

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 1 (61), 2021

Отрасли науки:

- сельскохозяйственные науки

- технические науки

Группы специальностей:

06.01.00 Агрономия

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2021

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 1 (61), 2021

Branches of science:

- agricultural sciences

- technical sciences

Groups of specialties:

06.01.00 Agronomy

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

Volgograd
Volgograd state agrarian university
2021

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

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

**№ 1 (61), 2021
Отрасли науки:**

- сельскохозяйственные науки
- технические науки

Группы специальностей:

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

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

THE MAGAZINE FOUNDER
Volgograd state
agrarian university

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

**№ 1 (61), 2021
Branches of science:**

- agricultural sciences
- technical sciences

Groups of specialties:

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

ИЗВЕСТИЯ

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

№ 1 (61), 2021

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

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

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

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

Заместители главного редактора:

Бочарников В.С., доктор технических наук, ученый секретарь Волгоградского ГАУ;

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

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

№ 1 (61), 2021

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

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

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

Deputy chief editor:

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

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

**Международный редакционный совет
научного журнала**

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

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

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

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

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

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

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

Кулик К.Н., академик РАН, Федеральный научный центр агроэкологии, мелиорации и защитного лесоразведения РАН (ФНЦ Агроэкологии РАН)
<http://www.cnsb.ru/AKDiL/akad/base/RK/000534.shtml>

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

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

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

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

Deputy Editor in Chief - *Bocharnikov V.S.*, Doctor of Technical Sciences, Scientific Secretary 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

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

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

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

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

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

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

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

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, профессор, Волгоградский ГАУ

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

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

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

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

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

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

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

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, Professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

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

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

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

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

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

Редакционная коллегия научного журнала

Editorial Board of the Scientific Journal

06.01.00 Агрономия

06.01.00 Agronomy

06.01.01 Общее земледелие, растениеводство

06.01.01 General agriculture, crop production

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (сельскохозяйственные науки)

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (agricultural sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

06.01.02 Мелиорация, рекультивация и охрана земель (технические науки)

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

Бочарников В.С., д.т.н., ученый секретарь Волгоградского ГАУ

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

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

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

06.01.04 Агрохимия

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

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

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

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

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

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

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

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

06.01.02 Land Reclamation, recultivation and protection (technical Sciences)

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

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

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

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

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

06.01.04 Agrochemistry

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

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

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

06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений

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

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

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

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

06.01.06 Луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры

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

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

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

06.01.07 Защита растений

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

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

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

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

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

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

06.01.05 Selection and seed production of agricultural plants

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

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

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

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

06.01.06 Grassland and medicinal essential oilseeds

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

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

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

06.01.07 Plant Protection

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

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

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

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

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

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

06.01.08 Плодоводство, виноградарство

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

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

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

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

06.01.08 Fruit growing, viticulture

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

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

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

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

06.01.09 Овощеводство

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

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

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

06.01.09 Vegetable-growing

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

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

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

06.02.00 Ветеринария и Зоотехния

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

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

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

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

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

06.02.00 Veterinary and Zootechnics

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 (Республика Беларусь)

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.03 Veterinary pharmacology with toxicology

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

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

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

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

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

06.02.04 Ветеринарная хирургия

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.06 Ветеринарное акушерство и биотехника репродукции животных

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

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

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

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

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

06.02.04 Veterinary surgery

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.06 Veterinary obstetrics and animal biotechnology

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

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

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

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

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

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

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

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

06.02.07 Breeding, selection and genetics of farm animals

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

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

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

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

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

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

06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов

06.02.08 Feed production, feeding of farm animals and feed technology

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

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

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

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

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

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

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

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

06.02.09 Звероводство и охотоведение

06.02.09 Fur farming and hunting

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

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

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

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

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

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

06.02.10 Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства

06.02.10 Private animal husbandry, production technology of livestock products

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

05.20.00 Processes and machines of agro-engineering systems

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization

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

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

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

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

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

05.20.02 Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве

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

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

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

05.20.03 Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве

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

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

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

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

05.20.02 Electrotechnologies and electrical equipment in agriculture

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

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

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

05.20.03 Technologies and means of agricultural maintenance

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

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

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

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

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ

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

SEASONAL CHANGES IN FODDER PRODUCTIVITY OF ARID PASTURES

V.V. Borodychev¹, M.V. Vlasenko², A.K. Kulik²

¹*All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after A.N. Kostyakov, Volgograd*

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

Received 02.10.2020

Submitted 11.01.2021

Abstract

Introduction. The direction of research is relevant due to the fact that monitoring studies of the state of natural forage lands make it possible to predict and prevent degradation processes impending on pasture ecosystems by modern methods of suppression, which can cause significant damage to arid territories. The restoration and preservation of the lost productivity of forage lands contributes to the stabilization of the development of grazing livestock with guaranteed gains in livestock production. **Object.** The object of research was the pasture ecosystems of the Volga-Sarpinsky region of the Caspian province in the zone of light chestnut and brown soils (Astrakhan region, Chernoyarsk region). **Materials and methods.** Geobotanical survey was carried out throughout the growing season according to generally accepted methods. Plant samples were taken on meter-long plots using the mowing method, their species, yield and productivity were determined. **Results and conclusion.** *Ceratocarpus arenarius*, bulbous *Poa*, ebelek communities are in critical condition. Especially on heavily trampled and very heavily trampled lands. Their productivity does not exceed 0.08 tons/hectare in spring (0.06 tons/hectare of feed units), in summer – 0.10 tons/hectare (0.05 tons/hectare of feed units), in autumn – 0.14 tons/hectare (0.09 tons/hectare of feed units). Strongly trampled one-year plant-*Artemisia austiaca*, *Artemisia austiaca*, *Artemisia pauciflora* phytocenoses recover well from spring to autumn. Their productivity in spring is 0.07 and 0.13 tons/hectare, respectively (0.05 and 0.09 tons/hectare of feed units), in autumn – 0.34 and 0.38 tons/hectare (0.18 and 0.20 tons/hectare of feed units), respectively. The most productive are summer non-trampled *Artemisia-Poaceae*, herbs-*Poaceae*, herbs-*Festuca* and herbs-*Elytrigia repens* communities on non-saline and slightly saline soils of dry estuaries and depressions (0.72-0.89 tons/hectare or 0.40-0.44 tons/hectare of feed units), summer *Elytrigia repens* and solonchak-*Artemisia-Poaceae* communities on meadow-chestnut saline soils and solonetz soils of meadows (0.72 tons/hectare or 0.40 tons/hectare of feed units), *Artemisia lerchiana-Poaceae* and *Artemisia lerchiana-Stipa* communities on plain areas and micro-elevations of non-saline, weakly and moderately saline light chestnut soils (0.70 tons/hectare or 0.38 tons/hectare of feed units).

Key words: *arid pasture ecosystems, phytocenoses, productivity, projective cover.*

Citation. Borodychev V.V., Vlasenko M.V., Kulik A.K. Seasonal changes in fodder productivity of arid pastures. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 14-24 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-01.

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

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

УДК 633.2.03

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОРМОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ АРИДНЫХ ПАСТБИЩ

В. В. Бородычев¹, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

М. В. Власенко², кандидат сельскохозяйственных наук

А. К. Кулик², кандидат сельскохозяйственных наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А. Н. Костякова, г. Волгоград

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

Дата поступления в редакцию 02.10.2020

Дата принятия к печати 11.01.2021

Актуальность. Направление исследований актуально в связи с тем, что мониторинговые исследования состояния естественных кормовых угодий позволяют прогнозировать и предотвращать современными методами подавления надвигающиеся на пастбищные экосистемы деградационные процессы, которые способны наносить ощутимый ущерб аридным территориям. Восстановление и сохранение потерянной продуктивности кормовых угодий способствует стабилизации развития пастбищного животноводства с гарантированными приростами животноводческой продукции. **Объект.** Объектом исследований являлись пастбищные экосистемы Волго-Сарпинского района Прикаспийской провинции в зоне светло-каштановых и бурых почв (Астраханская область, Черноярский район). **Материалы и методы.** Геоботаническое обследование осуществлялось в течение всего вегетационного периода по общепринятым методикам. Растительные образцы отбирались на метровых площадках укосным методом, определялись их видовая принадлежность, урожайность и продуктивность. **Результаты и выводы.** В критическом состоянии находятся эфемеровые, луковично-мятликовые, эбелековые сообщества, особенно на сильно сбитых и очень сильно сбитых землях. Их продуктивность не превышает весной 0,08 т/га (0,06 т/га к.ед.), летом – 0,10 т/га (0,05 т/га к.ед.), осенью – 0,14 т/га (0,09 т/га к.ед.). Хорошо восстанавливаются с весны к осени сильно сбитые однолетниково-полынные, полынковые, чернополынные фитоценозы. Их продуктивность весной составляет 0,07 и 0,13 т/га соответственно (0,05 и 0,09 т/га к.ед.), осенью – 0,34 и 0,38 т/га (0,18 и 0,20 т/га к.ед.) соответственно. Наиболее продуктивными являются летние не сбитые полынно-злаковые, разнотравно-злаковые, разнотравно-типчаковые и разнотравно-пырейные сообщества на незасоленных и слабосолонцеватых почвах сухих лиманов и западин (0,72-0,89 т/га или 0,40-0,44 т/га к.ед.), летние пырейные и солончаково-полынно-злаковые сообщества на лугово-каштановых солончаковых почвах и солонцах луговых (0,72 т/га или 0,40 т/га к.ед.).

Ключевые слова: аридные пастбищные экосистемы, фитоценозы, продуктивность пастбищ, проективное покрытие пастбищ.

Цитирование. Бородычев В. В., Власенко М. В., Кулик А. К. Сезонные изменения кормовой продуктивности аридных пастбищ. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 14-24. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-01.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Деградация и опустынивание в засушливых районах России развиваются со скоростью 1,5-2 млн га в год и относятся к числу глобальных экологических проблем человечества. Деградация определяется как снижение (потеря) биологической или экономической продуктивности пахотных земель и пастбищ, в результате чего возникает угроза для более 100 стран и более 1 млрд человек [5, 16, 18]. Для пастбищных экосистем Астра-

ханской области масштабы опустынивания достигли критического уровня: на долю опустыненных пастбищ отнесено около 40 % территории. Основной причиной увеличения темпов опустынивания является увеличение засоленных территорий в результате антропогенных нагрузок. Бессистемная длительная эксплуатация пастбищных аридных экосистем ведет к их глубокому нарушению, прогрессирующему антропогенному опустыниванию, резкому снижению кормовой продуктивности и качества корма.

Совокупность воздействия всех отрицательных факторов нерационального природопользования способствует обращению аридных земель в малопригодные для ведения хозяйства. В сложившихся условиях восстановление продуктивности и экологической стабильности таких территорий – крайне острый вопрос [1, 2, 9, 15]. Необходимым условием реализации устойчивого пастбищепользования в аридных районах России, кроме восстановления и улучшения деградированных природных кормовых угодий, являются и экологически обоснованные методы их использования (пастбищеоборот, оптимальная нагрузка на пастбищные угодья и т.д.) [3]. Борьба с процессами деградации и опустынивания должна быть направлена на рациональное использование всей биопродуктивной системы (почва, вода, растительность, экологические и гидрологические процессы внутри системы).

Причины деградации земель определяются как последовательность причинно-следственных связей, которая может приводить к появлению или усилению деградационных процессов [4, 6, 14, 17]. Важнейшими задачами при определенной предрасположенности той или иной территории к подверженности деградации и опустыниванию являются мониторинг и оценка видового разнообразия фитоценозов и установление продуктивности естественных кормовых угодий, обнаружение деградированных участков [7, 8, 10-12]. Проведение геоботанического мониторинга, выявление флористического состава и особенностей формирования естественной растительности является основой для воспроизводства кормовых ресурсов на основе эффективных технологий экологической реставрации пастбищных экосистем. Повышение продуктивности пастбищных фитоценозов основывается на улучшении абиотических условий местообитания различных видов, мобилизации высокоурожайных аборигенных и интродуцированных видов [13].

Материалы и методы. Цель исследований – установление изменения сезонной продуктивности аридных пастбищ в зависимости от видового состава сообществ и степени сбоя. Исследования проводились на территории Волго-Сарпинского района Прикаспийской провинции в зоне светло-каштановых и бурых почв (Астраханская область, Черноярский район). Геоботаническое обследование территории проводилось с весны по осень по общепринятым методикам. Осуществлялся сбор растительных образцов на метровых площадках укосным методом, определялась их видовая принадлежность, урожайность и биологическая продуктивность. При анализе растительных образцов использовались обобщенные сведения и индивидуальные морфометрические и экологические характеристики растений.

Результаты и обсуждение. Волго-Сарпинский ландшафт в географическом отношении причисляют к полупустынному типу, южному подтипу, роду элювиальных ландшафтов морских нижнехвалынских делювиальных низменных равнин. На данной территории распространены виды комплексно-солонцовых (20-80 %) полынно-злаковых полупустынь. Плоскоравнинные микробугорчатые ландшафты занимают 20 % площади, плоскозападинные с падьми и западинами – 5 %, плоскозападинные с падьми, лиманами, балками и оврагами – 20 %, плоскозападинные с падьми – 23 %, волнисто-равнинные с западинами и бугристыми песками – 6 %, волнисто-равнинные эрозионные с западинами – 17 %, ложбинно-волнистые, затронутые дефляцией переходные к пустыне от нижней к верхнехвалынской суше бывшего Хвалынского моря, – 9 %. Большая часть массивов кормовых угодий находится в неудовлетворительном культуртехническом и мелиоративном состоянии.

Таблица 1 – Видовой состав, проективное покрытие и урожайность аридных пастбищ

Table 1 – Species composition, projective cover and yield of arid pastures

Местонахождение / Location	Фитоценозы (проективное покрытие, %) / Phytocenoses (projective cover, %)	Доминанты, субдоминанты / Dominants, subdominants	Урожайность, т/га / Yield, tons/hectare			
			весна / spring	лето / summer	осень / autumn	
1	2	3	4	5	6	
1. На равнинных участках и микроповышениях незасоленных, слабо- и средnezасоленных светло-каштановых почв / 1. On flat areas and microhighs of non-saline, slightly saline and moderately saline light chestnut soils	Белопопынно-злаковые, белопопынно-ковыльные (50-60) / Artemisia lerchiana-Poaceae, Artemisia lerchiana-Stipa (50-60)		0,49	0,70	0,52	
	Ромашниково-белопопынно-типчакковые, белопопынно-типчакковые (50-60) / Tanacetum achilleifolium-Artemisia lerchiana-Festuca, Artemisia lerchiana-Festuca (50-60)	<i>Stipa capillata</i> , <i>Stipa lessingiana</i> , <i>Festuca rupicola</i> , <i>Agropyrum desertorum</i> , <i>Agropyron desertorum</i> , <i>Artemisia lerchiana</i> , <i>Tanacetum achilleifolium</i>	0,39	0,37	0,66	
	Ковыльно-белопопынные, типчакково-белопопынные средне сбитые (50-55) / Medium trampled Stipa-Artemisia lerchiana, Festuca-Artemisia lerchiana (50-55)		0,24	0,24	0,40	
	Однолетниково-белопопынные сильно сбитые (40) / Heavily trampled one-year plant-Artemisia lerchiana (40)	<i>Artemisia lerchiana</i> , <i>Poa bulbosa</i> , <i>Erenopurum triticeum</i> , <i>Polygonum avicular</i> , <i>Ceratocarpus arenarius</i> , <i>Lepidium ruderale</i>	0,23	0,28	0,38	
2. На солонцах глубоких, средних и сильносолонцеватых светло-каштановых почв / 2. On deep, medium and strongly solonetzic light chestnut soils	Эфемеровые, однолетниковые очень сильно сбитые (25-30) / Very heavily trampled ephemera, one-year plant (25-30)	<i>Polygonum avicular</i> , <i>Ceratocarpus arenarius</i> , <i>Poa bulbosa</i> , <i>Erenopurum triticeum</i>	0,08	0,10	0,14	
	Белопопынные (45-50) / Artemisia lerchiana (45-50)		0,15	0,19	0,43	
	Эбелеково-попынные, луковично-мятликово-белопопынные средние сбитые (35-40) / Medium trampled Ceratocarpus arenarius-Artemisia, bulbous-Poa-Artemisia lerchiana (35-40)	<i>Artemisia lerchiana</i> , <i>Tanacetum achilleifolium</i> , <i>Achillea millefolium</i> , <i>Festuca rupicola</i> , <i>Agropyron desertorum</i> , <i>Bassia hyssopifolia</i> , <i>Kochia prostrata</i>	0,23	0,28	0,38	
	Луковично-мятликовые, эбелековые очень сильно сбитые (30-35) / Very heavily trampled bulbous-Poa, Ceratocarpus arenarius (30-35)		0,05	0,08	0,14	

