing the amount of protein and nutrients in stalked fodder crops, preservation of nutrients and protein during transportation and storage of feed is of great importance. All existing technologies are associated with a significant removal of moisture from them. The evaporation of moisture from plants can be done naturally and in combination ways. In carrying out theoretical studies, one ton of cloverthymopheous mixture at the beginning of flowering was taken as the initial data, analysis of the process of moisture removal during the preparation of feed from stalked crops. From previous studies, it is known that one ton of freshly cut grass contains about 20% dry matter and 80% water. In the process of research, the dependences were obtained: fuel consumption and electricity for moisture evaporation from 1 ton of green mass on feed moisture, the amount of evaporated moisture from 1 ton of green mass on - feed moisture and proportionality coefficient. Studies of the process of removing moisture from grasses made it possible to establish a regular relationship between the mass of freshly cut grass, the mass of dry matter, the mass of water, and the mass of spent fuel or electricity to produce a unit of feed of a certain moisture content. The research data allows us to determine: the yield of feed from a unit mass of freshly cut grass, the amount of mass of freshly cut grass to obtain a unit mass of feed, the amount and cost of liquid fuel consumed per unit of feed of a certain moisture content.

Ключевые слова: стебельчатая масса, высококачественные корма из трав, коэффициент пропорциональности, удаление влаги, провяливание травы, питательные вещества кормов.

Key words: stalk mass, high-quality grass feed, proportionality coefficient, moisture removal, grass drying, feed nutrients.

Цитирование. Кузнецов Н.Н., Захаров А.М., Зыков А.В. (2019). Исследование процесса удаления влаги при приготовлении кормов из трав. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 380-388. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-47.

Citation. Kuznetsov N.N., Zakharov A.M., Zykov A.V. The study of moisture removal process when harvesting feed from grasses. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 380-388. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-47.

Введение. В последние годы отмечается существенный спад объемов заготовки и особенно снижение качества заготавливаемых кормов. Повышение биологической ценности кормовых рационов является условием, без которого невозможно дальнейшее развитие молочного и мясного животноводства. Вместе с тем важно не только сбалансировать рацион по основным показателям, но и обеспечить диетику питания животных, играющую роль в нормализации процессов пищеварения и ассимиляции питательных веществ. В отношении крупного рогатого скота этим требованиям наиболее полно отвечают зеленые корма летом, сено и силос – в стойловый период.

Очевидно, что важнейшим компонентом зимних рационов животных должно быть сено высокого качества. Ни в одном длительном опыте не удавалось полностью заменить сено ни силосом, ни другими консервами из трав [4, 8].

Улучшение кормовой базы и устранение белкового дефицита – одна из основных проблем в развитии животноводства.

Наряду с увеличением урожайности, повышением количества белка и питательных элементов в стебельчатых кормовых культурах большое значение имеет максимальное сохранение питательных элементов и белка при транспортировании и хранении кормов.

Существующая технология заготовки кормов из трав сопряжена со значительным удалением из них влаги.

Удаление влаги из трав может производиться естественным и комбинированным способами.

Материалы и методы. Естественный способ удаления влаги из трав основан на высушивании скошенной растительной массы, с влажностью 60-85 %, при естественных условиях – до 17-18 % [7].

Искусственный способ удаления влаги из трав основан на высушивании скошенной растительной массы теплоносителем, создаваемым сжиганием различного вида топлива или электронагревательными приборами – тенами. Комбинированный способ сочетает естественное и искусственное удаление влаги из трав.

При проведении теоретических исследований за исходные данные анализа процесса удаления влаги при приготовлении кормов из стебельчатых кормов была принята одна тонна свежескошенной клеверотимофеечной смеси в период начала цветения.

Из ранее проведенных исследований известно, что в одной тонне свежескошенной клеверотимофеечной массы содержится около 20 % сухого вещества и 80 % воды [5, 6].

Результаты и обсуждение. Масса воды в корме любой влажности определяется как отношение массы сухого вещества в корме к массе сухого вещества в 1 кг корма и умноженное на массу воды в 1 кг корма той же влажности, т.е.

$$G_B = G_{CB} \frac{q_B}{q_i}, \quad (1)$$

где G_B – масса влаги в 1 тонне корма, кг; G_{CB} – масса сухого вещества в 1 тонне корма, кг; q_B – масса воды в 1 кг., корма, кг; q_i – масса сухого вещества в 1 кг., корма, кг

При известном количестве сухого вещества (G_{CB}), в единице зеленого корма и на основании проведенных подсчетов по формуле (1) строим график процентного содержания влаги в 1 тонне корма. По оси y откладываем влажность корма W , а по оси x массу воды q_B в корме влажностью q_i .

Масса воды, оставшейся в корме при любом значении q_i , выражается кривой G_B , представленной на рисунке 1. Так как $q_i = 1 - q_B$, то формулу (1) можно записать в виде:

$$G_B = G_{CB} \frac{q_B}{1 - q_B}. \quad (2)$$

Подставим в уравнение (2) $q_B = W$, где W – влажность корма в процентах. Отсюда получим:

$$G_B = G_{CB} \frac{W}{100 - W}. \quad (3)$$

Уравнение (3) является уравнением равнобочной гиперболы, которое в общем случае имеет вид:

$$y = \frac{mx + n}{px + q}, \quad (4)$$

где $m = G_{CB}$; $x = W$; $y = G_B$; $n = 0$; $p = -1$; $q = 100$.

Так как $0 \leq W < 100$, а $G_B < 1000$ кг, то графиком уравнения (3) является часть гиперболы, определенная на участке $0 \leq G_B < 1000$. Как видно из рисунка 1, кривая G_B соответствует гиперболической зависимости и изменяется от 0 до ∞ .

Свежескошенный корм имеет определенную величину влажности, которая на графике выражена сплошной линией. Продолжение кривой до бесконечности (пунктирная кривая) возможно при условии добавления воды в корм. Масса корма любой влажности G_i состоит из массы сухого вещества и массы воды, т.е.:

$$G_i = G_{CB} + G_B, \quad (5)$$

или

$$G_i = G_{CB} \left(1 + \frac{W}{100 - W} \right). \quad (6)$$

Уравнение (6) также является уравнением равнобочной гиперболы. На основании формулы (6) строим график выхода корма из 1 тонны зеленой массы в зависимости от влажности (рисунок 1). По оси y откладываем процентное содержание влаги W в корме, а по оси x – массу сухого вещества в корме и массу корма влажностью G_i .

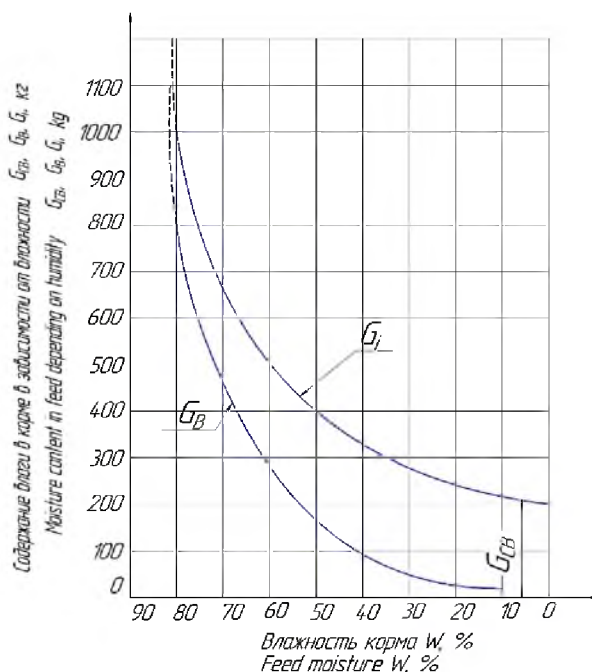


Рисунок 1 – График выхода корма из 1 тонны зеленой массы и содержания влаги в корме в зависимости от влажности

Figure 1 – Schedule of feed yield from 1 ton of green mass and moisture content in feed depending on humidity

Из графика вытекает, что при постоянном значении G_{CB} кривая массы корма G_i в зависимости от влажности сдвинута относительно кривой G_B вправо на величину G_{CB} .

Известно, что в высокотемпературных сушилках на испарение 1 кг воды при приготовлении травяной муки расходуется 0,094 кг жидкого топлива.

На основании данных строим график расхода жидкого топлива в зависимости от влажности корма (рисунок 2). По оси ординат откладываем массу топлива в кг, а по оси абсцисс – процентное содержание влаги в корме W .

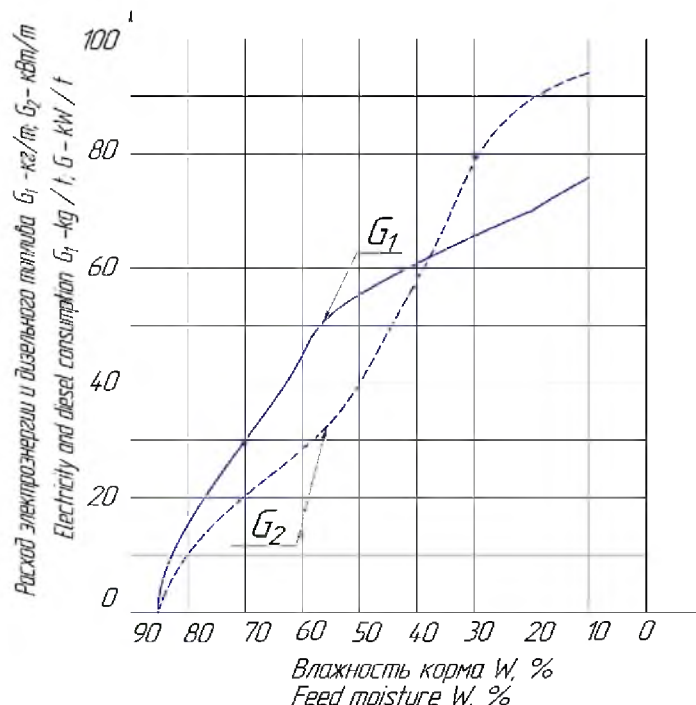


Рисунок 2 – График расхода жидкого топлива или электроэнергии на испарение влаги из 1 тонны зеленой массы в зависимости от влажности корма

Figure 2 – Graph of the consumption of liquid fuel or electricity for evaporation of moisture from 1 ton of green mass, depending on the moisture content of the feed

Расход топлива в высокотемпературных сушилках на испарение влаги из корма определяем по формуле:

$$G = G_{\text{вн}} \cdot q, \quad (7)$$

где $G_{\text{вн}}$ – масса воды удаления из корма в кг, при снижении влажности корма до величины W_i , q – масса топлива в кг, расходуемого на испарение 1 кг воды из корма в высокотемпературных сушилках ($q = 0,094$ кг жидкого топлива).

Из рисунка 1 следует, что масса воды, удаленная из одной тонны свежескошенной растительной массы, определится по формуле:

$$G_{\text{вн}} = 1000 - G_i. \quad (8)$$

На графике (рисунок 3) представлена зависимость между массой удаленной воды из травы и влажностью корма.

После подстановки значения $G_{\text{вн}}$ уравнение (7) примет вид:

$$G_{\text{вн}} = q(1000 - G_i). \quad (9)$$

Но так как в период скашивания трав процентное соотношение сухого вещества и воды меняется и зависит от многих факторов, то начало построения кривых для одной и той же травы изменится, но характер их сохранится, следовательно, можно получить кривые для значений G_i , $G_{\text{вн}}$ и G . При скашивании травы с большей первоначальной влажностью затраты на приготовление единицы корма будут больше, чем с меньшей влажностью, так как потребуются больше затратить топлива на удаление влаги.

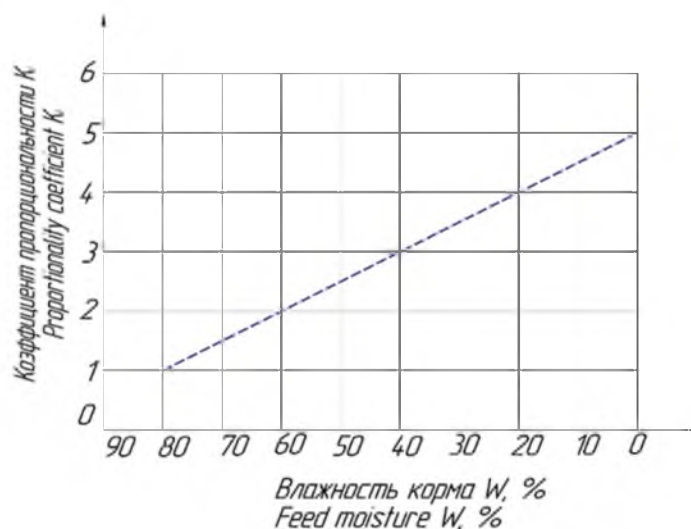


Рисунок 3 – График зависимости коэффициента пропорциональности K_i от влажности корма W

Figure 3 – Graph of proportionality coefficient K_i versus feed moisture W

Из сказанного следует, что чем с меньшей влажностью трава будет загружаться в высокотемпературную сушилку, тем выше ее производительность и меньше расход топлива. Возникает вопрос, какую величину сухого вещества в корме принимать за оптимальную при построении графика.