Окончание таблицы 1					
1	2	3	4	5	6
3. На солонцах мелких и корковых / 3. On shallow and crusty solonchetses	Чернополынные (35-40) / Artemisia pauciflora (35-40)	<i>Artemisia pauciflora</i> , <i>Camphorosma monspeliaca</i> , <i>Artemisia lercheana</i> , <i>Festuca rupicola</i>	0,10	0,16	0,38
	Эбелеково-чернополынные, луковичномятликово-чернополынные средние сбитые (25-30) / Medium trampled Ceratocarpus arenarius-Artemisia pauciflora, bulbous Poa-Artemisia pauciflora (25-30)	<i>Poa bulbosa</i> , <i>Artemisia pauciflora</i> , <i>Camphorosma monspeliaca</i> , <i>Artemisia lercheana</i> , <i>Festuca rupicola</i>	0,22	0,24	0,26
4. На незасоленных и слабосолонцеватых почвах сухих лиманов и западин / 4. On non-saline and slightly solonchetic soils of dry estuaries and depressions	Полынно-злаковые (70-80) / Artemisia- Poaceae (70-80)	<i>Festuca rupicola</i> , <i>Agropyron pectinatum</i> , <i>Artemisia austriaca</i> , <i>Potentilla anserina</i> , <i>Bertoroe ingrana</i>	0,59	0,72	0,69
	Разнотравно-злаковые, разнотравно-типчачковые (70-80) / herbs-Poaceae, herbs-Festuca (70-80)	<i>Festuca rupicola</i> , <i>Agropyron pectinatum</i> , <i>Leumius ramosus</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Artemisia austriaca</i> , <i>Artemisia lercheana</i>	0,59	0,89	0,71
5. На лугово-каштановых солончаковых почвах и солонцах луговых / 5. On meadow-chestnut saline soils and meadow solonchetses	Разнотравно-пырейные (60-75) / herbs-Elytrigia repens (60-75)	<i>Elytrigia repens</i> , <i>Artemisia austriaca</i> , <i>Phlonis</i> , <i>Galium verum</i>	0,70	0,83	0,72
	Однолетниково-полынные, полынные сильно сбитые (45-50) / Heavily trampled one-year plant-Artemisia austriaca, Artemisia austriaca (45-50)	<i>Artemisia austriaca</i> , <i>Polygonum aviculare</i> , <i>Poa bulbosa</i> , <i>Festuca rupicola</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Phlonis pungens</i> , <i>Bertoroe incana</i>	0,07	0,18	0,34
5. На лугово-каштановых солончаковых почвах и солонцах луговых / 5. On meadow-chestnut saline soils and meadow solonchetses	Пырейные, солончаково-полынные-злаковые (60-70) / Elytrigia repens, saline-Artemisia-Poaceae (60-70)	<i>Elytrigia repens</i> , <i>Elytrigia elongata</i> , <i>Agropyron pectinatum</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Artemisia halodendron</i> , <i>Limonium gmelinii</i> , <i>Asperula prostrata</i> , <i>Salsola iberica</i>	0,59	0,72	0,69

Местоположение, сложная геологическая история, мозаичность почвенного покрова, резко континентальный климат определили видовой состав флоры региона. Растительность пастбищ Астраханской области включает более 800 видов, более 300 видов из них являются ценными и перспективными для пастбищного хозяйства. Современный растительный покров характеризуется изреженностью травостоя и в основном состоит из засухоустойчивых и солевыносливых видов. Значительная их часть подвержена водной и ветровой эрозии, располагается на засоленных и солонцовых землях.

Урожайность аридных пастбищных угодий изменчива в зависимости от видового состава сообществ, степени сбитости угодий и сезона года [3, 9] (таблица 1).

Наибольшей урожайностью отличаются летние несбитые злаковые и разнотравно-злаковые сообщества на незасоленных и слабосолонцеватых почвах сухих лиманов и западин: полынно-злаковые ассоциации характеризуются урожайностью 0,72 т/га, разнотравно-типчаковые, разнотравно-злаковые – 0,89 т/га, разнотравно-пырейные – 0,83 т/га. К осени их урожайность снижается (0,69, 0,71, 0,72 т/га соответственно), но они по-прежнему остаются наиболее урожайными.

Следует отметить как наиболее урожайные и пырейные, солончаково-полынно-злаковые сообщества, урожайность которых летом составляет 0,72 т/га, осенью – 0,69 т/га, и белополынно-ковыльные, белополынно-злаковые сообщества с летней урожайностью 0,70 т/га и осенней – 0,52 т/га. В белополынных и среднесбитых луковично-мятликово-белополынных, эбелеково-полынных растительных сообществах отмечается хороший прирост фитомассы с лета к осени в 1,4-2,3 раза.

В критическом состоянии находятся сбитые и сильно сбитые пастбища, особенно весной, когда эфемеры и эфемероиды, составляющие большую часть фитомассы, не выдерживают нагрузок [1, 2]. Хорошо восстанавливаются лишь сильно сбитые солончаково-полынные сообщества, достигая к лету 0,37 т/га, к осени – 0,38 т/га, и сильно сбитые полынные, однолетниково-полынные, их урожайность летом составляет 0,18 т/га, а осенью – уже 0,34 т/га.

Растительность разнотравно-злаковых и злаковых сообществ на незасоленных, слабо- и средnezасоленных светло-каштановых почвах, приуроченных к равнине или микроповышениям, характеризуется всеми стадиями пастбищной дегрессии. Основу травостоя несбитых белополынно-ковыльных, белополынно-злаковых и белополынно-типчаковых, ромашниково-белополынно-типчаковых сообществ составляют дерновинные злаки: *Stipa capillata*, *Stipa lessingiana*, *Festuca rupicola*, *Agropyrum desertorum*, *Agropyron desertorum*, *Artemisia lерcheana*, *Tanacetum achilleifolium*.

Кормовая продуктивность (т/га к.ед.) травостоев аридных пастбищ представлена на рисунке 1.

Кормовая продуктивность белополынно-ковыльных и белополынно-злаковых травостоев значительно снижается с лета к осени: с 0,38 до 0,24 т/га к. ед. (рисунок 1).

Продуктивность белополынно-типчаковых и ромашниково-белополынных сообществ во все сезоны года стабильна: весной – 0,24 т/га к. ед., летом – 0,21 т/га к. ед., осенью – 0,29 т/га к.ед.

Многолетние дерновинные злаки на пастбищах при перевыпасе животных становятся содоминантами, образуют среднесбитые ковыльно-белополынные и белополынно-типчаковые сообщества с проективным покрытием 50-55 %. Видовое разнообразие травостоя составляют те же виды, что и в предыдущих сообществах. Однако они характеризуются более низкой продуктивностью: весной – 0,16 т/га к. ед., летом – 0,14 т/га к. ед., осенью – 0,2 т/га к. ед.

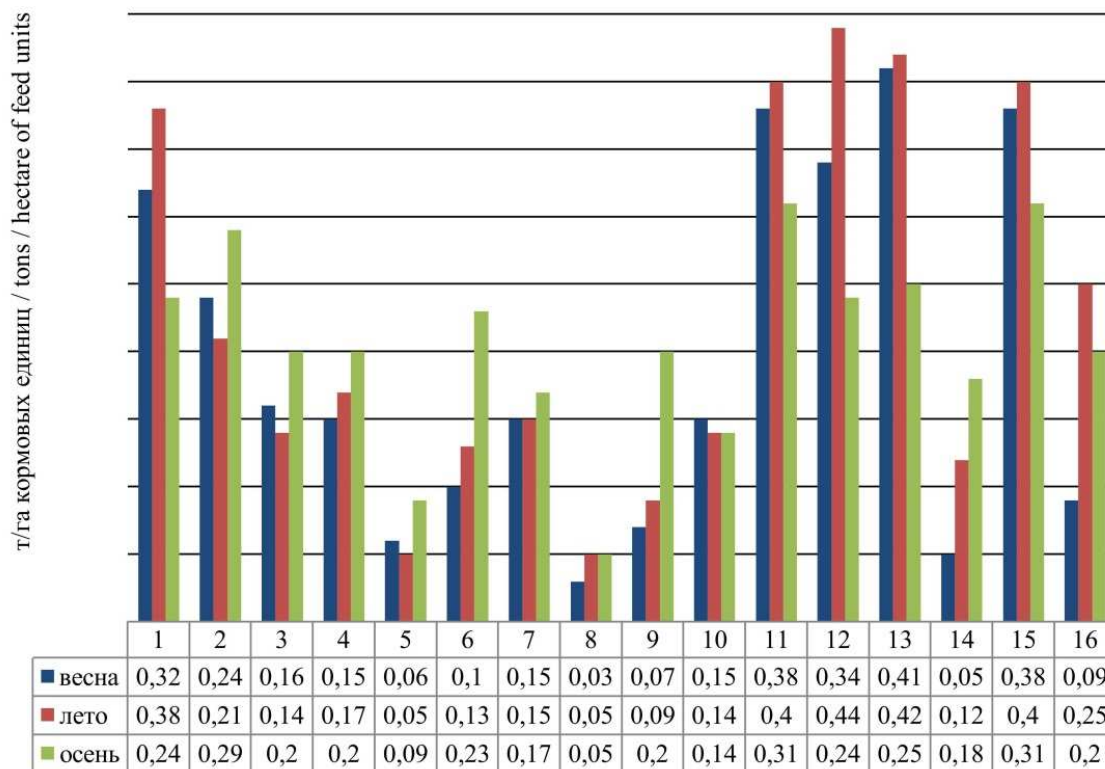


Рисунок 1 – Кормовая продуктивность аридных пастбищ, т/га к.ед.

1 – белополынно-злаковые, белополынно-ковыльные; 2 – ромашниково-белополынно-типчаковые, белополынно-типчаковые; 3 – ковыльно-белополынные, типчаково-белополынные средне сбитые; 4 – однолетниково-белополынные сильно сбитые; 5 – эфемеровые, однолетниково-очень сильно сбитые; 6 – белополынные; 7 – эбелеково-полынные, луковично-мятликово-белополынные средне сбитые; 8 – луковично-мятликовые, эбелековые очень сильно сбитые; 9 – чернополынные; 10 – эбелеково-чернополынные, луковичномятликово-чернополынные средне сбитые; 11 – полынно-злаковые; 12 – разнотравно-злаковые, разнотравно-типчаковые; 13 – разнотравно-пырейные; 14 – однолетниково-полынные, полынковые сильно сбитые; 15 – пырейные, солончаково-полынно-злаковые; 16 – солончаково-полынные сильно сбитые

Figure 1 – Arid pastures forage productivity, tons, tons / hectare of feed units

1 – Artemisia lerchiana-Poaceae, Artemisia lerchiana-Stipa; 2 – Tanacetum achilleifolium-Artemisia lerchiana-Festuca, Artemisia lerchiana-Festuca; 3 – Medium trampled Stipa-Artemisia lerchiana, Festuca-Artemisia lerchiana; 4 – Heavily trampled one-year plant-Artemisia lerchiana; 5 – Very heavily trampled ephemera, one-year plant; 6 – Artemisia lerchiana; 7 – Medium trampled Ceratocarpus arenarius-Artemisia, bulbous-Poa-Artemisia lerchiana; 8 – Very heavily trampled bulbous-Poa, Ceratocarpus arenarius; 9 – Artemisia pauciflora; 10 – Medium trampled Ceratocarpus arenarius-Artemisia pauciflora, bulbous Poa-Artemisia pauciflora; 11 – Artemisia- Poaceae; 12 – herbs-Poaceae, herbs-Festuca; 13 – herbs-Elytrigia repens; 14 – Heavily trampled one-year plant-Artemisia austiaca, Artemisia austiaca; 15 – Elytrigia repens, saline-Artemisia-Poaceae; 16 – Saline-wormwood heavily knocked down

Из травостоев при дальнейшем интенсивном выпасе выпадают дерновинные злаки и формируются однолетниково-белополынные сообщества с проективным покрытием 40 % и продуктивностью весной – 0,15 т/га к. ед., летом – 0,17 т/га к. ед., осенью – 0,20 к. ед. В травостое доминантами и субдоминантами являются: *Artemisia lercheana*, *Poa bulbosa*, *Eremopurum triticeum* и однолетнее разнотравье: *Polygonum avicular*, *Ceratocarpus arenarfus*, *Lepidium ruderae*.

Однолетниковые и эфемеровые сообщества в состоянии очень сильного сбоя находятся около овцеферм. Доминируют в травостое *Polygonum avicular*, *Ceratocarpus arenarufus*, *Poa bulbosa*, *Eremopurum triticeum*, обеспечивающие весной – 0,06 т/га к. ед., летом – 0,05 т/га к. ед., осенью – 0,09 т/га к. ед. Злаково-полынные, полынные комплексные пустынные сообщества на солончах глубоких, средних и сильно солонцеватых светло-каштановых почв при проективном покрытии 45-50 % обеспечивают весной – 0,10 т/га к. ед., летом – 0,13 т/га к. ед., осенью – 0,23 т/га к. ед. Видовое разнообразие составляют *Artemisia lercheana*, *Tanacetum achilleifolium*, *Achillea millefolium*, *Festuca rupicola*, *Agropyron desortorum*, *Bassia hyssopifolia*, *Kochia prostrata*. Большую площадь в этой группе занимают средне сбитые луковично-мятликовые-белопопынные, эбелеково-белопопынные сообщества, различающиеся динамикой развития. При проективном покрытии 35-40 % и средней высоте травостоя 12-18 см кормовая продуктивность составляет весной – 0,15 т/га к. ед., летом – 0,15 т/га к. ед., осенью – 0,17 т/га к. ед. Луковично-мятликовые-белопопынные травостои характеризуются развитием и отмиранием в весенний период *Poa bulbosa* и интенсивным развитием *Artemisia lercheana*.

Растительность на солончах в меньшей степени подвержена сбою, поэтому сильно сбитых пастбищ здесь не выявлено. Очень сильно сбитые эбелековые и луковично-мятликовые сообщества характеризуются весенней продуктивностью 0,03 т/га к. ед., летней – 0,05 т/га к. ед., осенней – 0,05 т/га к. ед.

Несбитые чернопопынные угодья при проективном покрытии 35-40 % и средней высоте травостоя 15-18 см характеризуются продуктивностью: весной – 0,07 т/га к. ед., летом – 0,08 т/га к. ед., осенью – 0,20 т/га к. ед. Доминируют в сообществах полынь *Artemisia pauciflora* с вкраплениями *Camphorosma monspeliaca*, *Artemisia lercheana*, *Festuca rupicola*. В сравнении с ними среднесбитые луковично-мятликовые-чернопопынные, эбелеково-чернопопынные сообщества имеют проективное покрытие 25-30 % и чуть большую кормовую продуктивность весной и летом, но меньшую осенью: весной – 0,15 т/га к. ед., летом – 0,14 т/га к. ед., осенью – 0,14 т/га к. ед.

Кормовая продуктивность несбитых и слабо сбитых полынно-злаковых сообществ на незасоленных и слабосолонцеватых почвах сухих лиманов и западин при проективном покрытии 70-80 % составляет весной 0,38 т/га к. ед., летом – 0,40 т/га к. ед., осенью – 0,31 т/га к. ед. Здесь доминируют *Festuca rupicola*, *Agropyron pectinatum*, *Artemisia austriaca*, *Potentilla anserina*, *Bertoria inrana*. Видовое разнообразие несбитых и слабо сбитых разнотравно-типчаковых и разнотравно-злаковых сообществ составляют *Festuca rupicola*, *Agropyron pectinatum*, *Leumus ramosus*, *Elytrigia repens*, *Artemisia austriaca*, *Artemisia lercheana*. Их продуктивность нарастает с весны (0,34 т/га к. ед.) к лету (0,44 т/га к. ед.) и затем снижается к осени (0,24 т/га к. ед.). Продуктивность несбитых и слабо сбитых разнотравно-пырейных сообществ составляет весной 0,41 т/га к. ед., к лету достигает 0,42 т/га к. ед., а осенью снижается до 0,25 т/га к. ед. В травостое доминируют *Elytrigia repens*, *Artemisia austriaca*, *Phlomis*, *Galium verum*. Сильносбитые полынные, однолетниково-пыльцевые сообщества (*Artemisia austriaca*, *Polygonum aviculare*, *Poa bulbosa*, *Festuca rupicola*, *Elytrigia repens*, *Phlomis pungens*, *Berteroa incana*) при проективном покрытии 45-50% характеризуются низкой продуктивностью: весной – 0,05 т/га к. ед., летом – 0,12 т/га к. ед., осенью – 0,18 т/га к. ед.

Злаковые и разнотравные и разнотравно-злаковые засоленные сухолуговые сообщества формируются на лугово-каштановых солончаковых почвах и солончах луговых. Несбитые пырейные, солончаково-полынно-злаковые сообщества (*Elytrigia repens*, *Elytrigia elongata*, *Agropyron pectinatum*, *Festuca valesiaca*, *Artemisia halodendron*, *Limonium gmelinii*, *Asperula prostrata*, *Salsola iberica*) имеют проективное покрытие 60-70 % и весеннюю продуктивность 0,48 т/га к. ед., которая к лету снижается до 0,40 т/га к. ед., а к осени – до 0,31 т/га к. ед.

Выводы. Наиболее продуктивными являются летние несбитые полынно-злаковые, разнотравно-злаковые, разнотравно-типчаковые и разнотравно-пырейные сообщества на незасоленных и слабозасоленных почвах сухих лиманов и западин (0,72-0,89 т/га или 0,40-0,44 т / га. к.е.), летние пырейные и солончаково-полынно-злаковые сообщества лугово-каштановых солончаковых почвах и солонцах луговых (0,72 т / га или 0,40 т / га фу), сообщества белопопынно-ковыльные и белопопынно-злаковые на равнинных участках и микроповышения незасоленных, слабозасоленных и умеренно засоленных светло-каштановых почв (0,70 т / га или 0,38 т / га фу).

Деградация почвенно-растительного покрова кормовых угодий, уменьшение количества ценных видов в сообществах и увеличение количества ядовитых видов, распространение однолетних сорняков наблюдается при нерегулируемом выпасе скота возле водопоев, кошар и ферм. В критическом состоянии находятся эфемеровые, луковично-мятликовые и эбелековые сообщества. Особенно на сильно вытоптаных и очень сильно вытоптаных землях. Их продуктивность весной не превышает 0,08 т/га (0,06 т/га к.е.), летом – 0,10 т/га (0,05 т/га к.е.), осенью – 0,14 т/га (0,09 т/га к.е.). Хорошо восстанавливаются с весны к осени сильно сбитые однолетниково-полынные, полынные, чернопопынные фитоценозы. Их урожайность весной составляет 0,07 и 0,13 т/га соответственно (0,05 и 0,09 т/га к.е.), осенью – 0,34 и 0,38 т/га (0,18 и 0,20 т/га к.е.) соответственно.

Библиографический список

1. Власенко М. В. Видовое разнообразие и устойчивость фитоценозов песчаных пастбищ Ростовской области // Аграрная Россия. 2019. № 3. С. 17-21.
2. Власенко М. В., Кулик А. К., Салугин А. Н. Оценка экологического состояния и потеря продуктивности аридных пастбищных экосистем Сарпинской низменности // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 4(81). С. 71-81.
3. Власенко М. В., Варакин А. Т. Ведение животноводства в степной и полупустынной зонах Европейской территории России на различных по степени задернованности песках // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1(69). С. 25-30.
4. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия / К. Н. Кулик [и др.] // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2(83). С. 16-24.
5. Кулик К. Н. К 30-летию Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 1 (74). С. 5-12.
6. Кулик К. Н., Салугин А. Н. Моделирование дефляции аридных пастбищ с помощью марковских цепей // Экосистемы: экология и динамика. 2017. № 1 (4). С. 5-22.
7. Нейросетевое прогнозирование динамики агроэкосистем / А. Н. Салугин [и др.] // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 2(74). С. 22-26.
8. Салугин А. Н. Численное моделирование сукцессионных переходов в агроэкологии // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 1. С. 62-65.
9. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Рост и развитие растений на пастбищах аридной зоны и вопрос их эксплуатации (на примере искусственно созданных моделей) // Аграрный вестник Урала. 2019. № 4(183). С. 27-34.
10. Турко С. Ю. Методы и принципы оптимизации пастбищных экосистем // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2(70). С. 230-234.
11. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Математическое моделирование в оптимизации использования пастбищ // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 2(42). С. 30-34.
12. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Некоторые вопросы оптимизации распределения ресурсов при создании пастбищного хозяйства // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1(69). С. 30-34.
13. Шахмедов И. Ш. Подбор сортов многолетних трав для возделывания на засоленных и деградированных пастбищах в Северном Прикаспии // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2016. № 2(27). С. 14-17.

14. Шинкаренко С. С., Кошелева О. Ю., Солодовников Д. А. Прогнозно-картографическое моделирование продуктивности пастбищ Волгоградской области на основе данных дистанционного зондирования // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 1(54). С. 69-78.

15. Эколого-фитоценотическая организация псаммофитных сообществ Цимлянского песчаного массива / М. В. Власенко [и др.] // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 4. С. 35-45.

16. Sapanov M. K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2018. V. 8. No. 1. Pp. 13-21.

17. Satellite Monitoring the Spatial-Temporal Dynamics of Desertification in Response to Climate Change and Human Activities across the Ordos Plateau, China / Q. Guo [et al.] // Remote Sensing. 2017. V. 9. No. 6. Pp. 255.

18. The use of fresh groundwater from arid regions of the world in the fight against land desertification / Z. G. Zalibekov [et al.] // Arid ecosystems. 2019. No 9. Pp. 77-84.

Conclusions. The most productive are summer non-trampled *Artemisia-Poaceae*, herbs-*Poaceae*, herbs-*Festuca* and herbs-*Elytrigia repens* communities on non-saline and slightly saline soils of dry estuaries and depressions (0.72-0.89 tons/hectare or 0.40-0.44 tons/hectare of feed units), summer *Elytrigia repens* and *solonchak-Artemisia-Poaceae* communities on meadow-chestnut saline soils and *solonetz* soils of meadows (0.72 tons/hectare or 0.40 tons/hectare of feed units), *Artemisia lerchiana-Poaceae* and *Artemisia lerchiana-Stipa* communities on plain areas and micro-elevations of non-saline, weakly and moderately saline light chestnut soils (0.70 tons/hectare or 0.38 tons/hectare of feed units).

The soil and vegetation cover degradation of forage lands, a decrease in the number of valuable species in communities and an increase in poisonous species, the spread of one-year weeds is observed with unregulated grazing of livestock near watering holes, sheepfolds and farms. *Ceratocarpus arenarius*, bulbous *Poa*, *ebelek* communities are in critical condition. Especially on heavily trampled and very heavily trampled lands. Their productivity does not exceed 0.08 tons/hectare in spring (0.06 tons/hectare of feed units), in summer – 0.10 tons/hectare (0.05 tons/hectare of feed units), in autumn – 0.14 tons/hectare (0.09 tons/hectare of feed units). Strongly trampled one-year plant-*Artemisia austiaca*, *Artemisia austiaca*, *Artemisia pauciflora* phytocenoses recover well from spring to autumn. Their productivity in spring is 0.07 and 0.13 tons/hectare, respectively (0.05 and 0.09 tons/hectare of feed units), in autumn – 0.34 and 0.38 tons/hectare (0.18 and 0.20 tons/hectare of feed units), respectively.

References

1. Vlasenko M. V. Species diversity and stability of phytocenoses of sandy pastures of the Rostov region // Agrarian Russia. 2019. No. 3. Pp. 17-21.

2. Vlasenko M. V., Kulik A. K., Salugin A. N. Assessment of the ecological state and productivity losses of arid pasture ecosystems of the Sarpinskaya lowland // Arid ecosystems. 2019. V. 25. No. 4(81). Pp. 71-81.

3. Vlasenko M. V., Varakin A. T. Livestock breeding in the steppe and semi-desert zones of the European territory of Russia on sands of varying degrees of turf // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2018. No. 1(69). Pp. 25-30.

4. Geoinformation analysis of desertification of the North-Western Caspian region / K. N. Kulik [et al.] // Arid ecosystems. 2020. V. 26. No. 2(83). Pp. 16-24.

5. Kulik K. N. To the 30th anniversary of the General Scheme to Combat Desertification of Black Lands and Kizlyar Pastures // Arid ecosystems. 2018. V. 24. No. 1 (74). Pp. 5-12.

6. Kulik K. N., Salugin A. N. Modeling deflation of arid pastures using Markov chains // Ecosystems: ecology and dynamics. 2017. No. 1 (4). Pp. 5-22.

7. Neural network forecasting of agroecosystem dynamics / A. N. Salugin [et al.] // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2019. No. 2(74). Pp. 22-26.

8. Salugin A. N. Numerical modeling of successional transitions in agroecology // Russian agricultural science. 2020. No. 1. Pp. 62-65.
9. Turko S. Yu., Trubukova K. Yu. The growth and development of plants on pastures of the arid zone and the issue of their exploitation (on the example of artificially created models) // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 4(183). Pp. 27-34.
10. Turko S. Yu. Methods and principles for the optimization of pasture ecosystems // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2018. No. 2(70). Pp. 230-234.
11. Turko S. Yu., Trubukova K. Yu. Mathematical modeling in the optimization of pasture use // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2017. No. 2(42). Pp. 30-34.
12. Turko S. Yu., Trubukova K. Yu. Some issues of optimizing resource allocation when creating a pasture economy // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2018. No. 1(69). Pp. 30-34.
13. Shakhmedov I. Sh. Selection of varieties of perennial grasses for cultivation on saline and degraded pastures in the Northern Caspian region // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. 2016. No. 2(27). Pp. 14-17.
14. Shinkarenko S. S., Kosheleva O. Yu., Solodovnikov D. A. Predictive cartographic modeling of the productivity of pastures in the Volgograd region based on remote sensing data // South of Russia: ecology, development. 2020. V. 15. No. 1(54). Pp. 69-78.
15. Ecological and phytocenotic organization of psammophytic communities of the Tsimlyansk sandy massif / M. V. Vlasenko [et al.] // South of Russia: ecology, development. 2019. V. 14. No. 4. Pp. 35-45.
16. Sapanov M. K. Environmental Implications of Climate Warming for the Northern Caspian Region // Arid Ecosystems. 2018. V. 8. No. 1. Pp. 13-21.
17. Satellite Monitoring the Spatial-Temporal Dynamics of Desertification in Response to Climate Change and Human Activities across the Ordos Plateau, China / Q. Guo [et al.] // Remote Sensing. 2017. V. 9. No. 6. Pp. 255.
18. The use of fresh groundwater from arid regions of the world in the fight against land desertification / Z. G. Zalibekov [et al.] // Arid ecosystems. 2019. No 9. Pp. 77-84.

Author's Information

Borodichev Viktor Vladimirovich, director of the Volgograd branch of the All-Russian scientific research institute of hydrotechnics and reclamation named after A.M. Kostyukova (400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), academician of the Russian Academy of Sciences, doctor of agricultural sciences, professor, ORCID: 0000-0002-0279-8090, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Vlasenko Marina Vladimirovna, Leading Researcher, Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes and Adaptive Nature Management of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, (97000 Candidate of Agricultural Sciences, Volgograd, Universitetsky Ave., Russian Federation), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>, e-mail: vlasencomarina@mail.ru.

Kulik Aleksey Konstantinovich, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes and Adaptive Nature Management of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, (97000 Candidate of Agricultural Sciences, Volgograd, Universitetsky Ave., Russian Federation), ORCID: 0000-0001-5927-7336, e-mail: kulikak79@yandex.ru.

Информация об авторах

Бородичев Виктор Владимирович, директор Волгоградского филиала ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.М. Костюкова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: 0000-0002-0279-8090, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

Власенко Марина Владимировна, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН, (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>, e-mail: vlasencomarina@mail.ru

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

LEAF BLADES OF BIOINDICATOR TREES: NEW POSSIBILITIES FOR ANALYSIS IN THE ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL STATE IN THE CONDITIONS OF THE ARID ZONE

K.N. Kulik¹, A.S. Isakov¹, V.V. Novochadov²

¹ Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective Afforestation
of Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russia

² Volgograd State University, Volgograd, Russia

Received 08.02.2021

Submitted 10.03.2021

Summary

The article presents the results of analyzing leaf blades of *Populus nigra* and *Elaeagnus angustifolia*, including the use of new methods of morphometric analysis. The authors conclude that this set of indicators reflects well the state of the external environment in the arid zone of Russia.

Abstract

Introduction. The relevance is due to the emergence of new imaging systems, increased sensitivity of photoindication methods and their computer processing. Of particular interest in this area are the options for quantitative analysis of color distribution (colorometry). The authors consider it useful to expand the list of bioindicator trees in the arid zone by adding *Elaeagnus angustifolia* to their list. **Object.** The study area is located within the Ilovinsky, Gorodishchensky districts of the Volgograd Region and the Sovetsky district of Volgograd. **Materials and methods.** The material was obtained from sites with a low, moderate and high degree of anthropogenic load, which was expressed in an increased content of toxic trace elements in the soil and air pollution. In addition to the generally accepted methods for determining the geometry of the leaf blade (fluctuation asymmetry, area and shape complexity indicators), modern methods of analysis are used in the form of calculating color, azimuthal and vertical gradients. **Results and conclusion.** The fluctuation asymmetry confirmed its sensitivity for *P. nigra* and *E. angustifolia* in the arid zone: in areas with a high degree of anthropogenic load, its value was 1.2-1.6 times higher than in areas with a low degree of load. For the shape complexity indicator, the excess was 1.4-1.7 times, the asymmetry of the green intensity was significantly higher by 1.5 and 1.8. The longitudinal and transverse gradients of the green intensity also reacted quite noticeably to anthropogenic pollution, their values differed by 1.25-1.55 times when comparing the plots. When comparing the response amplitude to the high anthropogenic impact of the studied indicators, it was found that the most sensitive indicators for *P. nigra* were such as the asymmetry of the complexity of the shape and the longitudinal gradient of the green intensity. The fluctuation asymmetry and the longitudinal gradient of the green intensity are significant indicator for *E. angustifolia*. The comparison of the results between each other, between species, as well as between sites with different degrees and types of anthropogenic load allowed, on the basis of the proposed analysis, to develop criteria for assessing the state of the environment. A comparative analysis showed that the sensitivity of *E. angustifolia* to soil and air pollution is higher than that of *P. nigra*, which allows us to recommend this species as a bioindicator plant in the arid zone.

Key words: bioindication, arid land use, arid ecosystems, anthropogenic pollution, leaf blade, fluctuating asymmetry, computer morphometry, computer colorometry, *Populus nigra*, *Elaeagnus angustifolia*.

Citation. Kulik K.N., Isakov A.S., Novochadov V.V. Leaf blades of bioindicator trees: new possibilities for analysis in the assessment of the environmental state in the conditions of the arid zone. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 25-36 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-02.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the received data and wrote the paper.

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

УДК 635.914:57.085.2

**НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗА ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК
ДЕРЕВЬЕВ-БИОИНДИКАТОРОВ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ АРИДНОЙ ЗОНЫ****К. Н. Кулик¹**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук**А. С. Исаков¹**, аспирант**В. В. Новочадов²**, доктор медицинских наук, профессор¹Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград²Волгоградский государственный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 08.02.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность обусловлена появлением новых систем визуализации, повышением чувствительности методов фотоиндикации и их компьютерной обработки. Особый интерес в этой области представляют варианты количественного анализа цветового распределения (цветометрии). Авторы считают полезным расширить список деревьев-биоиндикаторов в аридной зоне за счет введения в их список *Elaeagnus angustifolia*. **Объект.** Территория исследования – в пределах Иловлинского, Городищенского районов Волгоградской области и Советского района г. Волгограда. **Материалы и методы.** Материал был получен с участков с низкой, умеренной и высокой степенью антропогенной нагрузки, которая выражалась в повышенном содержании токсичных микроэлементов в почве и загрязнении воздуха. Помимо общепринятых методов определения геометрии листовой пластинки (флуктуационная асимметрия, показатели площади и сложности формы), применены современные способы анализа в виде расчета цветовых, азимутальных и вертикальных градиентов. **Результаты и выводы.** Показатель ФА подтвердил свою чувствительность для *P. nigra* и *E. Angustifolia* в аридной зоне: на участках с высокой степенью антропогенной нагрузки его величина была в 1,2-1,6 раза выше, чем на участках с низкой степенью нагрузки. Для показателя сложности формы превышение составило 1,4-1,7 раза, асимметрия интенсивности зеленого была достоверно выше в 1,5 и 1,8. Продольный и поперечный градиенты интенсивности зеленого также достаточно заметно реагировали на антропогенные загрязнения, их значения различались при сравнении участков в 1,25-1,55 раза. При сопоставлении амплитуды реакции на высокое антропогенное воздействие исследованных показателей было установлено, что наиболее чувствительными для *P. nigra* оказались такие показатели, как асимметрия сложности формы и продольный градиент интенсивности зеленого, а для *E. Angustifolia* – показатель ФА и продольный градиент интенсивности зеленого. Сопоставление результатов между собой, между видами, а также между участками с различной степенью и характером антропогенной нагрузки позволило на основе предложенного анализа выработать критерии для оценки состояния окружающей среды. При сравнительном анализе оказалось, что чувствительность *E. angustifolia* к загрязнениям почвы и воздуха выше, чем у представителей *P. nigra*, что позволяет рекомендовать этот вид в качестве растения-биоиндикатора в условиях аридной зоны.