За оптимальную величину сухого вещества в различных видах трав следует принимать массу сухого вещества, которую можно получить в периоды созревания растения, когда возможен наибольший выход корма с высокими питательными качествами [9, 10].

Наилучшими сроками уборки трав является период бутонизации и начала цветения. В более поздние периоды кошение хотя и приводит к снижению затрат на приготовление корма высокотемпературными сушилками, но корма получаются более низкого качества по содержанию питательных веществ.

По ранее полученным поисковым данным период начала кошения трав – начала бутонизации и до конца цветения длится 30-35 дней и в это время идет постепенное снижение протеина с 24,3 % до 20 % [1, 2, 3].

Количество воды G_{BK} , которое необходимо испарить из травы, чтобы получить единицу корма соответствующей влажности, определяется формулой:

$$G_{BK} = Q_i - G_i, \quad (10)$$

где Q_i – масса свежескошенной травы, необходимая для получения единицы корма определенной влажности.

Между массой корма определенной влажности G_i и массой свежескошенной травы Q_i существует зависимость, которая может быть определена коэффициентами пропорциональности:

$$K_i = \frac{1}{G_i}. \quad (11)$$

Коэффициент K_i показывает, во сколько раз больше потребуется свежескошенной массы травы для получения единицы корма определенной влажности.

Если по оси y отложить процентное содержание влаги W в корме G_i , а по оси x – значение коэффициента пропорциональности K_i (рисунок 3), то на графике получим прямую линию.

По данному графику легко определить потребное количество массы свежескошенной травы Q_i для получения одной единицы корма определенной влажности.

Следовательно,

$$Q_i = k_i \cdot \lambda, \quad (12)$$

где λ – единица массы корма (1 кг, 1 т).

Стоимость агента сушки, расходуемого в высокотемпературных сушилках, для получения единицы массы корма соответствующей влажности определится по формуле:

$$C = G_{BK} \cdot q \cdot C_1, \quad (13)$$

где C_1 – стоимость единицы агента сушки, в руб.

Заключение. Из проведенных исследований научно-исследовательской лабораторией технологий и технических средств производства кормов из трав ИАЭП следует, что подвяливание травы в естественных условиях связано с большими потерями каротина. Поэтому рекомендуется подвяливание травы проводить не более, чем за три часа до загрузки в высокотемпературную сушилку. За такое время при благоприятных условиях уборки возможно снизить влажность травы в пределах 10-45 %, а из графика (рисунок 2) следует, что испарится вода из травы 325-425 кг и расход жидкого топлива уменьшится на 30-32 кг.

Исходя из вышеизложенного можно получить снижение затрат на приготовление кормов из трав определенной влажности путем снижения влажности комбинированным способом, то есть подвяливанием травы в поле и досушиванием в сушилках. Проведенные исследования процесса удаления влаги из трав позволили установить закономерную зависимость между массой свежескошенной травы, массой сухого вещества, массой воды и массой расходуемого жидкого топлива для получения единицы корма определенной влажности.

Данные исследования позволяют определять выход корма из единицы массы свежескошенной травы, количество массы свежескошенной травы для получения единицы массы корма, количество и стоимость расходуемого жидкого топлива на получение единицы корма определенной влажности.

Библиографический список

1. Зыков А.В. Теоретические предпосылки к разработке и изготовлению высокотемпературной сушки с инфракрасным излучением // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2019. № 15. С. 126-129. DOI: 10.26160/2474-5901-2019-15-126-129.
2. Зыков А.В., Юнин В.А., Захаров А.М. Технологические особенности искусственной сушки трав // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2019. Т. 2. № 14. С. 167-169. DOI: 10.26160/2474-5901-2019-14-167-169.
3. Зыков А.В., Юнин В.А., Захаров А.М. Эффективность химических консервантов при заготовке прессованного в рулоны сена повышенной влажности // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 1(98). С. 133-140. DOI: 10.24411/0131-5226-2019-10130.
4. Основы управления технологиями низкотемпературной сушки растительной стеблевой массы: монография / В.Д. Попов, М.Ш. Ахмедов, А.И. Сухопаров и др. ИАЭП. 2017. 142 с.

5. Повышение эффективности консервации трав путем применения озонированного воздуха/ Н.Н. Кузнецов, В.А. Юнин, А.М. Захаров, А.В. Зыков. // Известия НВ АУК. 2019. 2(54). С. 373-381. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-44.

6. Angulo-Arroyave Roberto, Rosero-Noguera Ricardo. Forage Production and Nutritional Quality of Marvel Grass (*Dichanthium annulatum*-Forssk-Stapf) for Hay Production in La Dorada (Caldas) // *Rev. prod. anim.* 2018. Vol. 30. №2. P.12-17.

7. Kornfelt L. F., Weisbjerg M. R., Nørgaard P. Effect of harvest time and physical form of alfalfa silage on chewing time and particle size distribution in boli, rumen content and faeces // *Published online by Cambridge University Press.* 2013. Vol. 7. Issue 2 February. P. 232-244 DOI: 10.1017/S1751731112001437.

8. Seasonal variations in the availability of fodder resources and practices of dairy cattle feeding among the smallholder farmers in Western Usambara Highlands, Tanzania / Maleko, David & Ng, Wai-Tim & Msalya, George & Mwilawa, Angello & Pasape, Liliane & Mtei, Kelvin // *Tropical Animal Health and Production.* 2018. Oct 8. 50(7). P. 1653-1664. Epub 2018 May 8. Doi: 50. 10.1007/s11250-018-1609-4.

9. Scotton Michele, Ševčíková Magdalena. Efficiency of mechanical seed harvesting for grassland restoration // *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 2017. P. 247. DOI: 195-204. 10.1016/j.agee.2017.06.040.

10. Tarverdyan A., Margaryan S., Simonyan A. The grass mowing machines' operational reliability and its raising methods in mountainous hayfields // *Annals of Agrarian Science.* 2018. Vol. 16. Issue 3 September. P. 309-312. DOI: 16. 10.1016/j.aasci.2018.05.010.

Reference

1. Zykov A. V. Teoreticheskie predposylki k razrabotke i izgotovleniyu vysokotemperaturnoj sushilki s infrakrasnym izlucheniem// *Journal of Advanced Research in Technical Science.* 2019. № 15. P. 126-129. DOI: 10.26160/2474-5901-2019-15-126-129.

2. Zykov A. V., Yunin V. A., Zaharov A. M. Tehnologicheskie osobennosti iskusstvennoj suшки trav// *Journal of Advanced Research in Technical Science.* 2019. T. 2. № 14. P. 167-169. DOI: 10.26160/2474-5901-2019-14-167-169.

3. Zykov A. V., Yunin V. A., Zaharov A. M. }ffektivnost' himicheskikh konservantov pri zagotovke pressovannogo v rulony sena povyshennoj vlazhnosti // *Tehnologii i tehicheskie sredstva mehanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva.* 2019. № 1(98). P. 133-140. DOI: 10.24411/0131-5226-2019-10130.

4. Osnovy upravleniya tehnologiyami nizkotemperaturnoj sushki rastitel'noj stebel'chatoj massy: monografiya/ V. D. Popov, M. Sh. Ahmedov, A. I. Suhoparov i dr. IAJeP. 2017. 142 p.

5. Povyshenie }ffektivnosti konservacii trav putem primeneniya ozonirovannogo vozduha/ N. N. Kuznecov, V. A. Yunin, A. M. Zaharov, A. V. Zykov. // *Izvestiya NV AUK.* 2019. 2(54). P. 373-381. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-02-44.

6. Angulo-Arroyave Roberto, Rosero-Noguera Ricardo. Forage Production and Nutritional Quality of Marvel Grass (*Dichanthium annulatum*-Forssk-Stapf) for Hay Production in La Dorada (Caldas) // *Rev. prod. anim.* 2018. Vol. 30. №2. P.12-17.

7. Kornfelt L. F., Weisbjerg M. R., Nørgaard P. Effect of harvest time and physical form of alfalfa silage on chewing time and particle size distribution in boli, rumen content and faeces // *Published online by Cambridge University Press.* 2013. Vol. 7. Issue 2 February. P. 232-244 DOI: 10.1017/S1751731112001437.

8. Seasonal variations in the availability of fodder resources and practices of dairy cattle feeding among the smallholder farmers in Western Usambara Highlands, Tanzania / Maleko, David & Ng, Wai-Tim & Msalya, George & Mwilawa, Angello & Pasape, Liliane & Mtei, Kelvin // *Tropical Animal Health and Production.* 2018. Oct 8. 50(7). P. 1653-1664. Epub 2018 May 8. Doi: 50. 10.1007/s11250-018-1609-4.

9. Scotton Michele, Ševčíková Magdalena. Efficiency of mechanical seed harvesting for grassland restoration // *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 2017. P. 247. DOI: 195-204. 10.1016/j.agee.2017.06.040.

10. Tarverdyan A., Margaryan S., Simonyan A. The grass mowing machines' operational reliability and its raising methods in mountainous hayfields // *Annals of Agrarian Science.* 2018. Vol. 16. Issue 3 September. P. 309-312. DOI: 16. 10.1016/j.aasci.2018.05.010.

Информация об авторах

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

Захаров Антон Михайлович, старший научный сотрудник отдела Технологии и технические средства производства зерна и кормов, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства филиала Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (196625 Россия г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш.3), кандидат технических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3501-0543> E-mail: bauermw@mail.ru

Зыков Андрей Владимирович, научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории технологий и технических средств производства кормов из трав, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства филиала Федерального научного агроинженерного центра ВИМ (196625, Россия, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Филътровское ш.3), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3435-7468>. E-mail: zav35@list.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК 631.361.2:631.354.2

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-48

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ПОВТОРНОГО ОБМОЛОТА

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE AUTOMATIC SYSTEM OF CONTROL OF THE RE-THINING PROCESS

И.П. Скворцов¹, кандидат технических наук

А.В. Скворцова², кандидат экономических наук

I.P. Skvortsov, A.V. Skvortsova

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Волгоградская государственная академия физической культуры

Volgograd State Agrarian University

Volgograd State Academy of Physical Culture

Дата поступления в редакцию 17.02.2019

Дата принятия к печати 28.08.2019

Received 17.02.2019

Submitted 28.08.2019

При работе зерноуборочного комбайна колосовой ворох после выхода из молотильного аппарата поступает на зерновой сепаратор. Очищенные зерна проходят сквозь зазоры нижнего решета и подаются в шнек зерновой, а соломистый ворох и частицы колосков движутся в шнек колосовой к домолачивающему устройству. На выходе из него вновь обмолоченные колосья, некоторое количество чистого зерна и примесей поступают к распределительному шнеку домолачивающего устройства, лопасти которого дозированно распределяют ворох по всей ширине молотильного сепарирующего устройства на транспортную доску и затем снова на решетную очистку комбайна ACROS. При большой концентрации свободного зерна в ворохе на очистке возникает многократная циркуляция колосового вороха, которая влияет на значительное увеличение его подачи на транспортную доску и снижение фактической пропускной способности комбайна. Для устранения этой ситуации нужно усилить контроль за повторным процессом дообмолота вороха в домолачивающем устройстве зернового комбайна, разместив пьезоэлементы до и после домолачивающего устройства комбайна. Предложено использовать коэффициенты, которые показывают отношение масс зерен к массе вороха. Эффективность повторного дообмолота вороха можно определять по разнице напряжений, выдаваемых пьезоэлементами, размещенными до и после домолачивающего устройства. Электрический сигнал, вырабатываемый пьезоэлементами, зависит от величины кинетической энергии от падающих зерен. Применение данной системы контроля повторного обмолота

даст возможность контролировать объем свободных зерен, поступающих на домолот и сходящих с него, уменьшить потери зерна за молотильным сепарирующим устройством и позволит увеличить пропускную способность зерноуборочного комбайна.