Ключевые слова: биоиндикация, аридное землепользование, аридные экосистемы, антропогенные загрязнения, листовая пластинка деревьев, флуктуирующая асимметрия, компьютерная морфометрия, компьютерная цветометрия, *Populus nigra*, *Elaeagnus angustifolia*.

Цитирование. Кулик К. Н., Исаков А. С., Новочадов В. В. Новые возможности анализа листовых пластинок деревьев-биоиндикаторов в оценке состояния окружающей среды в условиях аридной зоны. *Известия НВ АУК*. 2021. 1 (61). 25-36. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-02.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования собрали материал, проанализировали полученные данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Среди достаточно многообразных подходов к оценке уровня и характера загрязнения окружающей среды, прогнозирования его влияния на различные биосистемы и организм человека, фитоиндикация, по справедливости, востребована ввиду высокой чувствительности, высокой скорости получения информации и экономической целесообразности. К тому же результаты фитоиндикации легко можно использовать в прогностических моделях поведения экосистем при продолжении данных видов антропогенных воздействий. Максимально эффективен этот метод экологического контроля в отношении химических загрязнений атмосферного воздуха и почв. Структура антропогенного воздействия на природные сообщества в настоящее время характеризуется динамичностью как в плане территориального распределения, так и во временном аспекте. Доминировавшие ранее выбросы промышленных предприятий уступают место транспортным поллютантам далеко за пределами городских агломераций, интенсивно возрастает объем загрязнений от современного аграрного землепользования, нарастают площади, занятые свалками бытовых и промышленных отходов [7].

Преимущества методов биологической оценки, основанной на изменениях ежегодно обновляемых структур, у многолетних растений обладают рядом существенных преимуществ, поскольку могут свидетельствовать о состоявшемся факте загрязнения в момент, когда прямые измерения уже не дают доказательных результатов. При наличии градиента антропогенного воздействия биологические методы позволяют эффективно выявлять эпицентр и векторы распространения загрязнений [1, 12].

Растения в процессе адаптации к стрессовому воздействию неблагоприятных факторов среды изменяют свою жизнедеятельность и, как итог, морфологию наиболее динамичных структур.

Именно поэтому наиболее разработанными признаками реакции видов-биоиндикаторов на неблагоприятные воздействия со стороны окружающей среды являются изменение места и роли растения в сообществе, численности и макроанатомических особенностей растения. Наиболее чутко реагирует на токсические воздействия листовая часть растений [4]. Исходя из опыта было выработано общее представление о наиболее приемлемом виде-биоиндикаторе: это многолетнее древесное растение или древовидный кустарник с преимущественно стенотопным расселением в пределах ареала без тенденций к биоинвазии, достаточно стойкое в отношении фитопатогенов и фитофагов. В настоящее время в России в качестве биоиндикаторов с успехом используются представители родов *Betula*, *Titia*, *Álnus*, *Pópulus*, *Ácer*, *Ulmus*, *Padus* и др. [2, 8, 13, 14]. Перечень видов постоянно увеличивается, что свидетельствует об интересе исследователей в этом вопросе. Применительно к аридной зоне приходится признать, что многие из традиционных деревьев-биоиндикаторов находятся здесь на грани своих возможностей к адаптации, так что их применимость в качестве биоиндикаторов ограничена или принципиально невозможна. Необходимо использовать растения с высокой степенью адаптации к аридным условиям, но исследования в этом направлении немногочисленны [6, 17]. Представляется, что на эту роль может претендовать лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia*) – растение с полным набором характеристик, необходимых для стабильного существования популяции в аридных условиях.

Для анализа листовой пластинки используется набор специальных количественных показателей, индексов и коэффициентов, которые позволяют сделать результаты биоиндикации достоверными и сопоставимыми. Наиболее распространенными в практических исследованиях являются методы исследования флуктуирующей асимметрии (ФА) листовой пластинки. Выступая в качестве меры стабильности развития, флуктуирующая асимметрия характеризует способность организма к фор-

мированию генетически детерминированного фенотипа при минимальном уровне онтогенетических отклонений. Считается, что неблагоприятные воздействия приводят к искажению нормальной программы развития листа, что реализуется в его асимметричной морфологии [3, 5, 9, 11].

Возможности этого метода еще далеко не исчерпаны, а новые электронные системы визуализации позволяют в еще большей степени повысить чувствительность фитоиндикации. Особый интерес, с нашей точки зрения, представляют варианты количественного анализа цветового распределения (цветометрии) листовой пластинки, в том числе и варианты подсчета цветовой асимметрии, которые возможны при современных компьютерных технологиях.

Целью исследования является установление возможности использовать комплексный анализ листовой пластинки *Elaeagnus angustifolia* в сравнении с классическим биоиндикатором *Pópulus nigra* для анализа степени неблагоприятного воздействия антропогенной нагрузки на территорию.

Объект исследования. В качестве объектов исследования были выбраны участки на аридных территориях Волгоградской области, состояние атмосферного воздуха и почвы, а также характеристика фитоценозов, в пределах которых хорошо описаны по результатам предшествующих многолетних наблюдений [18, 20].

Обследованы три участка, отличающихся уровнем антропогенного воздействия:

- к югу от примыкания 3-й Продольной магистрали г. Волгограда к федеральной трассе Р-228 на расстоянии 30-50 м от места интенсивного движения транспортных средств (высокий уровень антропогенной нагрузки);
- в пределах частично деградированной защитной лесополосы в 1,5 км к югу от поселка им. Гули Королевой (умеренная нагрузка);
- в 1 км к западу от санатория «Качалинский» (многолетняя залежь с естественными куртинами – минимальный уровень антропогенной нагрузки).

Материалы и методы. Параметры размера и формы листьев были измерены в естественных популяциях *P. nigra* и *E. Angustifolia*. Материал для исследования собирали во второй декаде июня, после остановки роста листьев, по 10 образцов с десяти растений каждого вида на каждом из выбранных участков (6 выборок по 100 листьев). Выбирали здоровые зрелые растения без внешних повреждений, произрастающие отдельно, в составе небольших куртин или на внешнем ряду защитных лесополос. С каждого дерева выбирали равномерно со всех сторон неповрежденные листья среднего размера, расположенные на высоте 150-180 см от уровня почвы. Листья, собранные от одного растения, располагали в одном файле-пакете, маркировали как часть выборки данного вида на данном участке и хранили при температуре 4-8 °С не более трех суток до сканирования. Сканирование листьев осуществляли на аппарате Canon MF-4410, используя стандартное программное обеспечение производителя. Листовые пластинки сканировали 9 штук, сохраняя маркировку. Дальнейшую обработку отсканированных материалов производили с помощью программ открытого доступа ImageJ и Polosa. Результаты измерений обрабатывались в программе Microsoft Excel автоматически.

Показатель ФА рассчитывался как средний процент различий между результатами аналогичных измерений на правой и левой сторонам листовой пластинки. Набор из пяти признаков соответствовал рекомендациям Центра экологической политики России, разработанным на основе многолетнего изучения variability листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в качестве объекта для биоиндикации. Схема морфологических признаков для оценки флуктуационной асимметрии представлена на рисунке 1А.

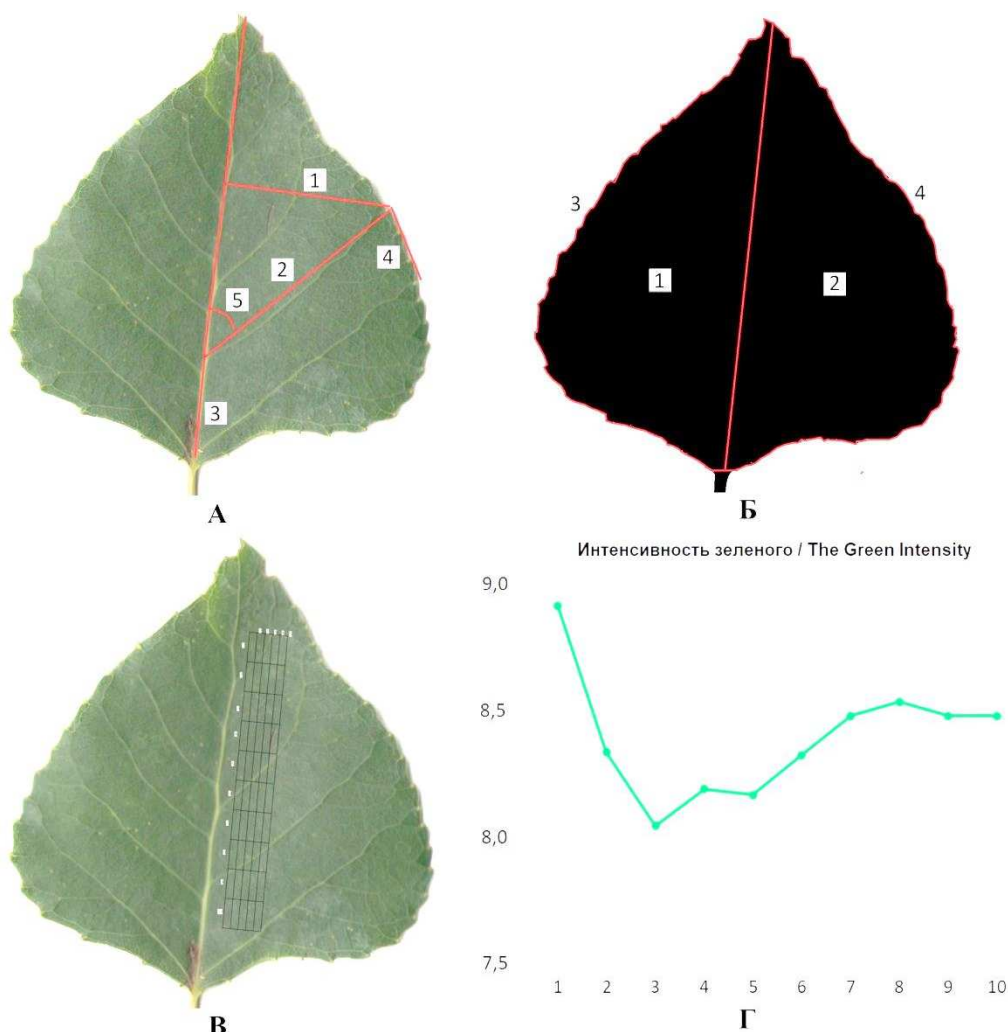


Рисунок 1 – Схема морфологического анализа на примере листовой пластинки *P. nigra*. А.

Признаки для оценки ФА:

- 1 – ширина половины листа; 2 – длина второй жилки второго порядка;
- 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;
- 4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной жилкой

И второй жилкой второго порядка. Б. Бинаризация и определение сложности формы и асимметрии площади: 1, 2 – площади левой и правой половин листа;

3, 4 – полупериметры левой и правой половин листа. В. Выделение секторов для расчета интенсивности цвета программой Polosa. Г. Визуализация продольного градиента интенсивности зеленого: по оси абсцисс (1 – 10) – секторы сканирования; по оси ординат – интенсивность в усл. ед.

Figure 1 – Scheme of morphological analysis on the example of the leaf blades of *P. nigra*. А.

The characteristics to evaluate FA:

- 1 – width half-sheet; 2 – the length of the second vein of the second order; 3 – the distance between the bases of the first and second ribs of the second order; 4 – distance between the ends of the veins; 5 – the angle between the vein and the vein of the second order. В.

Binarization and the definition of the complexity of the shape and asymmetry of the square: 1, 2, the square of the left and right halves of the leaf; 3, 4 – propriety the left and right halves of the sheet. V. Allocation of sectors to calculate the color intensity using the program Polosa. G. Visualization of the longitudinal gradient of the green intensity: along the abscissa axis (1-10) - scan sectors; along the ordinate axis-intensity in standard units

От перевода количественных результатов ФА в пятибалльную шкалу по степени загрязнения территории мы отказались, поскольку она хорошо отработана для *Betula pendula*, требует большого количества наблюдений для каждого нового вида, а такого объема материала в работе не было получено.

Средняя площадь листовой пластинки определялась после бинаризации изображения в программе ImageJ. Результат выражали в см².

После продольного рассечения изображения по главной жилке на левую и правую стороны автоматически определяли площадь каждой из сторон, а также полупериметры (рисунок 1Б). Для оценки асимметрии площади рассчитывали модуль разности площадей левой и правой половин листовой пластинки, после чего делили полученную величину на среднюю площадь листовой пластинки. Результат выражали в процентах.

Показатель сложности формы рассчитывали по формуле:

$$\text{ПСФ} = \sqrt{\frac{P^2}{4\pi S}},$$

где P – периметр в см, S – площадь листовой пластинки в см².

Аналогичным образом вычисляли показатели сложности формы для каждой половины листовой пластинки и рассчитывали асимметрию в процентах.

Средняя интенсивность зеленого рассчитывалась в условных единицах, исходя из нормирования в программе Polosa для 50 выбранных секторов в пределах листовой пластинки, величина показателя варьировала в пределах от 0 до 10, выражалась в усл. ед. Сопоставляя эти величины на левой и правой половинах листа, получали значения асимметрии по интенсивности зеленого, %. Аналогичным образом, с учетом того, что минимальная интенсивность зеленого приходилась на центральную область листовой пластинки, удавалось определять продольный (апикальный) и поперечный градиенты интенсивности зеленого, которые также выражали в процентах.

В качестве показателя амплитуды реакции на высокое антропогенное воздействие в условиях аридной зоны по каждому показателю использовали отношения величин для участка с низкой и высокой степенью воздействия как большее к меньшему.

В каждой выборке определяли среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (δ) и стандартную ошибку (m). Значения, не укладывающиеся в диапазон ±3δ, были исключены из выборки как выпадающие. Выборки сравнивали при помощи t-критерия Стьюдента с уровнем достоверности P<0,05.

Результаты и обсуждение. Основные результаты исследования представлены в таблицах 1 и 2. Как видно из приведенных данных, средняя площадь листовой пластинки у тополя не является информативным показателем для определения степени антропогенной нагрузки. Это частично объясняется отбором листьев для анализа с выбраковкой заведомо отличных от некоторой усредненной морфологии листа. Похожая ситуация наблюдается и в отношении листьев *E. angustifolia*.

Асимметрия площади листовой пластинки была различна на участках с неодинаковой степенью антропогенной нагрузки, но достоверные различия для обоих исследованных видов выявлены лишь между показателями на участках с низкой и высокой степенью нагрузки, что свидетельствует о недостаточно высокой чувствительности данного признака для целей биомониторинга.

Показатель ФА подтвердил свою чувствительность и при использовании в качестве биоиндикатора *P. nigra* в аридной зоне: на участках с умеренной и высокой степенью антропогенной нагрузки величина показателя превышала аналогичную на участке с низкой степенью в 1,19 и 1,6 раза, соответственно (оба P<0,05).

Сходные различия продемонстрированы и для *E. Angustifolia*, что позволяет считать использование данного показателя для данного вида приемлемым для биоиндикации в условиях аридной зоны.

Наиболее информативным из показателей компьютерной морфометрии оказался показатель сложности формы. При высокой степени антропогенной нагрузки его величина превышала аналогичную при низкой степени нагрузки для *P. nigra* в 1,65 раза ($P < 0,01$), для *E. Angustifolia* – в 1,38 раза ($P < 0,05$).

Стоит отметить, что у подавляющего большинства листьев асимметрия имела левостороннее доминирование, то есть величины показателей на левой половине листа были больше, чем на правой.

Величина средней интенсивности зеленого как для *P. Nigra*, так и для *E. Angustifolia* была меньше на участке с высокой степени антропогенной нагрузки, но это уменьшение не было значительным, что свидетельствует о невысокой чувствительности измеряемого признака.

Таблица 1 – Результаты анализа морфологии листовой пластинки *Pópulus nigra* в аридной зоне на участках с различной степенью антропогенной нагрузки ($M \pm m$)

Table 1 – Results of morphological analysis of *Pópulus nigra* leaf blade in the arid zone in areas with different degrees of anthropogenic load ($M \pm m$)

Показатель / Indicator	Степень антропогенной нагрузки / Rate of anthropogenic load		
	Низкая / Low	Умеренная / Average	Высокая / High
Компьютерная морфометрия / Computer morfometry			
Средняя площадь листовой пластинки, мм ² / Moderate area of leaf blade, mm ²	34,1 ± 2,43	38,4 ± 2,55	40,2 ± 3,18
Асимметрия площади листовой пластинки, % / Asymmetry leaf area, %	3,07 ± 0,212	3,40 ± 0,235	4,02 ± 0,286 *
Показатель флуктуирующей асимметрии, % / Index fluctuating asymmetry, %	4,84 ± 0,30	5,78 ± 0,37 *	7,06 ± 0,49 *
Асимметрия сложности формы, % / Complexity asymmetry shape, %	3,84 ± 0,27	4,10 ± 0,34	6,35 ± 0,42 *
Компьютерная цветометрия / Computer colorimetry			
Средняя интенсивность зеленого, усл.ед. / Moderate intensity green, c. u.	9,15 ± 0,71	8,43 ± 0,60	7,55 ± 0,58 *
Асимметрия интенсивности зеленого, % / Asymmetry intensity green, %	4,61 ± 0,28	5,26 ± 0,30 *	6,94 ± 0,45 *
Продольный градиент интенсивности зеленого, % / Longitudinal gradient intensity green, %	9,33 ± 0,68	12,50 ± 0,86 *	14,24 ± 1,03 *
Поперечный градиент интенсивности зеленого, % / Transverse gradient intensity green, %	3,75 ± 0,24	4,12 ± 0,29	4,69 ± 0,35 *

* – здесь и в таблице 2: достоверные различия со значениями в группе с низкой степенью антропогенной нагрузки

В противовес этому асимметрия интенсивности зеленого была достоверно выше уже на участке с умеренной степенью антропогенной нагрузки, а на фоне высокой нагрузки оказывалась для *P. nigra* и *E. Angustifolia* в 1,51 и 1,81 раза в сравнении с величинами показателя при низкой степени антропогенной нагрузки, соответственно.

Таблица 2 – Результаты анализа морфологии листовой пластинки *Elaeagnus angustifolia* в аридной зоне на участках с различной степенью антропогенной нагрузки ($M \pm m$)

Table 2 – Results of morphological analysis of *Elaeagnus angustifolia* leaf blade in the arid zone in areas with different degrees of anthropogenic load ($M \pm m$)

Показатель Indicator	Степень антропогенной нагрузки Rate of anthropogenic load		
	Низкая / Low	Умеренная / Average	Высокая / High
Компьютерная морфометрия / Computer morfometry			
Средняя площадь листовой пластинки, мм ² / Moderate area of leaf blade, mm ²	10,6 ± 0,72	11,3 ± 0,78	11,8 ± 0,90
Асимметрия площади листовой пластинки, % / Asymmetry leaf area, %	2,79 ± 0,193	3,22 ± 0,247	4,05 ± 0,298 *
Показатель флуктуирующей асимметрии, % / Index fluctuating asymmetry, %	2,69 ± 0,22	3,29 ± 0,26 *	4,98 ± 0,38 *
Асимметрия сложности формы, % / Complexity asymmetry shape, %	3,47 ± 0,25	3,77 ± 0,29	4,80 ± 0,39 *
Компьютерная цветометрия / Computer colorimetry			
Средняя интенсивность зеленого, усл.ед. / Moderate intensity green, c. u.	7,08 ± 0,49	6,89 ± 0,44	6,33 ± 0,39
Асимметрия интенсивности зеленого, % / Asym- metry intensity green, %	2,75 ± 0,19	3,40 ± 0,28 *	4,98 ± 0,38 *
Продольный градиент интенсивности зеленого, % / Longitudinal gradient intensity green, %	6,80 ± 0,47	8,94 ± 0,55 *	9,36 ± 0,713 *
Поперечный градиент интенсивности зеленого, % / Transverse gradient intensitygreen, %	2,53 ± 0,17	3,02 ± 0,22	3,46 ± 0,28 *

Продольный и поперечный градиенты интенсивности зеленого также достаточно заметно реагировали на антропогенные загрязнения, их значения различались при сравнении участков в 1,25-1,55 раза.

При сопоставлении амплитуды реакции на высокое антропогенное воздействие исследованных показателей было установлено, что наиболее чувствительными для *P. nigra* оказались такие показатели, как асимметрия сложности формы и продольный градиент интенсивности зеленого, а для *E. Angustifolia* – показатель ФА и продольный градиент интенсивности зеленого (рисунок 2).

С учетом простоты определения последний показатель может быть с успехом внедрен в практическую деятельность в комплексе методов для оценки степени антропогенной нагрузки на территорию.

Как известно, листья являются основным органом фотосинтеза и предназначены для максимального захвата солнечного света и минимальной потери воды. Правильная морфология листьев имеет важное значение для перехвата света, скорости транспирации, фиксации углерода, фотосинтеза и запрограммирована с помощью различных генетических путей. И в итоге детерминирует развитие трех полярностей: адаксиально-абаксиальной, проксимально-дистальной (продольной) и медиально-латеральной (поперечной) [16, 19].

Органогенез листа инициируется в апикальной меристеме из группы делящихся, недифференцированных меристематических клеток. По мере их деления дочерние клетки достигают периферической зоны меристемы и вступают в детерминированный рост. На конечный размер листа решающее влияние оказывает характер и продолжительность пролиферации меристематических клеток. В последующем существенное значение на форму и размеры листовой пластинки, а также на структуру ее края влияют

постмитотические процессы увеличения клеток в размерах. Этот процесс чутко реагирует на внешние воздействия, в том числе на антропогенные токсиканты, что отражается на показателях в измеряемых признаках морфологии листовой пластинки [10, 15].

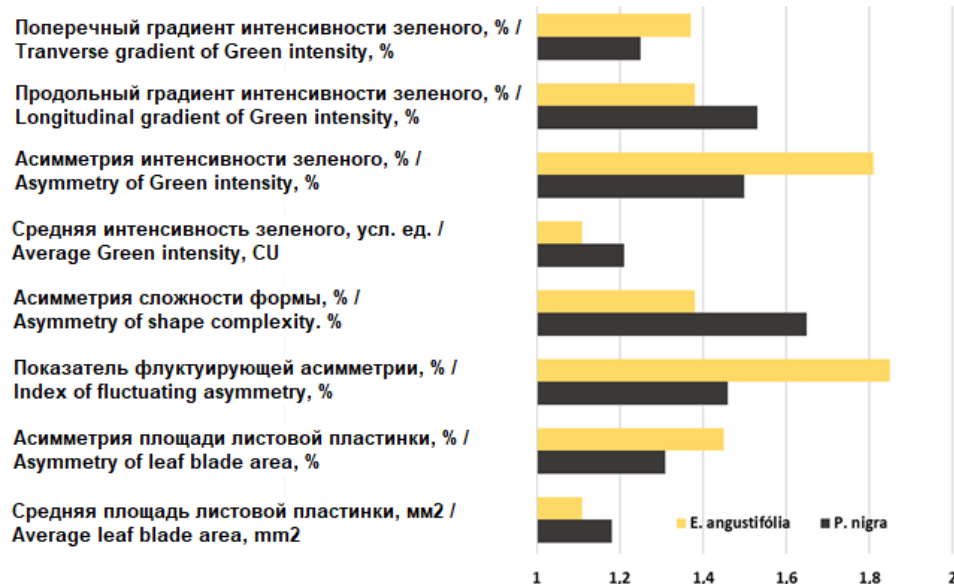


Рисунок 2 – Амплитуда реакции на высокое антропогенное воздействие в условиях аридной зоны по показателям анализа листовых пластинок *P. nigra* и *E. Angustifolia*

Figure 2 – The amplitude of the response to high anthropogenic impact in the arid zone according to the indicators of the analysis of leaf blades of *P. nigra* and *E. Angustifolia*

Выводы. В результате проведенных исследований оценки качества среды по асимметрии листьев черного тополя *P. nigra* и узколистого лоха *E. angustifolia* на трех участках в аридной зоне Волгоградской области, отличающихся уровнем антропогенного воздействия, можно сделать следующие выводы.

Высокая степень антропогенной нагрузки может быть выявлена по следующим изменениям листовой пластинки при компьютерной морфометрии: увеличению показателей ФА, асимметрии площади и сложности формы.

Показатели компьютерной цветометрии пригодны для оценки степени антропогенной нагрузки, при нарастании которой наблюдается уменьшение интенсивности зеленого, увеличение асимметрии, продольного и поперечного градиентов интенсивности зеленого.

Чувствительность *E. angustifolia* к загрязнениям почвы и воздуха выше, чем у представителей *P. nigra*, что позволяет рекомендовать этот вид в качестве растения-биоиндикатора в условиях аридной зоны.

Библиографический список

1. Ашихмина Т. Я. Разработка методов биологического мониторинга техногенных территорий // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2013. № 1. С. 29-35.
2. Баранов С. Г., Зыков И. Е., Федорова Л. В. Изучение внутривидовой изменчивости липы мелколистной (*Titia cordata* Mill.) на основе билатеральной асимметрии листовых пластин // Вестник ТомГУ. Биология. 2012. № 2 (30). С. 134-145.
3. Зорина А. А. Методы статистического анализа флуктуирующей асимметрии // Принципы экологии. 2012. Т.1. № 3. С. 24-47.
4. К возможностям оценки функциональной активности листовых пластинок древесных растений / Л. М. Кавеленова [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3-7. С. 2333-2336.

5. Кузнецова А. С., Сотникова Е. В. Биоиндикационные показатели стабильности развития листовой пластинки *Populus Tremula* в условиях воздействия транспортных потоков // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. 2016. № 3. С. 45-52.
6. Кулик К. Н., Пугачева А. М. Структура растительных сообществ залежных земель в системе куртинных защитных лесных насаждений в сухих степях // Аридные экосистемы. 2016. Т. 22. № 1(66). С. 77-85.
7. Кусова Н. Х., Макиев А. Д., Оказова З. П. Биомониторинг как способ контроля качества окружающей среды // В мире научных открытий. 2012. № 9. С. 167-174.
8. Ляшенко О. А. Биоиндикация и биотестирование в охране окружающей среды. СПб.: СПб ГТУРП, 2012. 67 с.
9. Низкий С. Е., Сергеева А. А. Флуктуирующая асимметрия листьев березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) как критерий качества окружающей среды // Вестник КрасГАУ. 2015. № 7. С. 14-17.
10. Протасова М. В., Проценко Е. П., Петрова И. В. Использование методов биоиндикации при исследовании экологического состояния городской среды // Экология. 2019. № 3. С. 136-140.
11. Собчак Р. О., Афанасьева Т. Г., Копылов М. А. Оценка экологического состояния рекреационных зон методом флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth // Вестник ТомГУ. 2013. № 368. С. 195-199.
12. Турмухаметова Н. В. Использование морфометрических и фенологических показателей *Tilia cordata* Mill. для целей биоиндикации // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8. № 4. С. 93-97.
13. Черных Е. П., Первышина Г. Г., Гоголева О. В. Экологическая оценка влияния автотранспорта на флуктуирующую асимметрию листьев черемухи обыкновенной // Вестник КрасГАУ. 2013. № 12. С. 137-141.
14. Якушевская Е. Б., Якимова Е. П. Растения – индикаторы состояния городской среды // Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Биологические науки. 2013. № 1. С. 116-121.
15. Du F., Guan C., Jiao Y. Molecular mechanisms of leaf morphogenesis // Mol. Plant. 2018. Vol. 11. P. 1117-1134.
16. Eigentler L., Sherratt J. A. An integrodifference model for vegetation patterns in semi-arid environments with seasonality // J. Math. Biol. 2020. Vol. 81. № 3. P. 875-904.
17. Influence of life form, taxonomy, climate, and soil properties on shoot and root concentrations of 11 elements in herbaceous plants in a temperate desert / M. He, F. A. Dijkstra, K. Zhang [et al.] // Plant and Soil. 2016. Vol. 398. № 102. P. 339-350.
18. Ivantsova E., Krylov P., Novochadov V. Components of anthropogenically transformed landscapes of South of Russia interaction // Adv. Eng. Res. 2020. Vol. 191. P. 80-83.
19. Kierzkowski D., Runions A., Vuolo F. A growth-based framework for leaf shape development and diversity // Cell. 2019. Vol. 177. P. 1405-1418.
20. Pugacheva A. M. Climatic fluctuation in dry steppes and their role in the demutation process // J. Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. Iss. 3. P. 181-187.

Conclusions. As a result of the conducted studies of the assessment of the environmental quality by the asymmetry of the leaves of the black poplar *P. nigra* and the narrow-leaved larch *E. angustifolia* at three sites in the arid zone of the Volgograd region, which differ in the level of anthropogenic impact, the following conclusions can be drawn. A high degree of anthropogenic load can be detected by the following changes in the leaf blade during computer morphometry: an increase in FA indicators, an asymmetry of the area and the complexity of the shape. Indicators of computer colorimetry are suitable for assessing the degree of anthropogenic load, with the increase of which there is a decrease in the intensity of green, an increase in the asymmetry, the longitudinal and transverse gradients of the intensity of green. The sensitivity of *E. angustifolia* to soil and air pollution is higher than that of *P. nigra*, which makes it possible to recommend this species as a bioindicator plant in the arid zone.