When the combine harvester, the ear heap, after leaving the threshing machine, enters the grain separator. Cleaned grain pass through the gaps of the lower sieve and fed into the auger of the grain, and the straw heap and particles spikelets move in ear auger to threshing. On the way out of it, re-threshed ears, some amount of clean grain and impurities is supplied to the distribution auger threshing the device, the blade is metered, distribute heap across the width of the threshing or separating device of the transport Board, and then again sieve cleaning of the harvester. With a large concentration of free grain in the heap for cleaning there is a multiple circulation of the ear heap, which will affect a significant increase in its supply to the transport Board and reduce the actual capacity of the combine ACROS. To resolve this situation, we need to strengthen the control over re-process to a thrashing heap in auger to threshing of the grain harvester, by placing the piezoelectric elements before and after auger to threshing device of the harvester. It is proposed to use the coefficients that show the ratio of the mass of grains to the mass of the heap. The efficiency of re-threshing of the heap can be determined by the voltage difference of the piezoelectric elements placed before and after the re-threshing device of the combine. The value of the piezoelectric voltage is denoted by the difference in the kinetic energy of the grains before the interaction and after the interaction of the piezoelectric sensors. The electrical signal generated by the piezoelectric elements depends on the magnitude of the kinetic energy of the falling grains. The application of this control system re-threshing will allow you to monitor the amount of free beans, coming and going in threshing, reduce losses of grain in the threshing and separating device will allow to increase the capacity of the combine harvester.

Ключевые слова: зерноуборочные комбайны ACROS, системы обмолота и контроля, пьезодатчики.

Key words: ACROS combine harvesters, threshing and control systems, piezoelectric sensors.

Цитирование. Скворцов И.П., Скворцова А.В. Теоретический расчет автоматической системы контроля процесса повторного обмолота. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 388-397. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-48.

Citation. Skvortsov I.P., Skvortsova A.V. Theoretical calculation of automatic control system of re-threshing process. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 388-397. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-48.

Введение. Современный зерноуборочный комбайн – сложная сельскохозяйственная машина, а эффективность её использования связана с влиянием на протекание технологического процесса многих факторов, возникающих при уборке зерновых культур [7].

Основным способом решения данной проблемы может служить изменение конструктивных параметров рабочих органов зерноуборочного комбайна и молотильного сепарирующего устройства в частности [1, 2, 3, 9, 10].

Технологическая настройка функционирования зерноуборочного комбайна в целом оценивается эффективностью функционирования отдельных рабочих органов в различных условиях их работы [5, 6].

При работе комбайна колосовой ворох из молотильного аппарата поступает на зерновой сепаратор. Затем часть вороха вместе с недообмолоченными колосками движется к автономному домолачивающему устройству. На выходе из последнего вымолоченные колосья, примеси и некоторый объем чистого зерна поступают к шнеку домолачивающего устройства, лопасти которого дозированно распределяют ворох на всей ширине молотильного сепарирующего устройства по транспортной доске, и затем заново идут на решетную очистку комбайна.

При большой концентрации свободного зерна в ворохе на очистке появится его многократная циркуляция по кругу, а взаимодействуя с рабочими органами молотилки, зерна получают серьезные повреждения и микротравмы [4].

Для снижения потерь зерна используются различные системы мониторинга и контроля, основанные на анализе аналоговых сигналов воздействия, поступающих на датчики, а также модули управления и стабилизации загрузки рабочими органами комбайна [11, 12, 13].

Повышение производительности комбайна до потенциально возможной может быть достигнуто при использовании технологий цифрового земледелия, а также совместного применения интеллектуальных систем информационного обеспечения при корректировке режимов работы сложных уборочных машин в полевых условиях [8].

Цель нашего исследования – теоретически обосновать эффективность контроля фракционного состава и количества свободного зерна в ворохе, поступающего в колосовой шнек для повторного дообмолота.

Материалы и методы. Во время работы комбайна подача хлебной массы в молотильное сепарирующее устройство (МСУ) равна массе колосовой вороха, выходящего из МСУ (рисунок 1):

$$q_2 = q_3 + q_6, \quad (1)$$

где q_2 – масса подачи хлебной массы в МСУ, кг/с; q_3 – масса подачи колосовой фракции на соломотряс, кг/с; q_6 – масса подачи вороха на очистку, кг/с.

За счет влияния внешних факторов, таких как изменение массы подачи хлебной массы q_2 , поступающей в молотилку, угловой скорости барабана ω_2 и механико-физических свойств перерабатываемой массы все они могут характеризоваться функцией $\Phi_3(t)$, изменяя количество колосовой фракции, находящейся в молотильном аппарате. При этом изменение массы подачи на рабочие элементы q_2 , q_3 и q_6 (рисунок 1) связано между собой и зависит от внешних воздействий:

$$q_3 = q_2 - q_6 \quad (2)$$

$$q_6 = q_6(q_2, \omega_2, \Phi_3) \quad (3)$$

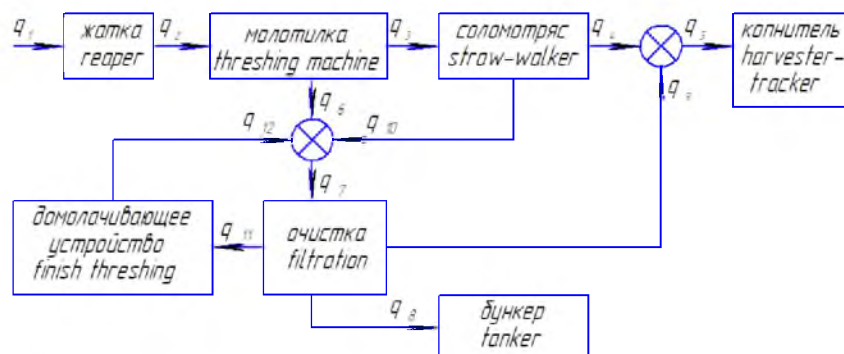


Рисунок 1 – Функциональная схема технологического процесса, выполняемого зерноуборочным комбайном

Figure 1 – Functional diagram of the technological process, performed by combine harvester

Определим функцию q_7 в линейном приближении:

$$q_6 = q_6^0 + \left(\frac{\partial q_6}{\partial q_2} \right) q_2 + \left(\frac{\partial q_6}{\partial \omega_2} \right) \Delta \omega_2 - \left(\frac{\partial q_6}{\partial \Phi_3} \right) \Delta \Phi_3. \quad (4)$$

Масса подачи колосовой фракции на решетную очистку равна сумме масс подачи колосовой фракции, подаваемой молотилкой q_6 , соломотрясом q_{10} и домолачивающим устройством q_{12} :

$$q_7 = q_6 + q_{10} + q_{12}. \quad (5)$$

Изменения массы подачи от установившихся значений:

$$\Delta q_6 = q_6 - q_6^0, \quad (6)$$

$$\Delta q_7 = q_7 - q_7^0, \quad (7)$$

$$\Delta q_{10} = q_{10} - q_{10}^0, \quad (8)$$

$$\Delta q_{12} = q_{12} - q_{12}^0, \quad (9)$$

где q_6^0 – масса подачи вороха в молотилке, идущая на очистку; q_7^0 – масса подачи вороха на очистку; q_{10}^0 – масса подачи вороха соломотрясом, идущая на очистку; q_{12}^0 – масса подачи вороха в домолачивающем устройстве, поступающая на очистку.

Материальный баланс массы подачи вороха в молотильном сепарирующем устройстве на основе полученных соотношений опишем следующей системой уравнений:

$$1) x_{q_7} = x_{q_6} + x_{q_{10}} + x_{q_{12}};$$

$$2) x_{q_3} = (1 - k_1)x_{q_2} - k_2x_{\omega_2} + k_3f_3;$$

$$3) x_{q_6} = k_1x_{q_2} + k_2x_{\omega_2} - k_3f_3;$$

где

$$x_{q_7} = \frac{\Delta q_7}{q_1^0}; \quad x_{q_6} = \frac{\Delta q_6}{q_1^0}; \quad x_{q_{10}} = \frac{\Delta q_{10}}{q_1^0}; \quad x_{q_{12}} = \frac{\Delta q_{12}}{q_1^0}; \quad f_3 = \frac{\Delta \Phi_3}{(\Phi_3)^0};$$

$$k_1 = \left(\frac{\partial q_6}{\partial q_2} \right)_0; \quad k_2 = \frac{\omega_2^0}{q_1^0} \left(\frac{\partial q_6}{\partial \omega_2} \right); \quad k_3 = \frac{(\Phi_3)^0}{q_1^0} \left(\frac{\partial q_6}{\partial \Phi_3} \right)_0.$$

Крупные части колосового вороха с верхнего решетного стана подаются к удлинителю (расход q_{15}), а зернистая смесь, проходящая сквозь решето с расходом q_{13} , подается на нижний решетный стан комбайна (рисунок 2).

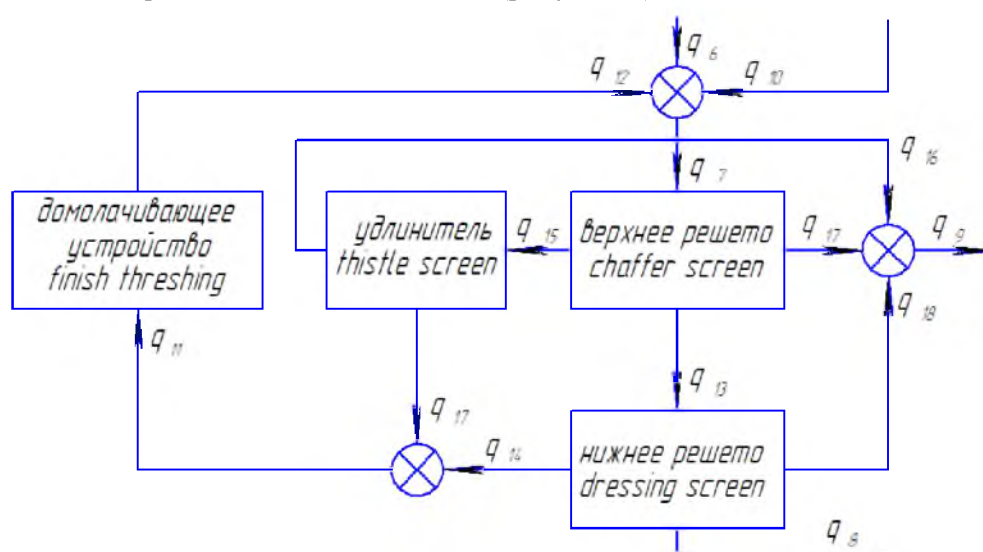


Рисунок 2 – Функциональная схема решетной очистки

Figure 2 – Functional diagram of the sieve cleaning

На удлинителе отделяются недообмолоченные колосья и крупные части вороха. Далее эта фракция (расход q_{16}) подается к колосовому шнеку. Изменение массы подачи колосовой фракции, направляемой потоком воздуха с верхнего решета и удлинителя в копнитель (или измельчитель), обозначим как q_{16} и q_{17} .

После прохода нижнего решета основная часть зернистой смеси (расход q_8) подается в бункер комбайна, мелкие и легкие части сдуваются потоком воздуха в измельчитель (расход q_{19}), крупные и тяжелые непроеившиеся примеси убираются с нижнего решета сходом (q_{14}) и далее с фракцией q_{17} идут на дообмолот.

Поступление колосового вороха в шнек:

$$q_{11} = \frac{m_{11}}{t_{11}}, \quad (10)$$

где m_{11} – масса вороха идущего в шнек за время t_{11} .

Подача вороха со шнека распределительного:

$$q_{12} = \frac{m_{12}}{t_{12}}, \quad (11)$$

где m_{12} – масса вороха сходящего со шнека за время t_{12} .

Массы ворохов m_{11} и m_{12} , а также входящие в них некоторое количество свободного (чистого) зерна $m_{11з}$, $m_{12з}$ и некоторого количества примесей $m_{11н}$, $m_{12н}$:

$$m_{11} = m_{11з} + m_{11н}, \quad (12)$$

$$m_{12} = m_{12з} + m_{12н}. \quad (13)$$

Для этого необходимо выполнение следующих условий: $m_{11з} \neq m_{12з}$, $m_{12з} > m_{11з}$, $m_{12н} < m_{11н}$. Коэффициенты, показывающие отношение масс зерна $m_{11з}$, $m_{12з}$ к массам примесей $m_{11н}$, $m_{12н}$ выразим через:

$$\xi_{11} = \frac{m_{11з}}{m_{11н}}, \quad (14)$$

где ξ_{11} – соотношение массы зерна $m_{11з}$ к массе примесей соломы $m_{11н}$ идущих в шнек колосовой,

$$\xi_{12} = \frac{m_{12з}}{m_{12н}}, \quad (15)$$

а ξ_{12} – показывает соотношение масс зерен $m_{12з}$ к массе примесей соломы $m_{12н}$ сходящей с дообмолота.

Определим массы примесей $m_{11н}$, $m_{12н}$:

$$m_{11} = m_{11з} + \frac{m_{11з}}{\xi_{11}}, \quad (16)$$

$$m_{12} = m_{12з} + \frac{m_{12з}}{\xi_{12}}. \quad (17)$$

Результаты и обсуждение. Электрический сигнал, вырабатываемый пьезоэлементами, зависит от величины кинетической энергии от падающих зерен. Величина напряжения пьезодатчиков (В) на нижнем решете – это разница энергий A_{111} до взаимодействия и A_{112} после взаимодействия с датчиками:

$$U_{11} = k(A_{111} - A_{112}) = k \left(\frac{m_{113} v_{1113}^2}{2} - \frac{m_{113} v_{1123}^2}{2} \right), \quad (18)$$

где v_{1113}^2 – скорость зерна перед взаимодействием с датчиком, км/ч; v_{1123}^2 – скорость зерна после взаимодействия с датчиком, км/ч; k – экспериментальный коэффициент.