References

1. Ashihmina T. Ya. Razrabotka metodov biologicheskogo monitoringa tehnogennyh territorij // Ispol'zovanie i ohrana prirodnih resursov v Rossii. 2013. № 1. P. 29-35.
2. Baranov S. G., Zykov I. E., Fedorova L. V. Izuchenie vnutrividovoj izmenchivosti lipy melkolistnoj (*Titia cordata* Mill.) na osnove bilateral'noj asimmetrii listovyh plastin // Vestnik TomGU. Biologiya. 2012. № 2 (30). P. 134-145.
3. Zorina A. A. Metody statisticheskogo analiza fluktuiruyushej asimmetrii // Principy jkologii. 2012. T.1. № 3. P. 24-47.
4. K vozmozhnostyam ocenki funkcional'noj aktivnosti listovyh plastinok drevesnyh rastenij / L. M. Kavelenova [i dr.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2013. T. 15. № 3-7. P. 2333-2336.
5. Kuznecova A. S., Sotnikova E. V. Bioindikacionnye pokazateli stabil'nosti razvitiya listovoj plastinki *Populus Tremula* v usloviyah vozdejstviya transportnyh potokov // Vestnik RUDN, seriya jkologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2016. № 3. P. 45-52.
6. Kulik K. N., Pugacheva A. M. Struktura rastitel'nyh soobshchestv zaleznyh zemel' v sisteme kurtinnyh zaschitnyh lesnyh nasazhdenij v suhih stepyah // Aridnye jkosistemy. 2016. T. 22. № 1(66). P. 77-85.
7. Kusova N. H., Makiev A. D., Okazova Z. P. Biomonitoring kak sposob kontrolya kachestva okruzhayushej sredy // V mire nauchnyh otkrytij. 2012. № 9. P. 167-174.
8. Lyashenko O. A. Bioindikaciya i biotestirovanie v ohrane okruzhayushej sredy. SPb.: SPb GTURP, 2012. 67 p.
9. Nizkij S. E., Sergeeva A. A. Fluktuiruyuschaya asimmetriya list'ev berezy ploskolistnoj (*Vetula platyphylla* Sukacz.) kak kriterij kachestva okruzhayushej sredy // Vestnik KrasGAU. 2015. № 7. P. 14-17.
10. Protasova M. V., Prochenko E. P., Petrova I. V. Ispol'zovanie metodov bioindikacii pri issledovanii jekologicheskogo sostoyaniya gorodskoj sredy // Jekologiya. 2019. № 3. P. 136-140.
11. Sobchak R. O., Afanas'eva T. G., Kopylov M. A. Ocenka jekologicheskogo sostoyaniya rekreacionnyh zon metodom fluktuiruyushej asimmetrii list'ev *Betula pendula* Roth // Vestnik TomGU. 2013. № 368. P. 195-199.
12. Turmuhametova N. V. Ispol'zovanie morfometricheskikh i fenologicheskikh pokazatelej *Tilia cordata* Mill. dlya celej bioindikacii // Samarskij nauchnyj vestnik. 2019. T. 8. № 4. P. 93-97.
13. Chernyh E. P., Pervyshina G. G., Gogoleva O. V. Jekologicheskaya ocenka vliyaniya avtotransporta na fluktuiruyuschuyu asimmetriyu list'ev cheremuhi obyknovЕННОj // Vestnik KrasGAU. 2013. № 12. P. 137-141.
14. Yakushevskaya E. B., Yakimova E. P. Rasteniya - indikatory sostoyaniya gorodskoj sredy // Uchenye zapiski Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologicheskie nauki. 2013. № 1. P. 116-121.
15. Du F., Guan C., Jiao Y. Molecular mechanisms of leaf morphogenesis // Mol. Plant. 2018. Vol. 11. P. 1117-1134.
16. Eigentler L., Sherratt J. A. An integrodifference model for vegetation patterns in semi-arid environments with seasonality // J. Math. Biol. 2020. Vol. 81. № 3. P. 875-904.
17. Influence of life form, taxonomy, climate, and soil properties on shoot and root concentrations of 11 elements in herbaceous plants in a temperate desert / M. He, F. A. Dijkstra, K. Zhang [et al.] // Plant and Soil. 2016. Vol. 398. № 102. P. 339-350.
18. Ivantsova E., Krylov P., Novochadov V. Components of anthropogenically transformed landscapes of South of Russia interaction // Adv. Eng. Res. 2020. Vol. 191. P. 80-83.
19. Kierzkowski D., Runions A., Vuolo F. A growth-based framework for leaf shape development and diversity // Cell. 2019. Vol. 177. P. 1405-1418.
20. Pugacheva A. M. Climatic fluctuation in dry steppes and their role in the demutation process // J. Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. Iss. 3. P. 181-187.

Author's Information

Kulik Konstantin Nikolaevich, Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97) Academician of the Russian academy of sciences, doctor of agricultural sciences, professor. Phone 8 (8442) 46-25-67, e-mail: kulikn@yandex.ru

Isakov Arteom Sergeevich, Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), Phone 8 (8442) 46-25-67, isakov-a@vfanc.ru

Novochadov Valery Valerjevich, professor of Department of Bioengineering and Bioinformatics, Volgograd State University (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 100), doctor of medical sciences, professor. Phone 8 (8442) 46-08-06, e-mail: novochadov.valeriy@volsu.ru

Информация об авторах

Кулик Константин Николаевич, главный научный сотрудник ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Тел. 8 (8442) 46-25-67, e-mail: kulikn@yandex.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7124-8116>.

Исаков Артем Сергеевич, аспирант, младший научный сотрудник ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97) Тел. 8 (8442) 46-25-67, E-mail: isakov-a@vfanc.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8922-2042>.

Новочадов Валерий Валерьевич, профессор кафедры биоинженерии и биоинформатики Волгоградского государственного университета Минобрнауки (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100), доктор медицинских наук, профессор. Тел. 8 (8442) 46-08-06, e-mail: novochadov.valeriy@volsu.ru, **ORCID** <https://orcid.org/0000-0001-6317-7418>.

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

FEATURES OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF CHICKPEA VARIETIES OF VOLGOGRAD BREEDING ON CHESTNUT SOILS OF VOLGOGRAD REGION

V.V. Balashov¹, A.V. Balashov², A.A. Malahova¹, V. A. Balashov¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

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

Received 11.01.2021

Submitted 01.03.2021

Summary

The article presents the results of a study of the growth and development of chickpea varieties of the Volgograd selection. Varieties Privo 1, Volzhanin, Volgogradsky 10, Volzhanin 50 are considered.

Abstract

Introduction. Chickpea is a widespread legume crop that is capable of producing high grain yields even in the risky farming zone, which includes most of the territory of our country. **Object.** The features of the growth and development of various varieties (Privo 1, Volzhanin, Volgogradsky 10, Volzhanin 50) of chickpea of the Volgograd selection for 2017-2019 are considered. **Materials and methods.** The research was carried out in the conditions of chestnut soils of the Volgograd region on the experimental field «Association of peasant farms – Kuznetsovskaya». The experiment was carried out according to the methods of the State Variety Testing of Agricultural Crops. **Results and conclusions.** Consider the main elements of the structure of the yield of the varieties of the Volgograd selection of chickpea, which change depending on weather conditions. Large-seeding is the main biological feature that currently determines the cost of grain. Varieties Volzhanin and Volzhanin 50 belong to the large-seeded group, the largest grain for the years of research was formed in them - 304 gr. and - 324 grams. The studies carried out have shown that the branching of the stem and the weight of 1000 grains had an effect on the formation of yield. Poorly branching varieties (1..2 branches) with one sowing rate were inferior in yield to the most branched forms. Variety Volzhanin slightly reduced productivity. The maximum yield was obtained in 2019 (from 3.48 t / ha for the Volzhanin variety to 3.93 t / ha for Volzhanin 50), when 149.15 mm of precipitation fell during the entire growing season. On average, over 3 years, the highest yield was in the varieties Volzhanin 50 - 2.71 t / ha and Privo 1 - 2.65 t / ha.

Key words: chickpea, variety, hydrothermal conditions, drought resistance, crop structure, yield.

Citation. Balashov V.V., Balashov A.V., Malakhova A.A., Balashov V.A. Features of growth and development of chickpea varieties of Volgograd breeding on chestnut soils of Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 36-45 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-03.

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

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

УДК 635.657:631.5(470.45)

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ СОРТОВ НУТА ВОЛГОГРАДСКОЙ СЕЛЕКЦИИ НА КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. В. Балашов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. В. Балашов², доктор сельскохозяйственных наук, доцент

А. А. Малахова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

В. А. Балашов¹, бакалавр

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
Астраханская область, Черныярский район, с. Соленое Займище

Дата поступления в редакцию 11.01.2021

Дата принятия к печати 01.03.2021

Актуальность. Нут является широко распространенной зернобобовой культурой, которая способна давать высокие урожаи зерна даже в зоне рискованного земледелия, к которой относится большая часть территории нашей страны. **Объект.** Рассмотрены особенности роста и развития различных сортов (Приво 1, Волжанин, Волгоградский 10, Волжанин 50) нута волгоградской селекции за 2017-2019 годы. **Материалы и методы.** Исследования проведены в условиях каштановых почв Волгоградской области на опытном поле АКХ «Кузнецовская». Закладка опыта проведена согласно методикам Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур. **Результаты и выводы.** Рассмотреть основные элементы структуры урожая сортов волгоградской селекции нута, которые меняются в зависимости от погодных условий. Крупносемянность – главный биологический признак, который в настоящее время определяет стоимость зерна. Сорта Волжанин и Волжанин 50 относятся к группе крупносемянных, самое крупное зерно за годы исследований сформировалось у них (304 г и 324 г). Проведенные исследования продемонстрировали, что на образование урожайности оказывали действие ветвистость стебля и масса 1000 зерен. Плохо ветвящиеся сорта (1..2 ветви) при одной норме посева уступали по урожайности наиболее ветвистым формам. Немного снижал продуктивность сорт Волжанин. Максимальная урожайность получена в 2019 году (от 3,48 т/га у сорта Волжанин до 3,93 т/га у Волжанин 50), когда выпало 149,15 мм осадков за весь период вегетации. В среднем за 3 года самая высокая урожайность составила у сортов Волжанин 50 – 2,71 т/га и Приво 1 – 2,65 т/га.

Ключевые слова: нут, сорта нута, гидротермические условия возделывания нута, засухоустойчивость нута, структура урожая нута, урожайность нута.

Цитирование. Балашов В. В., Балашов А. В., Малахова А. А., Балашов В. А. Особенности роста и развития сортов нута Волгоградской селекции. *Известия НВ АУК.* 2021. 1(61). 36-45. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-03.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Селекция нута в Волгоградской области ведется более 55 лет, районированные сорта показывают хорошие результаты, поскольку они обладают высокой засухоустойчивостью, достаточно приспособились к климатическим условиям различных регионов России и обладают необходимым потенциалом урожайности. Сорта волгоградской селекции имеют множество положительных свойств, что выделяет их среди других возделываемых сортов. Они обладают повышенной устойчивостью к полеганию (5 баллов), устойчивы к растрескиванию и опадению бобов [1, 2].

В настоящее время волгоградскими селекционерами проверено уже более тысячи сортов и сортообразцов из различных стран мира. Работа по селекции нута продолжается и в настоящее время [3].

Создание новых высокобелковых продуктивных сортов нута, наиболее полно реализующих почвенно-климатический потенциал и отвечающих требованиям сельскохозяйственного производства, является актуальной задачей современной селекции. [7].

Однако задачи, с которыми сталкивается выбор в эти дни, стали более сложными. Растущие потребности населения, новые технологии преобразования, новые проблемы времени (изменение климата, урбанизация, загрязнение окружающей среды и т. д.). Постоянно повышаются требования к производимым сортам, и эти требования продолжают рассматриваться. В связи с производством и адаптацией к конкретным условиям регионов необходимо создавать сорта, пригодные для использования в качестве профилактических и диетических продуктов, т. е. в целом способствующие улучшению качества жизни. В разведении традиционные сорта, продемонстрированные в определенном регионе и часто называемые универсальными, используются для получения сортов разных направлений использования, особенно при разведении в одном направлении [6].

В группе у зернобобовых культур конкретный интерес для товаропроизводителей вызывает нут, который считается лидером не только по части засухоустойчивости, но и по жаростойкости. Внутри народной отрасли он широко используется для питания человека и как пища животным. Нут – одна из самых засухоустойчивых и жаровыносливых культур, являющаяся хорошим предшественником. Агроклиматические ресурсы Волгоградской области достаточны для нормального роста и развития сельскохозяйственных растений, но в условиях изменяющегося климата погодные условия не всегда благоприятны для получения высоких и стабильных урожаев зернобобовых культур [4].

В последние годы во многих засушливых регионах России постоянно расширяются площади под нутом. Эта культура весьма востребованна на рынке, и спрос на нее растет. Увеличения урожайности и повышение качества товара зависит от сорта [5].

Нут является одной из возможных культур, которые могут заменить пары в севообороте, уход за которыми в сегодняшних рыночных условиях становится дорогостоящим бизнесом для фермеров. Основной особенностью нута считается его высокая гибкость в условиях сухого роста, особенным для Юга России. Поскольку нут стабилен при высоких летних температурах даже в неблагоприятных условиях, он может давать стабильные урожаи. Это отличает его от других бобовых. Вместе с тем продуктивность нута для зоны минимального увлажнения не отвечает возможностям этой культуры [9].

Материалы и методы. Объектом исследований были сорта нута волгоградской селекции: среднесемянные (масса 1000 семян 250 г) Волгоградский 10, Приво 1 и крупнесемянные (масса 1000 семян 350 г) Волжанин, Волжанин 50. Предшественник – чёрный пар. Учётная площадь делянки – 56 кв. м, повторность – 4-х кратная. Способ посева широкорядный с междурядьями 0,7 м. Норма высева 150 тыс. шт./га. Наблюдения и анализы проводились по методике Государственного сортоиспытания.

Результаты и обсуждение. В засушливых регионах России из зернобобовых культур лучше всего приспособлен нут, высокие показатели урожайности формируются исходя из технологии возделывания, климатических условий, подкормок, применения удобрений, биологической энергии веществ [8].

По сформировавшимся погодно-климатическим условиям рассмотрены годы, которые проявили себя как наиболее подходящие для нута. В 2017 году в начале мая наблюдалось похолодание, осадков в этот период выпало 68,8 мм. Снижение температуры в июне до 20,2 °С и значительное выпадение осадков в объеме 108,7 мм критично отразилось на онтогенезе растений. В июле температура климата на 1,0 °С выше среднемноголетней, и выпавший дождь в объеме 40,9 мм за период не смог повлиять на сложившуюся ситуацию с недостатком влаги. В 2018 году в начале мая отмечалось резкое потепление. Осадков за это время выпало всего 0,6 мм. Увеличение температуры в июне до 22,7 °С и количество осадков всего 12 мм отрицательно сказались на развитии растений. В июле температура воздуха была на 2,3 °С выше среднемноголетней, но выпавшие осадки в количестве 126,9 мм в конце месяца смогли повлиять на ситуацию с засухой. В 2019 году в мае температура воздуха составила 19,1 °С. Осадков за этот период выпало 42,2 мм. Увеличение температуры в июне до 25,4 °С и сумме осадков 21,5 мм повлияло на развитие растений. В июле температура воздуха была ниже на 2,3 °С ниже июня, но выпавшие осадки в количестве 41,0 мм повлияли на развитие нута.

Продуктивность бобовых нут растение образуется из составных частей структуры культуры, которые отличаются от климатических условий и генетических особенностей сорта. Способность сорта к достижению высокой и стабильной урожайности определяется в основном наличием его устойчивости к неблагоприятным факторам относится к способности сорта [10, 13, 14].

Различные колебания урожая на протяжении многих лет исследований являются результатом колебаний объема компонентов, из которых они состоят. В связи с этим важным вопросом является создание условий, способствующих основным культурным структурам индивида и формированию отношений между ними. Основная культурная структура: ветвление, количество бобов и зерен на растение, количество зерен на стручок, вес зерна на растение и вес 1000 зерен [12].

Возникнувшие климатические условия повлияли на количество бобов, зерен на растении, что отклонялось во взаимосвязи от различных сортовых особенностей, и установлено при исследовании.

Так, у стандартного сорта Приво 1 образовалось в среднем на растении 57 бобов, у Волгоградский – 10-55 бобов, в то время как у крупносемянных сортов Волжанин и Волжанин – 50-49 и 50 шт.

Объяснить небольшое количество бобов на растении у всех сортов нута, можно тем, что низкие температуры и повышенная относительная влажность воздуха в период цветения способствовали слабому завязыванию бобов (рисунок 1).

Число зерен имеет хорошую корреляцию с органической продуктивностью растения и количеством бобов. Анализ показал, что количество зерен всех сортов определялось исходя из погодных условий и генетических особенностей сорта. Разница между нутом и различными бобовыми, содержание бобов составляет одно, иногда два зерна, отсюда следует количество зерен у растения и завязавшихся бобов (рисунок 2).

В среднем больше зерен на растении формировалось у сорта Приво 1 – 75 шт., у сорта Волгоградский – 10-74 шт., а меньше зерен было у сортов Волжанин 50, Волжанин – 54, 53 штук, соответственно.

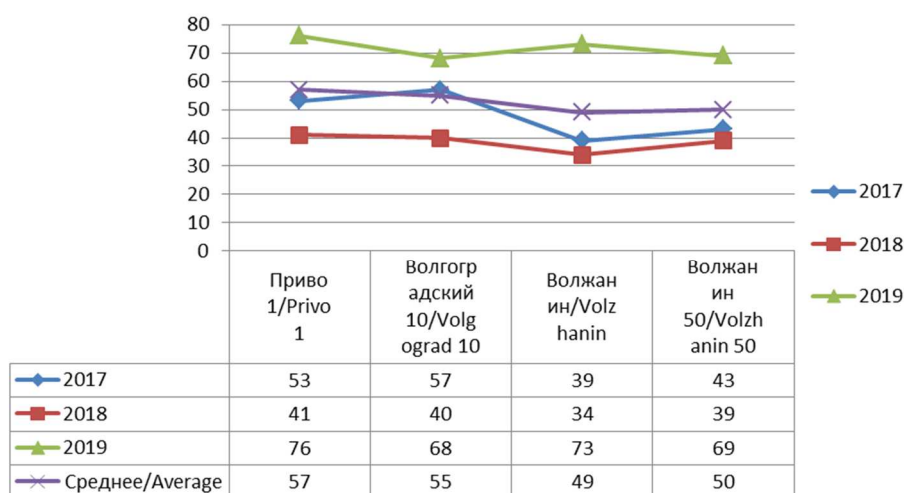


Рисунок 1 – Количество бобов на растении, шт.

Figure 1 – Number of beans per plant, pcs

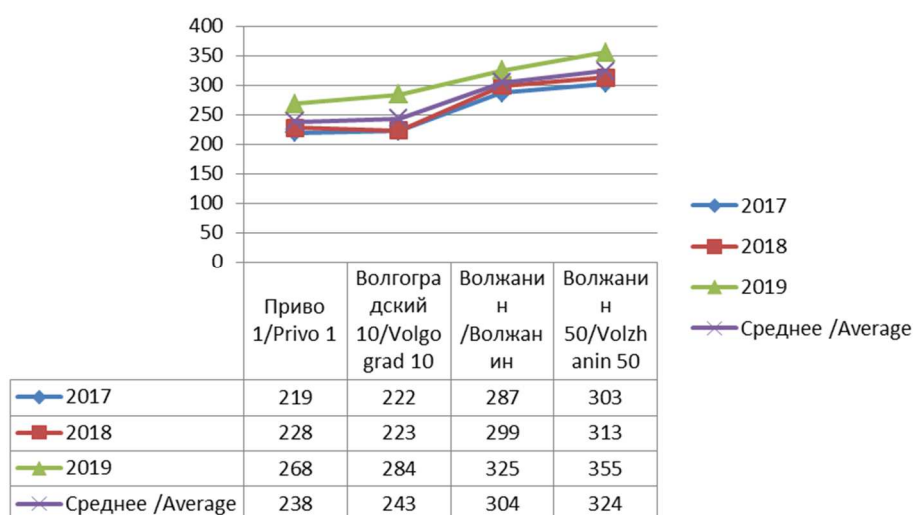


Рисунок 2 – Количество зерен на растении, шт.

Figure 2 – Number of grains per plant, pcs.

Крупные семена сорта являются основным биологическим показателем, которое определяет цену нута на текущем этапе. Сорта с крупными семенами на мировом рынке пользуются большим спросом по сравнению с малыми и средними семенами. Поэтому они увеличивают экономию на производстве этих зерен, вводя в производство новейшие крупнозернистые сорта.

Масса в 1000 зерен может отличаться от воздействия погодных условий. Обильное количество осадков при связывании и поливе бобовых, достаточное количество питательных веществ и хорошее содержание растений, масса в 1000 зерен в таких случаях достигает максимальных значений для этого сорта и оказывает определенное влияние на количество урожая.

Масса 1000 зерен является довольно стабильным признаком и мало зависит от других частей структуры урожая. Эта ситуация была подтверждена нашим опытом. Из-за генетических свойств сорта масса 1000 зерен изменяется значительно, чем климатические условия.

Изучаемые сорта причисляются к группе среднесемянных, к ним относятся сорта Приво 1 и Волгоградский 10, масса 1000 зерен в среднем за 3 года у них составила 238-243 граммов. Наиболее крупное зерно образовалось у крупносемянных сортов Волжанин 50 и Волжанин – 324 г и 304 г соответственно (рисунок 3).

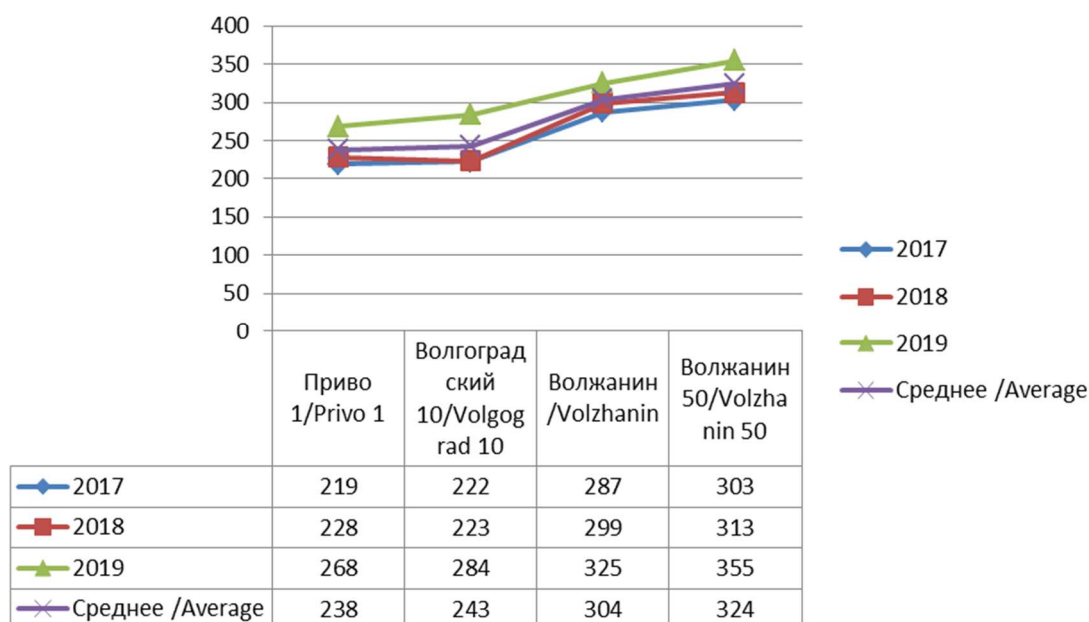


Рисунок 3 – Масса 1000 зерен, г

Figure 3 – Weight of 1000 grains, g

Различные гидротермические факторы влияют на продуктивность растений данной культуры, которые напрямую взаимосвязаны с крупностью и числом зерен у растения. Этап цветения и происхождения бобов у нута долгий, по этой причине у растения можно отметить зерно всевозможной крупности, поэтому выполненное и крупное – это первое зерно. Формирующее зерно к концу данного периода формируется намного мельче.

На растении можно увидеть зерно различной крупности, зависит это того, что период цветения и образования бобов у этой культуры длительный. Первое зерно, наиболее крупное, прекрасно выполнено. Формирующее зерно в конце данного периода формируется намного мельче.

По годам исследования в среднем по массе зерна с растения выделился сорт Волжанин 50, продуктивность которого составила 18,8 граммов. У Приво 1 масса зерна с растения была 18,2 г (рисунок 4).

Для Нижнего Поволжья при возделывании нута получение повышенного урожая не гарантируется. В данной зоне в период вегетации нута по среднему выпадает 100..120 мм осадков, по годам бывает и ниже. Повышение метеорологических факторов приходится на период формирования семян. Увеличение урожайности нута возможно, если только помочь растению избежать пагубного периода засухи. Это можно осуществить агротехническим путем и селекционным, в результате – происходит накопление и рациональное использование влаги. Необходимо наладить производство и использование скороспелых сортов, способных отступать от разрушительного влияния засухи. В данной работе приведены данные по урожайности сортов Волгоградской селекции.

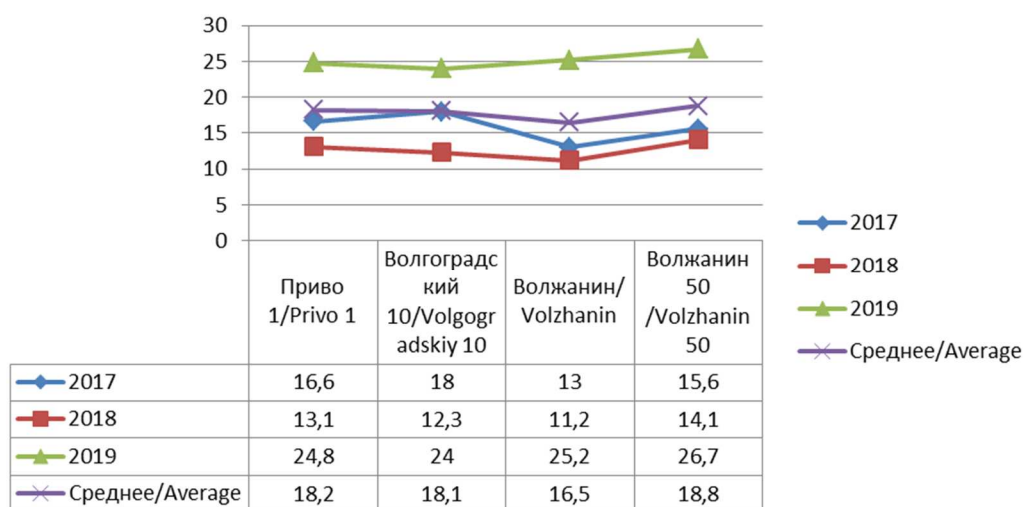


Рисунок 4 – Масса зерна с растения, г

Figure 4 – Grain weight per plant, g

Урожайность нута – показатель сильно меняющийся. Большие изменения в урожайности в годы исследования – результат действия условий окружающей среды на элементы ее образующие.

Проведенные опыты показали, что урожайность изменялась в больших границах по годам и сортам. В условиях 2017 года наиболее большую урожайность представил районированный сорт Волгоградский 10 – 2,30 т/га, а наиболее низкая была у сорта Волжанин – 1,81 т/га. Разница в урожайности между ними составила 0,49 т/га. Сорт Волжанин в этом году уступил по продуктивности сорту Приво 1 – 0,29 т/га. Продуктивность остальных сортов была на уровне 1,81 – 2,30 т/га (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность, т/га

Table 1 – Yield, t / ha

Сорта / Varieties	Годы / Years			Среднее / Average
	2017	2018.	2019	
Приво 1 / Privo 1	2,10	1,92	3,93	2,65
Волгоградский 10 / Volgograd 10	2,30	1,97	3,64	2,64
Волжанин / Volzhaniin	1,81	1,62	3,48	2,30
Волжанин 50 / Volzhaniin 50	2,20	2,06	3,88	2,71

Проведенные исследования продемонстрировали, что урожайность изменялась в значительных границах по сортам. В условиях 2018 года самую высокую урожайность показал новый районированный сорт Волжанин 50 – 2,06 т/га. Сорт Приво 1 в этом году уступил по продуктивности новому сорту 0,14 т/га, а Волжанин – 0,44 т/га. Продуктивность остальных сортов составляла 1,62 – 2,06 т/га.

В условиях 2019 года наиболее высокую урожайность показал сорт Приво 1 – 3,93 т/га. Новый районированный сорт Волжанин 50 в этом году уступил по продуктивности сорту Приво 1 – 0,05 т/га. Продуктивность остальных сортов составляла 3,48-3,88 т/га.

На основании исследований можем сделать заключение: для каштановых почв в среднем в годы изучения по составу хозяйственно-ценным отличиям выделился новый районированный сорт Волжанин 50, ниже на 0,41 т/га оказался сорт Волжанин. У остальных сортов урожайность составила от 2,30 до 2,71 т/га.

Выводы. В последние годы усилилось внимание к сортам с наиболее крупным зерном. Подводя итог исследований сортов волгоградской селекции, отмечаем, что гидротермическая обстановка повлияла на крупность зерна. По данным изученных сортов следует сделать вывод, что новый сорт Волжанин 50 превысил урожайность и размер семян стандартного сорта и продолжительность вегетации и высота растений не ниже сорта Волгоградский 10. В Волгоградской области к посеву на светло-каштановых землях, прежде всего, можно рекомендовать новый сорт Волжанин 50 и ранее районированные Волжанин, Волгоградский 10 и стандарт Приво 1, которые по урожайности уступали незначительно.

Библиографический список

1. Балашов В. В., Булынец С. В., Балашов А. В. Результаты селекции и семеноводства нута в Нижнем Поволжье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2010. № 4. С. 17-21.
2. Балашов В. В., Балашов А. В. Волгоградский нут. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2013. 108 с.
3. Балашов В. В., Балашов А. В., Малахова А. А. Влияние гидротермических условий на элементы структуры урожая и урожайность сортов нута на каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2. С. 17-23.
4. Васильченко С. А., Метлина Г. В. Влияние технологических приемов возделывания на урожайность нута в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2020. № 3(69). С. 32-37.
5. Васильченко С. А., Метлина Г. В., Нехорошова Н. В. Влияние метеорологических условий на урожайность и содержание белка в зерне нута при возделывании в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2017. № 4. С. 48-53.
6. Вишнякова М. А. Коллекция генетических ресурсов зернобобовых ВИР как неотъемлемая составляющая основы продовольственной, экологической и биоресурсной безопасности // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 3. С. 29-32.
7. Волжанин 50 – новый перспективный сорт нута / А. В. Балашов, В. В. Балашов, А. А. Малахова, Д. А. Мартынов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2. С. 69-75.
8. Германцева Н. И., Селезнева Т. В. Селекция нута на крупность семян // Аграрный вестник Юго-Востока. 2018. № 2. С. 6-8.
9. Гринько А. В., Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и водопотребление нута в богарных условиях // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 4. С. 92-98.
10. Зернобобовые культуры - важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства / В. И. Зотиков, Т. С. Наумкина, Н. В. Грядунова, В. С. Сидоренко, В. В. Наумкин // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). С. 6-13.
11. Особенности селекции нута в Поволжье / В. И. Жужукин, В. С. Горбунов, С. А. Зайцев, Д. П. Волков // Зерновое хозяйство России. 2017. № 6. С. 21-24.
12. Оценка устойчивости к фузариозу коллекционного и селекционного материала нута / В. И. Сичкар, И. В. Бабаянц, С. М. Пасичник, А. И. Кривенко, М. А. Бушулян // Зернобобовые и крупяные культуры. 2018. № 1. С. 67-76.
13. Isolation and Characterisation of Rizobium from Chickpea (Cicer arietinum) / Zeenat Wadhwa, Vivek Srivastava, Raj Rani, Tanvi, Kanchan Makkar and Sumit Jangra // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2017. V. 6. No 11. Pp. 2880-2893.
14. Maqbool M. A., Aslam M., Ali N. Breeding for improved drought tolerance in Chickpea (Cicer arietinum L.) // Plant Breeding. 2017. V. 136. P. 300-318.

Conclusions. In recent years, attention has increased to the varieties with the largest grain. Analyzing the result, according to the study of varieties of the Volgograd selection, it was determined that the hydrothermal environment affected the grain size. According to the

data of the studied varieties, it should be concluded that the new variety Volzhanin 50 prevailed in terms of yield and seed size of the standard variety, and in terms of vegetation duration and plant height, it was not inferior to the variety Volgogradsky 10. For sowing on light chestnut soils in the Volgograd region, first of all, we can recommend the new variety Volzhanin 50, and the previously zoned Volzhanin, Volgogradsky 10 and standard Privo 1, which were not significantly inferior in yield.

References

1. Balashov V. V., Bulynceva S. V., Balashov A. V. Rezul'taty selekcii i semenovodstva nuta v Nizhnem Povolzh'e // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2010. № 4. P. 17-21.
2. Balashov V. V., Balashov A. V. Volgogradskij nut. Volgograd: FGBOU VPO Volgogradskij GAU, 2013. 108 p.
3. Balashov V. V., Balashov A. V., Malahova A. A. Vliyanie gidrotermicheskikh uslovij na jelementy struktury urozhaya i urozhajnost' sortov nuta na kashtanovykh pochvakh Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2. P. 17-23.
4. Vasil'chenko S. A., Metlina G. V. Vliyanie tehnologicheskikh priemov vozdeleyvaniya na urozhajnost' nuta v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 3(69). P. 32-37.
5. Vasil'chenko S. A., Metlina G. V., Nehoroshova N. V. Vliyanie meteorologicheskikh uslovij na urozhajnost' i sodержanie belka v zerne nuta pri vozdeleyvanii v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 4. P. 48-53.
6. Vishnyakova M. A. Kollekcija geneticheskikh resursov zernobobovykh VIR kak neot'emlemaya sostavlyayushchaya osnovy prodovol'stvennoj, jkologicheskoy i bioresurnoj bezopasnosti // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2017. № 3. P. 29-32.
7. Volzhanin 50 - novyj perspektivnyj sort nuta / A. V. Balashov, V. V. Balashov, A. A. Malahova, D. A. Martynov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 2. P. 69-75.
8. Germanceva N. I., Selezneva T. V. Selekcija nuta na krupnost' semyan // Agrarnyj vestnik Yugo-Vostoka. 2018. № 2. P. 6-8.
9. Grin'ko A. V., Voshedskij N. N., Kulygin V. A. Vliyanie jlementov tehnologii vozdeleyvaniya na urozhajnost' i vodopotreblenie nuta v bogarnykh usloviyakh // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 4. P. 92-98.
10. Zernobobovye kul'tury - vazhnyj faktor ustojchivogo jkologicheskogo orientirovannogo sel'skogo hozyajstva / V. I. Zotikov, T. S. Naumkina, N. V. Gryadunova, V. S. Sidorenko, V. V. Naumkin // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2016. № 1 (17). P. 6-13.
11. Osobennosti selekcii nuta v Povolzh'e / V. I. Zhuzhukin, V. S. Gorbunov, S. A. Zajcev, D. P. Volkov // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2017. № 6. P. 21-24.
12. Ocenka ustojchivosti k fuzariozu kollekcionnogo i selekcionnogo materiala nuta / V. I. Sichkar', I. V. Babayanc, S. M. Pasichnik, A. I. Krivenko, M. A. Bushulyan // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2018. № 1. P. 67-76.
13. Isolation and Characterisation of Rizobium from Chickpea (*Cicer arietinum*) / Zeenat Wadhwa, Vivek Srivastava, Raj Rani, Tanvi, Kanchan Makkar and Sumit Jangra // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2017. V. 6. No 11. P. 2880-2893.
14. Maqbool M. A., Aslam M., Ali N. Breeding for improved drought tolerance in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) // Plant Breeding. 2017. V. 136. P. 300-318.