Величина напряжения, получаемая с пьезоэлементов, размещенных на шнеке после дообмолота:

$$U_{12} = k(A_{121} - A_{122}) = k \left(\frac{m_{123} v_{1213}^2}{2} - \frac{m_{123} v_{1223}^2}{2} \right), \quad (19)$$

где v_{1213}^2 – скорость зерна перед датчиком, км/ч; v_{1223}^2 – скорость зерна после датчика, км/ч; k – экспериментальный коэффициент.

Коэффициент k определяется следующим образом. Измеряется напряжение с датчика $U_{\text{э}}$, В, общая масса зерен $m_{\text{э}}$, кг, высота падения зерен на датчик $h_{\text{э}}$, м:

$$k = \frac{U_{\text{э}}}{m_{\text{э}} g h_{\text{э}}}, \quad (20)$$

g – ускорение 9,81 м/с².

Определим коэффициент восстановления зерна:

$$\varepsilon = \frac{v_{1123}}{v_{1113}}, \quad (21)$$

при ударе зерен о поверхность алюминиевого датчика $\varepsilon = 0,5$.

Используя формулу (21), определим скорости зерен после удара:

$$v_{1123} = \varepsilon v_{1113}. \quad (22)$$

Найдем кинетическую энергию (Дж), получаемую зерном после отрыва от нижнего решета:

$$A_{\kappa 1} = \frac{m_{113} v^2}{2} = \frac{m_{113} (r\omega)^2}{2}. \quad (23)$$

При расчетах учитываем коэффициент k_c , который показывает уменьшение одной энергии при переходе в другой вид энергии, от действия описанных сил, т.е. $A_{\kappa} \rightarrow k_c A_n$:

$$\frac{m_{113} (r\omega)^2}{2} = k_c m_{113} g h_1, \quad (24)$$

где g – ускорение свободного падения; h_1 – высота перемещения зерен до нижнего решета, м.

$$h_1 = \frac{(r\omega)^2}{2gk_c}. \quad (25)$$

Найдем потенциальную энергию (Дж) от падения зерна с высшей точки нижнего решета до пьезодатчиков:

$$A_{n1} = m_{113} g \left(\frac{(r\omega)^2}{2gk_c} + h_2 \right), \quad (26)$$

где h_2 – высота падения зерна с нижнего решета до поверхности датчика, м.

Найдем энергию после взаимодействия зерен о пластину пьезоэлемента с учетом k_c , $A_n \rightarrow k_c A_n$:

$$m_{113} g \left(\frac{(r\omega)^2}{2gk_c} + h_2 \right) = \frac{k_c m_{113} (v_{1113})^2}{2}, \quad (27)$$

где v_{1113} – скорости зерен при взаимодействии с датчиком.

Рассчитаем скорости зерен после их взаимодействия о пластину пьезоэлемента размещенных после решета:

$$v_{1113} = \sqrt{\frac{(r\omega)^2}{k_c^2} + \frac{2gh_2}{k_c}}, \quad (28)$$

применяя формулу (22) выразим скорости зерен после их взаимодействия с пьезоэлементами:

$$v_{1123} = \varepsilon \sqrt{\frac{(r\omega)^2}{k_c^2} + \frac{2gh_2}{k_c}}. \quad (29)$$

Конечная величина напряжения (В), преобразующаяся датчиком при ударе об него зерен массой m_{113} (кг) и скоростью v_{1113} :

$$U_{11} = \frac{km_{112}}{2} \left(\frac{(r\omega)^2}{k_c^2} + \frac{2gh_2}{k_c} \right) (1 - \varepsilon). \quad (30)$$

Найдем скорости зерен при ударе и после удара о датчики на распределительном шнеке:

$$v_u = \xi_u \frac{Sn_u}{60} \sin \alpha_1, \quad (31)$$

где ξ_u – коэффициент проскальзывания зерен; S – шаг витков шнека, м; n_u – частота вращения шнека, мин⁻¹; α_1 – угол наклона витков шнека, град.

Найдем кинетическую энергию, получаемую зерном при отрыве от шнека:

$$A_{\kappa 2} = \frac{m_{123} v^2}{2} = \frac{m_{123} \left(\xi_u \frac{Sn_u}{60} \sin \alpha_1 \right)^2}{2}. \quad (32)$$

Определим потенциальную энергию, получаемую от перехода кинетической энергии с коэффициентом k_c , $A_n \rightarrow k_c A_n$:

$$\frac{m_{123} \left(\xi_u \frac{Sn_u}{60} \sin \alpha_1 \right)^2}{2} = k_c m_{123} gh_{11}, \quad (33)$$

определим h_{11} , высоту падения зерна до края нижнего решета:

$$h_{11} = \frac{\left(\xi_u \frac{Sn_u}{60} \sin \alpha_1 \right)^2}{2gk_c}. \quad (34)$$

Найдем суммарную потенциальную энергию от падения зерна из высшей точки кромки шнека до датчика:

$$A_{n2} = m_{123} g \left(\frac{\left(\xi_w \frac{Sn_w}{60} \sin \alpha_1 \right)^2}{2gk_c} + h_{12} \right), \quad (35)$$

где h_{12} – высота падения зерна от шнека до датчика, м.

Выразим энергию кинетическую взаимодействия зерен с пьезоэлементом, получаемую из энергии потенциальной, учитывая $A_n \rightarrow k_c A_n$:

$$m_{123} g \left(\frac{\left(\xi_w \frac{Sn_w}{60} \sin \alpha_1 \right)^2}{2gk_c} + h_{12} \right) = \frac{k_c m_{123} (v_{1213})^2}{2}, \quad (36)$$

где v_{1213} – скорости зерен от взаимодействия с пьезоэлементом.

Найдем скорости зерен от взаимодействия с пьезоэлементами, размещенными на сходе со шнека распределительного:

$$v_{1213} = \sqrt{\frac{\left(\xi_w \frac{Sn_w}{60} \sin \alpha_1 \right)^2}{k_c^2} + \frac{2gh_{12}}{k_c}}, \quad (37)$$

и получим скорости зерен после взаимодействия с пьезоэлементами:

$$v_{1223} = \varepsilon \sqrt{\frac{\left(\xi_w \frac{Sn_w}{60} \sin \alpha_1 \right)^2}{k_c^2} + \frac{2gh_{12}}{k_c}}, \quad (38)$$

Найдем общее напряжение преобразуемое датчиком от падения на него зерен массой m_{123} и скоростью v_{1213} :

$$U_{12} = \frac{km_{123}}{2} \left(\frac{\left(\xi_w \frac{Sn_w}{60} \sin \alpha_1 \right)^2}{k_c^2} + \frac{2gh_{12}}{k_c} \right) (1 - \varepsilon). \quad (39)$$

Из двух выражений (30) и (39) очевидно, что при работе молотилки изменение напряжений U_{11} и U_{12} зависит от общей массы свободных зерен m_{113} и m_{123} .

Заключение. Значение пропускной способности будет больше при минимальном поступлении свободных зерен на дообмолот. Эффективность функционирования домолачивающего устройства повысится при большем выделении чистого зерна с вороха, попавшего на дообмолот. Применение данной системы контроля повторного обмолота даст возможность контролировать поток чистого свободного зерна, идущего на дообмолот и выходящего с него, а также уменьшить потери зерна за молотильным сепарирующим устройством и позволит увеличить пропускную способность зерноуборочного комбайна.

Библиографический список

1. Бердышев В.Е. Оптимизация конструктивно-технологических параметров «классической» молотильно-сепарирующей системы зерноуборочного комбайна // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 3 (27). С.175-178.
2. Жалнин Э.В. О классификации зерноуборочных комбайнов // Сельский механизатор. 2016. №4. С. 6-7, 21.
3. Ловчиков В.П., Ловчиков А.П., Клаузер Л.А. Универсальные решета в системе очистки комбайна // Сельский механизатор. 2014. №11. С. 4-6.
4. Ряднов А.И., Тронеv С.В. Оптимизация конструкции распределительного шнека зерноуборочного комбайна // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2(26). С. 185–194.
5. Ряднов А.И., Тронеv С.В., Скворцов И.П. Теоретическая оценка пропускной способности рабочих органов зерноуборочного комбайна // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 2 (34). С. 189-194.
6. Тронеv С.В., Ряднов А.И. Математическая модель оценки функционирования рабочих органов зерноуборочного комбайна // Успехи современной науки. 2017. Том 6. №3. С. 228-232.
7. Федорова О.А. Факторы, влияющие на показатели использования зерноуборочных комбайнов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 239-245.
8. Dimitrov V., Borisova L., Nurutdinova I. Intelligent support of grain harvester technological adjustment in the field // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. Vol. 875. P. 236-245.
9. Fisunova E., Lavrenova T., Zharov V. Using the imitation model of elementary technological operation at the evaluation of the threshing action of the threshing device // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 224. P. 05018.
10. Parameters of air flow over the upper sieve in the cleaning chamber / Yanukov N.V., Mayorov A.V., Mikheeva D.A., Volkov A.I., Lukina D.V. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 457(1). P. 012005.
11. Development of rapeseed cleaning loss monitoring system and experiments in a combine harvester / Xu L., Wei C., Liang Z., Li Y., Liu Q. // Biosystems Engineering. 2019. Vol. 178. P. 118-130.
12. Fuzzy Control System for Load Stability of Intelligent Combine Harvester / Zhang K., Cao S., Shen H., (...), Han T., Guo H. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 439(5). P. 052009.
13. Improving design of a PVDF grain loss sensor for combine harvester / Zhou L., Yuan Y., Zhang J., Niu K. // IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2019. Vol. 546. P. 208-217.

Reference

1. Berdyshev V. E. Optimizaciya konstruktivno-tehnologicheskikh parametrov “klassicheskoy” molotil’no-separiruyushej sistemy zernouborochnogo kombajna // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional’noe obrazovanie. 2012. № 3 (27). P. 175-178.
2. Zhالنin Je. V. O klassifikacii zernouborochnyh kombajnov // Sel’skij mehanizator. 2016. №4. S. 6-7, 21.
3. Lovchikov V. P., Lovchikov A. P., Klauzer L. A. Universal’nye resheta v sisteme ochistki kombajna // Sel’skij mehanizator. 2014. №11. P. 4-6.
4. Ryadnov A. I., Tronev S. V. Optimizaciya konstrukcii raspreditel’nogo shneka zernouborochnogo kombajna // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2017. № 2(26). P. 185-194.
5. Ryadnov A. I., Tronev S. V., Skvorcov I. P. Teoreticheskaya ocenka propusknoj sposobnosti rabochih organov zernouborochnogo kombajna // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional’noe obrazovanie. 2014. № 2 (34). P. 189-194.
6. Tronev S. V., Ryadnov A. I. Matematicheskaya model’ ocenki funkcionirovaniya rabochih organov zernouborochnogo kombajna // Uspehi sovremennoj nauki. 2017. Tom 6. №3. P. 228-232.

7. Fedorova O. A. Faktory, vliyayushchie na pokazateli ispol'zovaniya zernoubo-rochnykh kombajnov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee profession-al'noe obrazovanie. 2017. № 4 (48). P. 239-245.

8. Dimitrov V., Borisova L., Nurutdinova I. Intelligent support of grain harvester technological ad-justment in the field // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2019. Vol. 875. P. 236-245.

9. Fisunova E., Lavrenova T., Zharov V. Using the imitation model of elementary technologi-cal operation at the evaluation of the threshing action of the threshing device // MATEC Web of Con-ferences. 2018. Vol. 224. P. 05018.

10. Parameters of air flow over the upper sieve in the cleaning chamber / Yanukov N.V., Mayorov A.V., Mikheeva D.A., Volkov A.I., Lukina D.V. // IOP Conference Series: Materials Sci-ence and Engineering. 2018. Vol. 457(1). P. 012005.

11. Development of rapeseed cleaning loss monitoring system and experiments in a combine har-vester / Xu L., Wei C., Liang Z., Li Y., Liu Q. // Biosystems Engineering. 2019. Vol. 178. P. 118-130.

12. Fuzzy Control System for Load Stability of Intelligent Combine Harvester / Zhang K., Cao S., Shen H., (...), Han T., Guo H. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 439(5). P. 052009.

13. Improving design of a PVDF grain loss sensor for combine harvester / Zhou L., Yuan Y., Zhang J., Niu K. // IFIP Advances in Information and Communication Technology. 2019. Vol. 546. P. 208-217.

Информация об авторах

Скворцов Игорь Петрович, доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Универси-тетский, д. 26.), кандидат технических наук, доцент,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8791-7601> skvortsov767@mail.ru

Скворцова Александра Викторовна, старший преподаватель кафедры «Спортивный менеджмент и экономика» Волгоградской государственной академии физической культуры (РФ, 400005, г. Вол-гоград, проспект им. В.И. Ленина, д. 78.), кандидат экономических наук,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4356-950X> sanikaskv_83@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

УДК: 631.432:631.445.51(470.44/.47)

DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-49

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРИМЕРЕ СВЕТЛО - КАШТАНОВЫХ ПОЧВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

COMPUTER MODELING AND DETERMINATION OF THE BASIS OF HYDROPHYSICAL CHARACTERISTIC ON THE EXAMPLE OF LIGHT - CHESTNESS SOILS OF THE LOWER VOLGA REGION

Т.А. Рыжова, аспирант

Е.В. Мелихова, кандидат технических наук

А.Ф. Рогачев, доктор технических наук

T.A. Ryzhova, E.V. Melikhova, A.F. Rogachev

Волгоградский государственный аграрный университет

Volgograd State Agrarian University

Дата поступления в редакцию 28.05.2019

Дата принятия к печати 15.09.2019

Received 28.05.20

Submitted 15.09.2019

Рассмотрено экспериментальное определение основной гидрофизической характеристики (ОГХ) на примере светло-каштановой среднесуглинистой почвы Нижнего Поволжья. Эксперимен-тально определены гидрофизические свойства почвы (гранулометрический состав, плотность, со-держание органического углерода). С помощью графической интерполяции на интегральной кривой содержания частиц меньше заданного диаметра фракционный состав почвы приведен к междуна-

родной классификации ФАО (Международная номенклатура почв ФАО/ЮНЕСКО, база данных UNKODA и HUPRES). Кривые ОГХ экспериментально восстановлены двумя методами. В первом случае ОГХ определялась точечно-регрессионным методом Гупта - Ларсона (Gupta&Larson) и Ролса (Rawls) с использованием почвенно-гидрологических констант (ПГК). Во втором случае ОГХ рассчитывалось аппроксимацией функции Ван Генухтена (van Genuchten). Коэффициенты аппроксимации определялись тремя методами: использовались данные таблиц обобщенных параметров гидрофизических характеристик модели водоудержания Ван Генухтена (интернациональные базы данных HUPRES и UN SODA); методом Фёнивала и Вилсона (непрерывные ПТФ). Построение и расчет кривых ОГХ проводился с помощью программного пакета MS Excel 2016. Рассмотрено влияние гранулометрического и минералогического составов почвы, плотности почвы, содержания органического углерода на положение кривой водоудержания. Выяснено, что из-за большого количества мелких элементарных частиц, большой плотности почвы, небольшого содержания органического вещества и достаточного содержания физической глины в светло-каштановых среднесуглинистых почвах, кривая ОГХ сильно смещена в область высоких влажностей. Сравнивая разные методы восстановления ОГХ для светло-каштановой среднесуглинистой почвы Нижнего Поволжья, мы отмечаем, что наибольшая сходимость результатов наблюдается в области капиллярного диапазона давлений влаги, расхождение составляет $0,065 \text{ см}^3/\text{см}^3$. На остальных участках кривая водоудержания различается заметно. Погрешность возрастает до $0,22 \text{ см}^3/\text{см}^3$.

The article deals with the experimental determination of the basic hydro-physical characteristics (HPhC) on the example of light chestnut medium-clay soil of the Lower Volga region. The hydro-physical properties of the soil (granulometric composition, density, organic carbon content) were experimentally determined. With the help of graphical interpolation on the integral curve of the content of soil particles less than a given diameter, the fractionation composition is given to the FAO international classification (FAO/UNESCO international soil nomenclature, UNKODA and HUPRES DATABASE). The hydro-physical characteristics (HPhC) curves are experimentally reconstructed by two methods. In the first case, hydro-physical characteristics (HPhC) was determined using pedotransfer functions (ptsf) by Gupta - Larson (Gupta&Larson) and Rolls (Rawls) methods using soil-hydrological constants. In the second case, hydro-physical characteristics (HPhC) were calculated by approximation functions Genuchten van (van Genuchten). The coefficients of the approximation function HPhC van Genuchten was determined by three methods: with tables of the generalized parameters of the models of van Genuchten and Genuchten - Mualem (international nomenclature of soils FAO/UNESCO database UNKODA); according to the simplified international classification of FAO (database HUPRES); the method was Panigrahi and Wilson (continuous PTF). The construction and calculation of the hydro-physical characteristics (HPhC) curves was carried out using the software package MS Excel 2016. The influence of granulometric and mineralogical compositions of soil, soil density, organic carbon content on the position of the water retention curve is considered. It was found that due to the large number of small elementary particles, high soil density, low organic matter content and sufficient physical clay content in light chestnut medium-loamy soils, the hydro-physical characteristics (HPhC) curve is strongly shifted to the region of high humidity. Comparing different METHODS of hydro-physical characteristics (HPhC) restoration for light-chestnut medium-loamy soil of the Lower Volga region, it can be noted that the greatest convergence of the results is observed in the region in the capillary range of moisture pressures. On other sections of the curve woodengine varies markedly.

Ключевые слова: основная гидрофизическая характеристика почв, педотрансферные функции, гранулометрический состав почв, уравнение влагоудержания, ОГХ.

Key words: main hydrophysical characteristics of soils, pedotransfer functions, particle size distribution of soils, water retention equation, OGH.

Работа выполнена 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»

Цитирование: Рыжова Т.А., Мелихова Е.В., Рогачев А.Ф. Компьютерное моделирование и определение основной гидрофизической характеристики на примере светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2019. 3(55). 397-406. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-49.

Citation: Ryzhova T.A., Melikhova E. V., Rogachev A. F: Computer modeling and determination of the basis of hydrophysical characteristic on the example of light -chestness soils of the lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2019. 3(55). 397-406. (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2019-03-49.

Введение. Основная гидрофизическая характеристика (ОГХ) является основой для экспериментального обеспечения почвенных моделей в разнообразных системах управления, принятия решений в мелиорации, экологии, сельском хозяйстве, гидрологии. ОГХ является уникальной для каждого почвенного горизонта, поэтому для расчетов и прогнозов переноса веществ в ландшафте требуются сотни экспериментальных значений этой функции. Определение ОГХ – процесс достаточно сложный и дорогой, получить экспериментальный материал бывает просто невозможно и часто экономически невыгодно.

Вследствие того что ОГХ определяет водоудерживающую функцию почвы и полностью зависит от ее базовых свойств, появилась возможность использовать эту взаимосвязь [9, 7, 8].

Цель исследования – экспериментальное определение ОГХ светло-каштановых среднесуглинистых почв Нижнего Поволжья различными расчетными методами. Сравнение полученных кривых водоудержания.

С этой целью необходимо:

- экспериментально получить данные о гранулометрическом составе почвы, привести его к интернациональной классификации ФАО [14];
- построить кривые водоудерживания с помощью регрессионных уравнений, используя коэффициенты аппроксимации Гупта - Ларсона (Gupta, Larson, 1979) [8, 14, 13] и Ролса (Rawls 1982) [8, 13, 14];
- рассчитать параметры аппроксимации ОГХ функцией Ван Генухтена (van Genuchten), используя педотрансферные функции;
- сравнить ОГХ светло-каштановой почвы, полученные различными экспериментальными методами;
- проанализировать водоудерживающую способность светло-каштановой почвы.

Материалы и методы. Объектом исследования стали преобладающие типы почв Нижнего Поволжья, которые представлены светло-каштановыми средними суглинками.

Педотрансферными называют функции, которые позволяют воспроизводить основные гидрофизические свойства почв – ОГХ – по ее известным фундаментальным свойствам (плотность, пористость, содержание органического углерода и т.п.), полученным экспериментально или из материалов почвенных служб [3, 2, 4, 7, 14].

ОГХ восстанавливалось на основании данных, полученных экспериментально. Гранулометрический состав почвы определялся пипет-методом, плотность – буровым методом, содержание органического углерода – экспресс-анализатором АН-7529М (Вадюнин, Корчагин, 1986; Шеин, 2005, 2007).

Первый подход. В основе точечно-регрессионного метода исходят из предположения, что на кривой водоудерживания (ОГХ) имеется несколько характерных точек, почвенно-гидрологических констант (ПГК) [5-10, 14], соответствующих матричным давлениям -10, -33, -1500 кПа (Kern, 1995), которые характеризуют доступную для растений влагу. Влажность при указанных давлениях будет определяться базовыми свойствами почв (Гупта и Ларсон 1979 г., Ролс 1982 г.; Корус 2007 г.).

Методом наименьших квадратов (МНК) определяют эмпирические коэффициенты множественной регрессии, используя при этом данные большого числа экспериментов по определению ОГХ [8, 14, 13]:

$$Q_i = a_i + b_i \omega_{\text{песок}} + c_i \omega_{\text{пыль}} + d_i \omega_{\text{ил}} + e_i \omega_c + f_i p, \quad (1)$$

где θ – объемное содержание влаги; i – относится к одной из равновесных точек рF- θ на ОГХ; ω – доля органического вещества; a, b, c, d, e, f – эмпирические коэффициенты регрессии.

Для расчета ПГК методом параметризации педотрансферных функций использовались:

1. Исследования Гупты - Ларсона (таблица 2) [6, 7, 5, 10].
2. Исследования Ролса (таблица 2) [6, 7, 5, 10].
3. Данные, полученные экспериментально (гранулометрический состав, плотность, содержание органического углерода и др.).

Второй подход. ОГХ восстанавливалось с помощью аппроксимационной зависимости Ван Генухтена (van Genuchten) [8, 14] и экспериментальных данных:

$$\theta(p) = \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + (\alpha p)^n)^m}; \quad m = 1 - 1/n \quad (2)$$

где θ – влажность почвы [$\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$]; θ_s – объемная влажность полного насыщения почвы [$\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$]; θ_r – минимальный удельный объем влаги в почве [$\text{см}^3 \cdot \text{см}^{-3}$]; α [см водн.ст.^{-1}]; n – индекс распределения пор по размерам [9, 7, 8].

Расчет коэффициентов проводился тремя методами:

1. С помощью таблиц универсальных параметров Ван Генухтена и Генухтена - Муалема интернациональная база данных UN SODA (система FAO) [6, 7, 14];
2. С помощью таблиц обобщенных параметров общеевропейской базы данных HUPRES (упрощенная система FAO) [7, 14].
3. Методом Фёнивала и Вилсона (Furnival G.M., Wilson R.W. 1974) – непрерывные ПТФ [9, 7, 8].

$$\begin{aligned} \theta_s = & 0,8597 + 0,196\omega_{\text{ил}} - 0,2962p - (0,1221\omega_{\text{пыль}})^2 + (0,906\omega_c)^2 + 0,0002427/\omega_{\text{ил}} + \\ & 0,0001113/\omega_{\text{пыль}} + 0,01472\ln(\omega_{\text{пыль}}) - 0,733\omega_c\omega_{\text{ил}} - 0,0619p\omega_{\text{ил}} - 0,1183p\omega_c - \\ & 0,01664A\omega_{\text{пыль}}. \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \ln(a_i) = & -13,97 + 3,135(\omega_{\text{ил}}) + 3,51\omega_{\text{пыль}} + 64,6\omega_c + 15,29p - 0,192B - 4,671p^2 - \\ & 7,81\omega_{\text{ил}}^2 - 8,7\omega_c^2 + 0,000449/\omega_c + 0,0663\ln(\omega_{\text{пыль}}) + 0,1482\ln(\omega_c) - 4,546p\omega_{\text{пыль}} - \\ & 48,52p\omega_c + 0,673A\omega_{\text{ил}} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \ln(n-1) = & -26,8 - 2,955\omega_{\text{ил}} + 0,74\omega_{\text{пыль}} - 19,4\omega_c + 45,5p - 7,24p^2 + 3,6558\omega_{\text{ил}}^2 + \\ & 28,85\omega_c^2 - 12,81/p - 0,001524/\omega_{\text{пыль}} - 0,0001958/\omega_c - 0,2876\ln(\omega_{\text{пыль}}) - \\ & 0,0709\ln(\omega_c) - 4,6\ln(p) - 2,264p\omega_{\text{ил}} + 8,96p\omega_c + 0,718A\omega_{\text{ил}} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \ln(K_\Phi) = & 4,794 + 3,52\omega_{\text{пыль}} + 0,93A - 0,967p^2 - 4,84\omega_{\text{ил}}^2 - 3,22\omega_{\text{пыль}}^2 + \\ & 0,00001/\omega_{\text{пыль}} - 0,000748/\omega_c - 0,643\ln(\omega_{\text{пыль}}) - 1,398\omega_{\text{ил}} - 16,73p\omega_c + \\ & 2,986A\omega_{\text{ил}} - 3,305A\omega_{\text{пыль}} \end{aligned} \quad (6)$$

Коэффициенты $A = 0$ и $B = 1$ – в зависимости от горизонта [9, 7, 8], для которого рассчитывают параметры аппроксимационных зависимостей.

Построение кривых ОГХ и статистическая обработка данных осуществлялись в программе MS Excel 2016.

Результаты и обсуждение. Восстановление кривых ОГХ проводилось с помощью регрессионных моделей методом Гупта - Ларсона (Gupta S.C., Larson W.E. 1979), Ролса (Rawls W.J. 1982) и аппроксимационную зависимость Ван Генухтена [9, 7, 8] с использованием экспериментальных данных по гранулометрическому составу светло-каштановой почвы: плотности, содержанию органического углерода и др.

Для определения коэффициентов аппроксимации, используемых в расчетах, необходимы данные гранулометрического состава почвы, представленные в международной классификации FAO. С этой целью в логарифмическом масштабе строится интегральная кривая содержания частиц почвы меньше заданного диаметра: глина $< 0,002$ мм; пыль – $0,002-0,05$ мм; песок $> 0,05$ мм (рисунок 1) [8, 14]. Методом графической интерполяции определяется содержание глины, пыли и песка. Соответствие почвы международной классификации производят с помощью треугольника Ферре [8, 14].

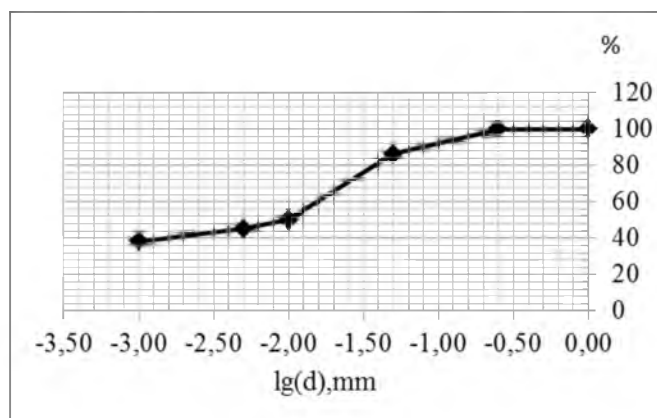


Рисунок 1 – Интегральная кривая светло-каштановой почвы

Figure 1 – Integral curve of light chestnut soil

По гранулометрическому составу, согласно разным классификациям, светло-каштановая почва относится (таблица 1): по Н.А. Качинскому – к средним суглинкам; по международной FAO – к глинистым суглинкам; по упрощенной FAO – к тонкодисперсной.

Таблица 1 – Параметры светло-каштановой почвы

Table 1 – Parameters of light chestnut soil

Параметр, ед. измерения parameter, units	Величина (физическая) physical value	Значение value
1	2	3
классификация по Н.А.Качинскому / classification of Kaczynski		
ω_1 , мкм, mkm	< 1	0,381
ω_2 , мкм, mkm	1-5	0,07
ω_3 , мкм, mkm	5-10	0,05
ω_4 , мкм, mkm	10-50	0,361
ω_5 , мкм, mkm	50-250	0,137
ω_6 , мкм, mkm	250-1000	0,01
классификация международная FAO / international classification FAO		
$\omega_{ил}$, мкм, mkm	< 2 мкм, mkm	0,41

Окончание таблицы 1

1	2	3
$\omega_{\text{пыль}}$, мкм, mkm	2-50 мкм, mkm	0,452
$\omega_{\text{песок}}$, мкм, mkm	>50 мкм, mkm	0,138
Экспериментальные данные / Experimental data		
ρ , г/см ³ gram / cm	плотность почвы / soil density	1,35
ε , см ³ /см ³ , cm ³ /cm ³	Пористость / Porosity	0,5
ω_c , %	Содержание органического углерода Organic carbon content	0,0127

Коэффициенты множественной регрессии определены на большом количестве почвенных образцов разного гранулометрического состава (таблица 2) [8, 14, 5, 10].

Таблица 2 – Эмпирические коэффициенты множественной регрессии

Table 2 – Empirical Multiple Regression Coefficients

i	pF	a	b	c	d	e	f
Коэффициенты регрессии Гупта- Ларсона / Regression coefficient Gupta&Larson							
1	2,0	0	0,502	0,805	0,883	0,497	-0,2423
2	2,52	0	0,308	0,589	0,804	0,221	-0,1434
3	4,18	0	-0,006	0,114	0,577	0,223	0,0267
Коэффициенты регрессии Ролса / Regression coefficient Rawls							
1	2,0	0,412	-0,30	0	0,230	3,170	0
2	2,52	0,258	-0,20	0	0,360	2,990	0
3	4,18	0,026	0	0	0,500	1,580	0

Таблица 3 – Результаты расчетов ПГК методом Гупта – Ларсона (Gupta&Larson) и Ролса (Rawls)

Table 3 – The results of calculations of the Freight One by the Gupta – Larson (Gupta & Larson) and Rawls (Rawls) method

pF	θ_i Гупта – Ларсона (Gupta&Larson)	θ_i Ролс(Rawls)
2,00	0,4743729	0,505159
2,52	0,4475887	0,415973
4,18	0,3261471	0,251066

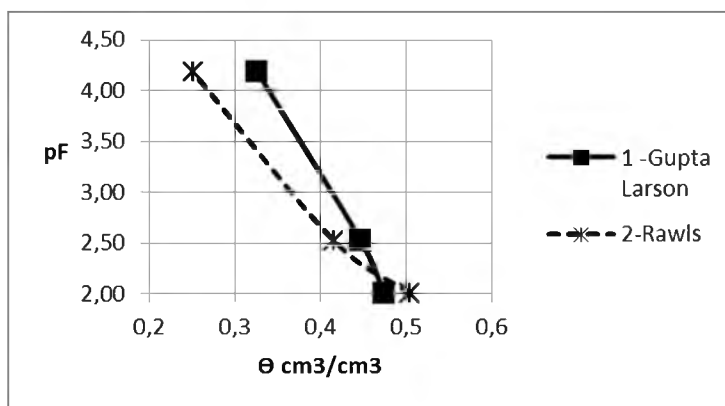


Рисунок 2 – Рассчитанные методом ПТФ ОГХ светло-каштановой почвы:
1 – метод Гупта и Ларсона (Gupta&Larson); 2 – метод Ролса (Rawls)

Figure 2 – Calculated by the method of PTF OGH of light chestnut soil:
1-method of Gupta and Larson (Gupta & Larson); 2 – Rawls method

Значения влажности для значений pF : 2,0; 2,52; 4,18 рассчитываем по формуле (1), используя данные (таблица 2). Результаты расчетов представляем в виде таблицы (таблица 3) и графиков (рисунок 2).

Для восстановления кривых водоудержания (ОГХ) уравнением Ван Генухтена определим значения эмпирических коэффициентов Θ_s , Θ_r , a , n (таблица 4):

- по таблицам обобщенных параметров моделей Ван Генухтена и Генухтена – Муалема, используя базы данных UNSODA и HYPRES;
- методом непрерывных ПТФ формулы (3)-(5), (Фенивал, Furnival G.M. и Вилсон, Wilson R.W., 1974).

На следующем этапе определим влажность почвы при pF , соответствующих ПГК (2,0; 2,52; 4,18). Результаты расчетов представим на графике (рисунок 3) и в таблице (таблица 5).

Таблица 4 – Аппроксимационные коэффициенты модели ОГХ

Table 4 – Approximation coefficients of the OGH model

Метод расчета calculation method	θ_s , cm^3/cm^3 cm^3/cm^3	θ_r , cm^3/cm^3 cm^3/cm^3	a , $1/\text{cm}$ $1/\text{cm}$	n	Кф, $\text{cm}/\text{сут}$ Kf cm/day
UNSODA	0,41	0,095	0,019	1,31	6,2
HYPRES	0,418	0,01	0,0198	1,086	8,5
Формулы (3-5) formulae (3-5)	0,47529	0,1	1,38	1,13	15,2

Таблица 5 – Измеренные и рассчитанные по формуле ван Генухтена ОГХ
светло-каштановой почвы

Table 5 – Measured and calculated by van Genuchten formula OGH of light chestnut soil

pF	Θ cm^3/cm^3 , cm^3/cm^3 UNSODA	Θ cm^3/cm^3 , cm^3/cm^3 HYPRES	Θ cm^3/cm^3 расчет по формулам (3-5) Θ , cm^3/cm^3 the calculation formulas (3-5)
4,4500	0,40714	0,4784	0,4719
4,1000	0,40742	0,4786	0,4722
2,7000	0,40850	0,4795	0,4734
2,3400	0,40875	0,4797	0,4736
2,1700	0,40887	0,4798	0,4738
1,0000	0,40959	0,4805	0,4747

Таким образом, рассмотрено влияние:

- гранулометрического состава: для светло-каштановой среднесуглинистой почвы, содержащей большое количество мелких частиц, кривая ОГХ сильно смещена вправо во всех областях давления. При увеличении количества мелких элементарных частиц почвы увеличивается количество тонких капилляров, в которых будет содержаться большое количество влаги, соответствующих данному давлению [8, 14];
- плотности почвы: светло-каштановая среднесуглинистая почва относится к плотным почвам. Плотные почвы имеют небольшое количество крупных капилляров, которые могут содержать большое количество влаги. Поэтому влажность в зоне высокого давления, в диапазоне крупных капилляров, будет снижаться незначительно;
- минералогического состава: большое содержание физической глины способствует большей водоудерживающей способности, что приводит к смещению кривой ОГХ вправо;

- органического вещества в почве: среднесуглинистые почвы бедны содержанием почвенного гумуса, вследствие этого происходит смещение кривой ОГХ в область высоких влажностей – вправо [14, 12, 11].

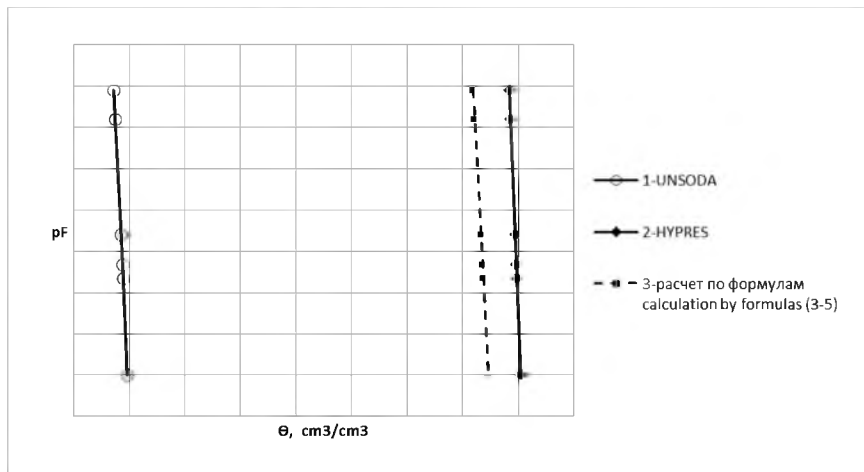


Рисунок 3 – Измеренные и рассчитанные методом ПТФ параметры ОГХ для светло-каштановой почвы: (1)-(3) модель Ван Генухтена: 1 – UNSODA, 2 – HYPRES, 3 – расчет по формулам (3-5)

Figure 3 – OGH parameters measured and calculated by PTF for light chestnut soil: (1) - (3) Van Genuchten model: 1 – UNSODA, 2 – HYPRES, 3 – calculation by formulas (3-5)

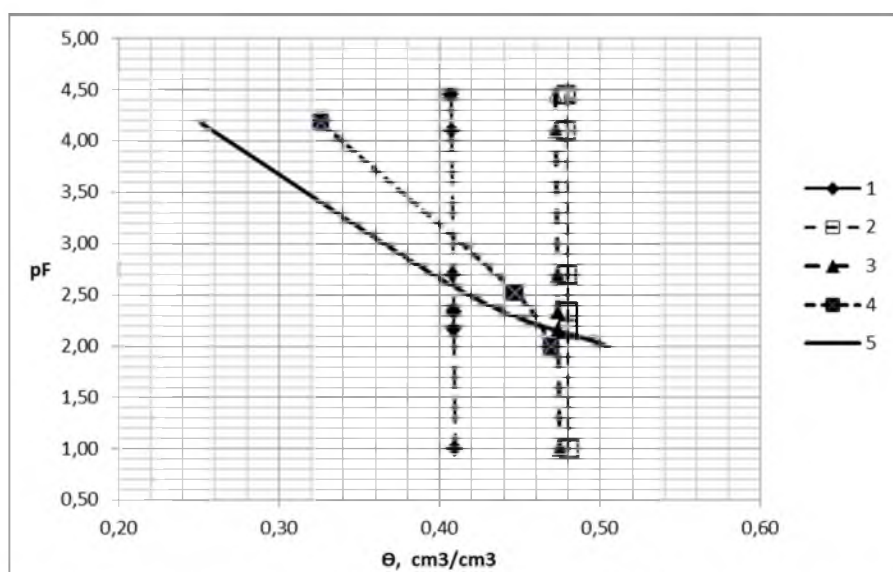


Рисунок 4 – Измеренные и рассчитанные методом ПТФ ОГХ светло-каштановой почвы: (1) – (3) модель Ван Генухтена: 1 – UNSODA; 2 – HYPRES; 3 – расчет по формулам (3-5); 4 – метод Гупты и Ларсона; 5 – метод Ролса

Figure 4 – Measured and calculated by PTF OGH method for light chestnut soil: (1) - (3) Van Genuchten model: 1 – UNSODA; 2 – HYPRES; 3 – calculation by formulas (3-5); 4 – method of Gupta and Larson; 5 – Rawls method

Закключение. Максимальные расхождения между графиками ОГХ, рассчитанными по регрессионным уравнениям (варианты 4-5) и по уравнению влагоудержания Ван Генухтена (варианты 1-3) существуют в области высоких значений влажности ($pF=4,5$) (рисунок 4). Погрешность расчетов увеличивается до $0,22 \text{ см}^3/\text{см}^3$.

В области $pF=2,22-2,7$ расхождения в значениях влажности уменьшаются до $0,065 \text{ см}^3/\text{см}^3$.

Различные экспериментальные методы восстановления ОГХ (с помощью регрессионных зависимостей, аппроксимацией функции Ван Генухтена) для светло-каштановой почвы в области обычного состояния увлажненности, наибольшая сходимость результатов наблюдается в области капиллярного диапазона давлений влаги ($pF=2,22-2,7$).

Библиографический список

1. Гидрофизические свойства органогенных почв (sapric rheic histosols)/ Е. В. Шеин, А. Д. Позднякова, А. П. Шваров и др. // Почвоведение. 2018. № 10. С. 1259-1264.
2. Мелихова, Е.В. Математическое моделирование процессов влагопереноса при капельном и внутрпочвенном орошении// Известия НВ АУК. 2016. № 1 (41). С. 228-234.
3. Моделирование основной гидрофизической характеристики черноземов Алтайского края /А.Г. Болотов, С.Н. Дубский, А.Н. Шаталов, А.Н. Шаталов, И.Н. Бутырин, Е.Н. Кузнецов, И.А. Гончаров, Н.А. Гончаров//Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. №2. С. 31-35.
4. Основные гидрофизические характеристики каштановых почв сухой степи Алтайского края / А. Г. Болотов, Е. В. Шеин, Е. Ю. Милановский и др.// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 9. С. 36-41.
5. Салугин А.Н., Кулик А.К. Гидрофизические характеристики песчаных почв: моделирование восстановления водоудерживающей способности// Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 6. С. 51-55.
6. Сравнительный анализ основной гидрофизической характеристики степных и горно-лесных почв Алтая, восстановленной расчетными методами/А.В. Пузанов, Бабошкина С.В., Рождественская Т.А., Балыкин С.Н. //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 12. С. 29-35.
7. Шеин Е.В. Гранулометрический состав почв: проблемы методов исследования, интерпретация результатов и классификаций// Почвоведение. 2009. №3. С. 309-317.
8. Шеин Е.В. Математические физически обоснованные модели в почвоведении: история развития, современное состояние, проблемы и перспективы (аналитический обзор)// Почвоведение. 2015. № 7. С. 816-823.
9. Шеин Е. В. Теоретические основы гидрологии почв в трудах А.А. Роде и современные подходы к описанию движения и равновесия влаги в почвах// Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2016. № 83. С. 11-21.
10. Assessment of surface moisture in the catchment area on the base of modelling the hydrological properties of soils / V.V. Ilinich, A.G. Bolotov, E.V. Shein, S.V. Makarychev, G. La Loggia, G. Freni, V. Puleo and M. De Marchis (eds.) // HIC 2018, 13th International Conference on Hydroinformatics, Palermo, 1-6 July 2018, (EPiC Series in Engineering). 2018. Vol. 3. P. 931-935.
11. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. Water retention capacity of soils in the Altai Region // Eurasian Soil Science. Interperiodica Publishing. 2019. 52. № 2. С. 187-192.
13. Modeling water retention capacity and hudraulic properties of manure-amended loam soil and its effect on wheat and maize yield / M. Tahir, A.-U. Hassan, Z.A. Zahir, K.-U. Rehman // International Journal of Agriculture and Biology. 2012. T. 14. № 4. С. 492-49.
14. Simunek J. M. Th. van Genuchten, M. Sejna HYDRUS: Model Use, Calibration, and Validation// Transactions of the ASABE. 2012. T.55. № 4 С. 1263-1276.

Reference

1. Gidrofizicheskie svojstva organogennyh pochv (sapric rheic histosols)/ E. V. Shein, A. D. Pozdnyakova, A. P. Shvarov i dr. // Pochvovedenie. 2018. № 10. P. 1259-1264.
2. Melihova, E. V. Matematicheskoe modelirovanie processov vlagoperenosa pri kapel'nom i vnutripochvennom oroshenii// Izvestiya NV AUK. 2016. № 1 (41). P. 228-234.

3. Modelirovanie osnovnoj gidrofizicheskoy harakteristiki chernozemov Altajskogo kraja /A. G. Bolotov, S. N. Dubskij, A. N. Shatalov, A. N. Shatalov, I. N. Butyrin, E. N. Kuznecov, I. A. Goncharov, N. A. Goncharov//Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. №2. p. 31-35.
4. Osnovnye gidrofizicheskie harakteristiki kashtanovyh pochv suhoj stepi Altajskogo kraja / A. G. Bolotov, E. V. Shein, E. Yu. Milanovskij i dr.// Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 9. P. 36-41.
5. Salugin A. N., Kulik A. K. Gidrofizicheskie harakteristiki peschanyh pochv: modelirovanie vosstanovleniya vodouderzhivayushej sposobnosti// Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2017. № 6. P. 51-55.
6. Sravnitel'nyj analiz osnovnoj gidrofizicheskoy harakteristiki stepnyh i gorno-lesnyh pochv Altaya, vosstanovlennoj raschetnymi metodami/A. V. Puzanov, Baboshkina S. V., Rozhdestvenskaya T. A., Balykin S. N. //Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 12. P. 29-35.
7. Shein E.V. Granulometricheskij sostav pochv: problemy metodov issledovaniya, interpretaciya rezul'tatov i klassifikacij// Pochvovedenie. 2009. №3. P. 309-317.
8. Shein E.V. Matematicheskie fizicheski obosnovannye modeli v pochvovedenii: istoriya razvitiya, sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy (analiticheskij obzor)// Pochvovedenie. 2015. № 7. P. 816-823.
9. Shein E.V. Teoreticheskie osnovy gidrologii pochv v trudah A. A. Rode i sovremennye podhody k opisaniyu dvizheniya i ravnovesiya vlagi v pochvah// Byulleten' Pochvennogo instituta imeni V. V. Dokuchaeva. 2016. № 83. P. 11-21.
10. Assessment of surface moisture in the catchment area on the base of modelling the hydrological properties of soils / V.V. Ilinich, A.G. Bolotov, E.V. Shein, S.V. Makarychev, G. La Loggia, G. Freni, V. Puleo and M. De Marchis (eds.) // HIC 2018, 13th International Conference on Hydroinformatics, Palermo, 1-6 July 2018, (EPiC Series in Engineering). 2018. Vol. 3. P. 931-935.
11. Bolotov A.G., Shein E.V., Makarychev S.V. Water retention capacity of soils in the Altai Region // Eurasian Soil Science. Interperiodica Publishing. 2019. 52. № 2. C. 187-192.
13. Modeling water retention capacity and hudraulic properties of manure-amended loam soil and its effect on wheat and maize yield / M. Tahir, A.-U. Hassan, Z.A. Zahir, K.-U. Rehman // International Journal of Agriculture and Biology. 2012. T. 14. № 4. C. 492-49.
14. Simunek J. M. Th. van Genuchten, M. Sejna HYDRUS: Model Use, Calibration, and Validation// Transactions of the ASABE. 2012. T.55. № 4 C. 1263-1276.

Информация об авторах

Рыжова Татьяна Анатольевна, аспирант кафедры «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26) <https://orcid.org/0000-0001-5471-2474>, trud-vgsxa@yandex.ru.

Мелихова Елена Валентиновна, кандидат технических наук, доцент по кафедре «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), <https://orcid.org/0000-0002-4041-4270>, mel-v07@mail.ru

Рогачев Алексей Фруминович, зав. кафедрой "Математическое моделирование и информатика" Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор технических наук, профессор <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY

Овчинников А.С., Ходяков Е.А., Милованов С.Г., Бондаренко К.В. Режим орошения хлопчатника при дождевании и капельном орошении в Нижнем Поволжье Ovchinnikov A.S., Khodyakov E.A., Milovanov S.G., Bondarenko K.V. Irrigation regime of cotton using sprinkler and drip irrigation in the Lower Volga region	15
Барабанов А.Т., Фомин С.Д., Кулик А.В., Выпова А.В. К вопросу о стокорегулирующей роли лесомелиоративных и агротехнических противоэрозионных мероприятий Barabanov A.T., Fomin S.D., Kulik A.V., Vypova A.V. To the issue of the stock-regulating role of forest reclamation and agrotechnical anti-erosion measures	24
Беляков А.М., Назарова М.В. Оценка экологического состояния агроландшафтов в зонах недостаточного увлажнения Юга России Belyakov A.M., Nazarova M.V. Assessment of the ecological state in agrolandscapes in zones of insufficient moisturing of the Southern Russia	35
Боровой Е.П., Ходяков Е.А., Кременской В.И., Джапарова А.М. Получение семян сахарной свёклы из штеклингов с использованием очищенных сточных вод в Крыму Borovoy E.P., Khodyakov E.A., Kremenskoy V.I., Dzhaparova A.M. Getting the seeds of sugar beets from shtecklings using purified waste water in the Crimea	42
Гущина В.А., Остробородова Н.И., Володькин А.А. Гидротермические условия возделывания мискантуса гигантского при интродукции в Среднем Поволжье Gushchina V.A., Ostroborodova N.I., Volodkin A.A. Hydrothermal conditions of planting miscanthus giganteus in introduction in the Middle Volga	50
Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., Головатюк О.В. Сравнительная оценка продуктивности люцерны и клевера на орошаемых землях Нижнего Поволжья Dronova T.N., Burtseva N.I., Golovatyuk O.V. Comparative evaluation of productivity of alfalfa and clover on irrigated lands Lower Volga region	58
Зеленев А.В., Семинченко Е.В. Влияние предшественников, биологизирован- ных приемов на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья Zelenev A.V., Seminchenko E.V. The influence of precursors, biological techniques on productivity and quality of grain winter wheat in the Lower Volga region	65

Иванов В.М., Кубарева А.В. Продуктивность и экономическая эффективность кукурузы на зерно, возделываемой по системе Стрип-Тилл, на черноземных почвах Волгоградской области Ivanov V.M., Kubareva A.V. Productivity and economic edfficiency of corn for grain, cultivated according to the strip-till system on the black-earth soils of the Volgograd region	73
Иванцова Е.А., Новочадов В.В. Характер взаимодействия компонентов антропогенно-трансформированных экосистем Юга России Ivantsova E.A., Novochadov V.V. The nature of the interaction of the components of the anthropogenically transformed ecosystems of the South of Russia	79
Матюк Н.С., Николаев В.А., Щигрова Л.И. Влияние разных систем обработки почвы на динамику содержания элементов питания в растениях ячменя Matyuk N.S., Nikolaev V.A., Schigrova L.I. Impact of various soil treatment systems on dynamics of nutrients content in barley plants	86
Мелихов В.В., Фролова М.В., Зибаров А.А., Московец М.В. Экологическая оценка современной биотехнологии улучшения качества поливной воды для агроландшафтов Волго-Донского Междуречья Melikhov V.V., Frolova M.V., Sibarov A.A., Moskovets M.V. Environmental assessment of modern biotechnology improve the quality of irrigation water for agricultural lands of the Volga-Don Interfluve	94
Мушинский А.А., Аминова Е.В., Саудабаева А.Ж., Новиков А.А. Подбор сортов картофеля с низкой поражаемостью к <i>Strep-tomyces scabies</i> и <i>Fusarium oxysporum</i> в орошаемых условиях Южного Урала Mushinskiy A.A., Aminova E.V., Saudabayeva A.Z., Novikov A.A. Selection of varieties of potato with low efficiency to <i>Streptomyces scabies</i> and <i>Fusarium oxysporum</i> in the irri-gated conditions of the Southern Urals	101
Рашидова Д.К., Амантурдиев Ш.Б., Шарипов Ш.Т., Рашидова С.Ш. Изучение действия нанополимерных препаратов на посевные качества семян хлопчатника Rashidova D.K., Amanturdiev Sh.B., Sharipov Sh.T., Rashidova S.Sh. The study of the effects of nanopolymeric drugs on sowing quality of seeds of cotton	108
Тютюма Н.В., Бондаренко А.Н., Мягкова Е.Г., Черник Д.В. Агроэкологическое изучение сортов лука репчатого в условиях светло-каштановых почв Астраханской области Tutuma N. V., Bondarenko A. N., Myagkova E.G., Shernik D.V. Agroecological study of varieties of onion in the conditions of light-chestnut soils of the Astrakhan region	114
Ходяков Е.А., Филин В.И., Милованов С.Г. Водопотребление редьки при внутрипочвенном орошении Khodyakov E.A., Filin V. I., Milovanov S.G. Water consumption of radish in the subsoil irrigation system	120

Чурзин В.Н., Дубовченко А.О. Агротехническая оценка способов основной обработки почвы и применения удобрений в технологии возделывания подсолнечника на черноземах Волгоградской области Churzin V.N., Dubovchenko A.O. Agrotechnical evaluation of the methods of primary tillage and fertilizer application in sunflower cultivation technology on the black soil of the Volgograd region	127
Дрёпа Е.Б., Голубь А.С., Трубачева Л.В., Сухарева А.А. Агробиологическая оценка сортов озимой пшеницы, выращиваемых в условиях крайне засушливой зоны Ставропольского края Drepa E.B., Golub A.S., Trubacheva L.V., Suhareva A.A. Agrobiological evaluation of winter wheat varieties grown under the conditions of the extremely arid zone of the Stavropol region	134
Кулик А.В., Воронина В.П., Узолин А.И. Опыт формирования агролесомелиоративной системы на правом берегу Среднего Дона с целью повышения продуктивности агроэкосистем Kulik A.V., Voronina V.P., Uzolin A.I. Experience in the formation of agroforestry system in the right bank of the Middle Don in order to increase the productivity of agroecosystems	142
Кулик А.К., Власенко М.В., Бородычев В.В., Хныкин А.С., Балкушкин Р.Н. Транспирационные коэффициенты травостоев сухостепной зоны Европейской территории России Kulik A.K., Vlasenko M.V., Borodichev V.V., Hnikin A.S., Bulkushkin R.N. Transpiration rate of herbage in the dry zone of European Russia	152
Мухортова Т.В., Мягкова Е.Г., Бондаренко А.Н., Костыренко О.В., Петров Е.Н. Агробиологическое сортоизучение культуры капусты в условиях Астраханской области Mukhortova T.V., Myagkova E.G., Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V., Petrov E.N. Grobiological study of the culture of cabbage in the conditions of Astrakhan region	160
Рыбашлыкова Л.П., Турко С.Ю., Петров В.И. Современное состояние песчаных земель Северного Прикаспия как объекта фитомелиорации Rybashlykova L. P., Turko S.Yu., Petrov V. I. The modern condition of the sandlands of the northern caspian as an object of phytomelioration	166
Банщикова Е.А., Буторова О.Ф. Реакция кустарниковых видов растений монгольской флоры на воздействие климатических факторов Восточного Забайкалья Banshchikova E.A., Butorova O.F. The reaction of the shrubby species OF Mongolian flora on the influence of climatic factors Eastern Transbaikalia	174
Данилец Е.А., Власова О.И. Влияние звеньев полевого севооборота на биологические факторы плодородия почвы Danilets E.A., Vlasova O.I. Influence of the links of field crop rotation on the biological factors of soil fertility	184

- Кошкарлова Т.С., Толоконников В.В., Канцер Г.П., Плющева Н.М.**
Влияние различных сортов и режимов орошения на биоэнергетическую
эффективность производства сои
Koshkarova T.S., Tolokonnikov V.V., Kantser G.P., Plushcheva N.M.
Influence of different varieties and irrigation regimes on the bio-energy efficiency
of soybean production 192

- Турко С.Ю., Бородычев В.В., Власенко М.В., Кулик А.К., Васильев Ю.И.**
Причины распределения, особенности и прогноз выпадения осадков
на территории Волгоградской области
Turko S.Yu., Borodichev V.V., Vlasenko¹ M.V., Kulik A.K., Vasiliev Yu.I.
Reasons for distribution, features and forecast of sediment loss on the territory
of the Volgograd region 198

- Селиванова В.Ю.** Оценка влияния метеорологических факторов методом
корреляции на формирование структуры урожая яровой пшеницы
в сухостепной зоне Нижнего Поволжья
Selivanova V.Yu. Estimation of the influence of meteorological factors by
correlation method on formation of the structure of the crop of spring wheat in
the dry zone of the Lower Volga region 207

- Тютюма Н.В., Мухортова Т.В., Мягкова Е.Г., Бондаренко А.Н.,
Костыренко О.В.** Агробиологическое сортоизучение свеклы столовой
при капельном способе полива в условиях Северо-Западного Прикаспия
**Tyutyuma N.V., Mukhortova T.V., Myagkova E.G., Bondarenko A.N.,
Kostyrenko O.V.** Agrobiological variety of tablet beet with drop method
of irrigation under the conditions of the North-Western Caspas 215

- Зверева Г.Н., Сума М.** Производство органического кофе в Республике
Гвинея
Zvereva G.N., Suma M. Production of organic coffee in the republic of Guinea 222

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИКА / AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS

- Кухаренко Н.С., Фёдорова А.О., Сенчик А.В., Павлов А.М.,
Константинов С.В.** Остеосаркома передней части головы бурого медведя
(*ursus arctos*)
**Kukharensko N.S., Fedorova A.O., Senchik A.V., Pavlov A.M., Konstantinov
S.V.** Osteosarcoma of the front part of the head of brown bear (*ursus arctos*) 229

- Муртазаева Р.Н., Зверева Г.Н., Гребнева Д.А.** Состояние кормопроизвод-
ства Волгоградской области и спектр направлений по вопросам кормления
птицы
Murtazaeva R.N., Zvereva G.N., Grebneva D.A. The state of feed production
of the Volgograd region and the range of directions of poultry feeding 235

Терлецкий В.П., Новикова О.Б., Тыщенко В.И., Шинкаренко Л.А. In-silico подбор ферментов для генотипирования изолятов бактерий рода <i>Campylobacter</i> , выделенных у птиц Terletsky V.P., Novikova O.B., Tyschenko V.I., Shinkarenko L.A. In-silico – selection of enzymes for genotyping of <i>Campylobacter</i> bacteria isolates from birds ..	245
Березина Ю.А., Беспярых О.Ю., Кокорина А.Е. Изменение биохимического профиля крови серебристо-черной лисицы в постнатальном онтогенезе Berezina Yu.A., Bespyatykh O.Yu., Kokorina A.E. Change in biochemical blood parameters of the silver-black fox in postnatal ontogenesis	252
Васильева Е.Г., Мельник И.В., Кантемиров В.И., Крючков В.Н. Совершенствование процессов товарного выращивания тепловодных объектов аквакультуры Vasileva E.G., Melnik I. V., Kantemirov V.I., Kryuchkov V.N. Improving the process of commercial cultivation of the heat-water objects of aquaculture	258
Ефимова Л.В., Зазнобина Т.В., Иванова О.В. Оценка влияния коров-матерей на показатели молока и крови дочерей Efimova L.V., Zaznobina T.V., Ivanova O.V. Assessment of influence of cows-mothers on milk and blood parameters of daughters	265
Контэ А.Ф., Ермилов А.Н., Бычкунова Н.Г., Сермягин А.А. Оценка племенной ценности быков-производителей популяции черно-пестрого скота Московской области по типу телосложения дочерей Conte A.F., Ermilov A.N., Bychkunova N.G., Sermyagin A.A. Evaluation of breeding values of sires in population of black-and-white cattle in Moscow region for daughters' body type	275
Малкова Н.Н., Остякова М.Е., Щербинина С.А., Голайдо Н.С. Морфологический состав крови коров на фоне применения селен-содержащего и тканевого препаратов в условиях Амурской области Malkova N.N., Ostyakova M.E., Shcherbinina S.A., Golaydo N.S. Morphological composition of cows blood on the background of self-containing and tissue preparations in the conditions of Amur region	283
Андреев Л.В., Николаев С.И., Карапетян А.К., Струк М.В. Улучшение показателей яйценоскости и качества яйца при введении в рацион кур-несушек нетрадиционных кормовых источников Andreenko L.V., Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Struk M.V. Improvement of indicators of egg production and quality of eggs under the introduction of non-traditional feed sources into the diet for laying hens	291
Мурашкина М.А., Шинкаренко А.Н. Клиническо-диагностические показатели при лекарственных повреждениях печени у собак и кошек Murashkina M.A., Shinkarenko A.N. Clinical and diagnostic indicators for drug-induced liver injury in dogs and cats	299

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ/
TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING

- Сулаймонов Б.А., Овчинников А.С., Сапаев Б., Бочарников В.С., Сапаев И.Б., Фомин С.Д., Эркинов З.Ш.** Мониторинг фаз развития насекомых-сельхозвредителей посредством экспериментальных светоловушек для совершенствования электрофизических методов борьбы
Sulaimonov B.A., Ovchinnikov A.S., Sapaev B., Bocharnikov V.S., Sapaev I.B., Fomin S.D., Erkinov Z.Sh. Monitoring of phase of development of agricultural pests through the experimental light traps to improve electro-physical methods of fighting 307
- Дубенок Н.Н., Майер А.В., Бородычев С.В.** Управление физиологическим и гидротермическим процессами в агрофитоценозах путем совершенствования оросительных систем для его осуществления
Dubenok N.N., Mayer A.V., Borodychev S.V. Management of physiological and hydrothermal process in agrophytocenosis by improvement of irrigation systems for its implementation 313
- Бородычев В.В., Бубер А.Л., Исаева С.Д., Добрачев Ю.П.** К обоснованию мероприятий по предотвращению диффузного загрязнения поверхностных водных объектов при орошении на основе имитационного моделирования
Borodychev V.V., Buber A.L., Isaeva S.D., Dobrachev J.P. Justification of protective measures against diffuse pollution of surface water bodies during irrigation based on simulation 323
- Кочеткова О.В., Е.В. Ширяева, М.П. Васильев.** Формализация и анализ процессов производства озимой пшеницы в базовых фермерских хозяйствах аграрного вуза
Kochetkova O.V., Shirayeva E.V., Vasiliev M.P. Formalization and analysis of winter wheat production processes in the basic farms of an agricultural university 332
- Новиков А.Е., Филимонов М.И., Ламскова М.И., Ерохина А.А.** Физическое моделирование разделительной способности осадительной центрифуги при обработке суспензии известкового шлама
Novikov A.E., Filimonov M.I., Lamskova M.I., Erokhina A.A. Physical modeling of the separating ability of a decanter centrifug in processing of suspension of lime slime 342
- Семененко С.Я., Лытов М.Н., Чушкин А.Н., Чушкина Е.И.** Приемы фитооздоровления рассады томата с использованием электролизованной воды и приготовленных на ее основе растворов
Semenenko S.Y., Lytov M.N., Chushkin A.N., Chushkina E.I. Techniques phytosterolemia tomato seedlings with the use of electrolyzed water and using it as the basis of solutions 350
- Успенский И.А., Юхин И.А., Борисов Г.А., Лимаренко Н.В.** Исследование влияния параметров рабочих тел индуктора на коэффициент мощности
Uspensky I.A., Yukhin I.A., Borisov G.A., Limarenko N.V. Study of the influence of the inductor bodies of the inductor on the power factor 360

Бородычев В.В., Лытов М.Н., Бочарникова О.В. Варианты системной компоновки конструктивно-функциональных модулей системы мониторинга и управления орошением в режиме реального времени Borodychev V.V., Lytov M.N., Bocharnikova O. V. The system design options of constructive-functional modules of monitoring and irrigation management system in real time	369
Кузнецов Н.Н., Захаров А.М., Зыков А.В. Исследование процесса удаления влаги при приготовлении кормов из трав Kuznetsov N.N., Zakharov A.M., Zykov A.V. The study of moisture removal process during harvesting feed from grasses	380
Скворцов И.П., Скворцова А.В. Теоретическое обоснование автоматической системы контроля процесса повторного обмолота Skvortsov I.P., Skvortsova A.V. Theoretical substantiation of the automatic system of control of the re-thining process	388
Рыжова Т.А., Мелихова Е.В., Рогачев А.Ф. Компьютерное моделирование и определение основной гидрофизической характеристики на примере светло-каштановых почв Нижнего Поволжья Ryzhova T.A., Melikhova E.V., Rogachev A.F. Computer modeling and determination of the basis of hydrophysical characteristic on the example of light -chestness soils of the lower Volga region	397
СОДЕРЖАНИЕ/ABSTRACTS	407

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.