Author's Information

Balashov Vasily Vasilyevich, Professor of the Department of Plant Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave. 26), Doctor of Agricultural Sciences, Professor.

Balashov Andrey Vasilievich, Associate Professor, Senior Researcher of the Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (RF, Astrakhan Region, Chernoyarsk District, Solenoe Zaymishche village) Doctor of Agricultural Sciences.

Malakhova Alla Aleksandrovna, Head of the Chickpea Breeding Department "Center for Breeding and Seed Production", Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), Candidate of Agricultural Sciences. **E-mail:** malachovaavilov@mail.ru

Balashov Vasily Andreevich, bachelor of the Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26).

Информация об авторах

Балашов Василий Васильевич, профессор кафедры «Растениеводство селекция и семеноводство» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

Балашов Андрей Васильевич, старший научный сотрудник Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН (РФ, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище), доктор сельскохозяйственных наук, доцент.

Малахова Алла Александровна, заведующий отделом селекции нута центра селекции и семеноводства Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук. **E-mail:** malachovaavilov@mail.ru

Балашов Василий Андреевич, бакалавр Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский д. 26).

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

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE AGRICULTURAL SYSTEMS BALANCE IN AREAS OF INSUFFICIENT HUMIDIFICATION

A.M. Belyakov, M.V. Nazarova

Federal State Budget Scientific Institution

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

Received 01.10.2020

Submitted 08.12.2020

Summary

The article identifies the problem of forming ecologically balanced agricultural landscapes in areas with insufficient moisture, studies of various ways of land resources using in the dry-steppe zone of dark chestnut soils of the Volgograd region, a system of criteria for evaluating the farming systems balance has been developed and tested.

Abstract

Introduction. Anthropogenic impact on land-use territories can lead to both positive and negative results in terms of soil fertility reproduction, water, soil and air pollution. Researches on the problem of agrolandscapes show a high correlation between their agroecological state and the applied agricultural technologies and farming systems. The research relevance lies in the study of processes and changes occurring in agricultural landscapes under the applied agricultural technologies and the method of using land resources (farming systems) influence. **Object.** The research objects are agricultural systems and agricultural landscapes of the Don river right bank dry-steppe zone in the Volgograd region, formed under the three types of agricultural technologies influence. **Materials and methods.** Real agricultural landscapes of the dry steppe zone of chestnut soils of two Serafimovichskij district agricultural enterprises and one in the Kletskij district were used as experimental observation sites. The methodological research is based on the Russian scientists' developments in the field of studying the agricultural landscapes and farming systems ecological balance (Isachenko A.G., 1992, Pavlovskij E.S., 1973, Konstantinov P.N., 1952, Goryanskij M.M., 1970). We used methods of long-term field observations, collection, analysis of experimental material using balance calculations and conclusions formulation with access to the applied research field. **Results and conclusions.** The indicators system that characterize objective state and ecological balance of the agricultural systems and agricultural landscapes insufficient moisture zone is defined. A methodology for evaluating the agricultural systems balance in points and relative units has been developed and tested. The applied farming systems comparative balance on 3 land-use objects was evaluated using 7 types of criteria according to the

Gostev A.V. et al. method. It was revealed that all objects in the sum of criteria do not meet the balanced farming systems and only object 3 had 5 compliance indicators and was very close to the requirements of environmental compliance. The main conclusion of the research is consist that the most balanced agricultural landscape of 4 points according to a number of environmental criteria, such as the nutrients return, the water and wind erosion control on arable land, and water conservation is formed with direct seeding technology, but it is inferior to other agricultural technologies types in terms of products per unit area reproduction and soil compaction density. Classical and combined agricultural technologies are inferior to direct seeding technologies in a number of indicators. The research results can be used as the basis for a system of rationing for agricultural technologies and farming systems in the dry-steppe chestnut soils zone.

Key words: *agricultural landscape, farming system, system of criteria, agroecological assessment, balancing.*

Citation. Belyakov A.M., Nazarova M.V. Agroecological assessment of the agricultural systems balance in areas of insufficient humidification. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 45-52 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-04.

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

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

УДК 631.11:502.7

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СБАЛАНСИРОВАННОСТИ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЗОНАХ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

А. М. Беляков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
М. В. Назарова, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 01.10.2020

Дата принятия к печати 08.12.2020

Актуальность. Антропогенное воздействие на территории землепользования может приводить как к положительным, так и к отрицательным результатам в отношении воспроизводства почвенного плодородия, загрязнения воды, почвы и воздуха. Исследования по проблеме агроландшафтов свидетельствуют о высокой зависимости их агроэкологического состояния от применяемых агротехнологий и систем земледелия. Актуальность исследований состоит в изучении процессов и изменений, протекающих в агроландшафтах под воздействием применяемых агротехнологий и способа использования земельных ресурсов (систем земледелия). **Объект.** Объекты исследований – системы земледелия и агроландшафты сухостепной зоны правобережья реки Дон Волгоградской области, сформированные под воздействием трех типов агротехнологий. **Материалы и методы.** В качестве опытных площадок наблюдений использовались реальные агроландшафты сухостепной зоны каштановых почв двух сельскохозяйственных предприятий Серафимовичского района и одного предприятия Клетского района. В основу методических исследований легли разработки российских ученых в области исследования экологической сбалансированности агроландшафтов и систем земледелия (Исаченко А. Г., 1992, Павловский Е. С., 1973, Константинов П. Н., 1952, Горянский М. М., 1970). Использовались методы длительных полевых наблюдений, сбора, анализа экспериментального материала с применением балансовых расчетов и формулирования выводов с выходом в сферу прикладных исследований. **Результаты и выводы.** Определена система показателей, характеризующих объективное состояние и экологическую сбалансированность систем земледелия и агроландшафтов зоны недостаточного увлажнения. Разработана и апробирована методика оценки сбалансированности систем земледелия в баллах и в относительных единицах. Проведена оценка сравнительной сбалансированности применяемых систем земледелия на 3-х объектах землепользования с

использованием 7 видов критериев по методике Гостева А. В. и др. Установлено, что все объекты по сумме критериев не соответствуют сбалансированным системам земледелия и только объект 3 имел 5 показателей соответствия и был очень близок к требованиям экологического соответствия. Основной вывод по результатам исследований заключается в том, что наиболее сбалансированный агроландшафт в 4 балла формируется при технологии прямого посева по ряду экологических критериев, таких как возврат элементов питания, проявление водной и ветровой эрозии на пашне, влагосбережение, но уступает другим видам агротехнологий по воспроизводству продукции с единицы площади и плотности сложения почвы. Классическая и комбинированная агротехнологии по ряду показателей уступают технологии прямого посева. Результаты исследований могут быть положены в основу системы нормирования для агротехнологий и систем земледелия сухостепной зоны каштановых почв.

Ключевые слова: агроландшафты, системы земледелия, агроэкологическая оценка систем земледелия, сбалансированность систем земледелия.

Цитирование. Беляков А. М., Назарова М. В. Агроэкологическая оценка сбалансированности систем земледелия в зонах недостаточного увлажнения. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 45-52. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-04.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современной науке под системами земледелия понимается способ использования земельных ресурсов в целях производства продукции и сохранения окружающей среды. Очевидным является то, что антропогенное воздействие на территории землепользования может приводить как к положительным, так и к отрицательным результатам в отношении воспроизводства почвенного плодородия, загрязнения воды, почвы и воздуха.

История земледелия свидетельствует о большом эволюционном пути совершенствования способов использования земельных ресурсов, в том числе и на юге РФ – от примитивных до адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Однако научный поиск системы рационального землепользования продолжается, в том числе через агроэкологическую оценку агроландшафтов и систем земледелия.

По данной проблеме имеются ряд работ известных коллективов: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ, Воронежского ГАУ и ВНИАЛМИ, однако качественного научного продукта по оценке агроландшафтов и систем земледелия пока не получено.

В практике научного поиска при анализе систем земледелия и агроэкологического состояния агроландшафтов, как правило, применяются многочисленные показатели, которые по-разному характеризуют количественные и качественные изменения и не дают объективной оценки изучаемого объекта. Исследования процессов, протекающих в агроландшафтах, связей между его элементами под воздействием агротехнологий и систем земледелия предполагают разработку более объективной системы критериев агроэкологической оценки их состояния [11, 12]. Данная работа является попыткой решения данной проблемы и в этой связи претендует на актуальность.

Материалы и методы. Исследования проводились на основе разработок российских ученых (Кирюшин В. И., 1996; Масютенко Н. П., Еремина Р. Ф., 2000; Исаченко А. Г., 1992; Лопырев М. И., 2012; Масютенко Н. П., 2000, 2004; 2005; Кирюшин В. И., Иванов А. Л., 2005) [2, 3, 5, 6, 9, 10] методом получения информации с объектов наблюдения, методом исследования космоснимков, и опирались на методики, разработанные ВНИАЛМИ,

Всероссийским НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, Российским научно-исследовательским институтом информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, Константинова П. Н., Горянского М. М., а также методик Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1985 г.) [1, 4, 7, 9].

В задачу входило: исследовать фактическое состояние ландшафтов и систем земледелия сухостепной зоны Волгоградской области, провести наблюдения на специально выделенных площадках, собрать экспериментальный материал, определить систему критериев агроэкологической оценки состояния агроландшафтов, разработать количественные параметры формирования экологически сбалансированных систем земледелия для условий недостаточного увлажнения юга РФ.

В качестве объектов исследований использовались системы земледелия и агроландшафты сухостепной зоны правобережья реки Дон Волгоградской области, сформированные под воздействием трех типов агротехнологий.

Результаты и обсуждение. Системы земледелия, как правило, формируются под воздействием или с учетом почвенно-климатических ресурсов, рельефа местности и эрозионной предрасположенности территории. Но наиболее существенное влияние на способ использования земель с.-х. назначения, и особенно пашни, оказывают агротехнологии, имеющие ряд факторов прямого воздействия (организация и обустройство территории, структура посева, пропорция угодий с.-х. назначения) и в итоге определяющие экологическую сбалансированность и устойчивость агроландшафта [3, 7, 8].

Таким образом, обозначенный комплекс факторов и особенно агротехнологии способствуют формированию уровня сбалансированности систем земледелия [2, 8, 10].

Системы земледелия предлагаем оценивать в баллах по шкале сбалансированности (5 баллов – абсолютно сбалансирована, 4 балла – сбалансирована, 3 балла – средне сбалансирована, 2 балла – сбалансирована удовлетворительно, 1 балл и менее – не сбалансирована).

Результаты исследований показали, что уровень применения удобрений на объекте 2 с комбинированной технологией выше на 21 кг туков, чем на объекте 1 с классической технологией, но ниже на 37 кг, чем на объекте 3 с технологией прямого посева. Разница в применении удобрений между объектами 3 и 1 составила 58 кг туков на 1 га пашни (таблица 1).

Плотность почвы к сбору урожая на всех стационарных площадках примерно равная, но с большим уплотнением (на 0,2-0,3 г/см³) при технологии прямого посева.

Самые лучшие весенние влагозапасы почвы в метровом слое (138 мм) получены по комбинированной технологии, наименьшие (124 мм) – по технологии прямого посева. К уборке отмечалось преимущество за технологией без обработки почвы (42 мм) и наименьший уровень влагозапасов (16 мм) по классической технологии.

Водная и ветровая эрозия проявилась на классической технологии – 16,1 и 24,6 % соответственно от площади пашни. Там, где применялась технология прямого посева, эти два бедствия не наблюдались. Комбинированная технология по ряду показателей занимала промежуточное значение.

Полученные данные свидетельствуют о преимуществе по уровню продуктивности комбинированной технологии.

В целом, можно сделать вывод, что интенсивность использования пахотных земель высокая при классической и комбинированной технологиях и средняя при прямом посеве. Наибольшая сбалансированность и устойчивость агроландшафта достигается только при технологии прямого посева, средняя – при комбинированной и низкая – при классической.

Таблица 1 – Результаты агроэкологической оценки сбалансированности способов использования земельных ресурсов сухостепной зоны Волгоградской области (среднее за 2016-2019 гг.)

Table 1 – Agroecological evaluation results of land resources using ways in the Volgograd region dry-steppe zone (average for 2016-2019)

№	Показатели / Indicators	Агротехнология / Agricultural technology		
		классическая (объект 1) / classic (object 1)*	комбинированная (объект 2) / combination (object 2)*	прямой посев (объект 3) / direct sowing (object 3)*
1	Площадь обрабатываемой пашни, га / Area of arable land under cultivation, ha	14176	13690	10321
2	Площадь чистого пара, га / Area of pure steam, ha	5424	3610	-
3	Урожайность зерновых (озимая пшеница), т/га / Productivity of grains (winter wheat), t / ha	3,23	4,41	2,03
4	Урожайность масличных (подсолнечник, сафлор, лен), т/га / Productivity of oilseeds (under-sunflower, safflower, flax) , t / ha	1,36	1,62	0,98
5	Водная эрозия почвы/ дефляция (2015 г.), % к пашне / Water soil erosion / deflation (2015), % of arable land	16,8/24,6	10,2/10,2	3,1/0,08
6	Коэффициент выпашанности, ед. / Coefficient of plowing, units	0,71	0,68	0,67
7	Общая лесистость территории, % / The total forest cover of the territory, %	4,21	4,18	3,47
8	Средний уровень ранневесенних влагозапасов в 1-м слое почвы, мм / The average level of spring moisture reserves in the 1st soil layer, mm	132	138	124
9	Уровень влагозапасов в 1-м слое почвы к уборке, мм / The level of moisture reserves in the 1st soil layer for harvesting, mm	16	27	42
10	Количество химических обработок, шт. / The number of chemical treatments, pcs	2-3	3-4	5-6
11	Тип основной обработки почвы / Type of primary tillage	отвал с плугом / plow blade	комбинированный / combined	без обработки / without tillage
12	Внесено удобрений, туков /га / Fertilizers applied, kg, tuks, / ha	26	47	84
13	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	1,24	1,25	1,27
14	Сбалансированность агроландшафта и системы земледелия, балл / Balance of the agricultural landscape and farming system, point	2 удовлетворительно сбалансированы / satisfactorily balanced	3 средне сбалансированы / average balanced	4 сбалансированы / balanced

* объект 1– СПК «Черенский», объект 2 – КФХ Исаева В.В., объект 3 – АО «Усть-Медведицкое» / object 1 – АРК «Cherensky», object 2 – PF Isaeva V.V., object 3 –JSC «Ust-Medvedickoe»

Была проведена также оценка сбалансированности систем земледелия, применяемых в исследуемых объектах по методике Гостева А. В. [8]. Использовалось 7 видов критериев.

По структуре посева:

Рассчитывалась математическим методом по наличию культур в посевах, неприемлемых к возделыванию в данных почвенно-климатических условиях и степени разнообразия возделываемых культур. Объект 1 – 2 балла, объект 2 – 3 балла, объект 3 – 4 балла.

По системе севооборотов:

Определялось соотношением числа севооборотов к числу агроландшафтных массивов и степени насыщенности их культурами, размещением их по предшественникам.

Объект 1 – 2 балла, объект 2 – 3 балла, объект 3 – 5 баллов.

По системе основной обработки почвы:

Итоговая оценка выставлялась по соотношению соответствия и несоответствия способа обработки почвы.

Объект 1 – 2 балла, объект 2 – 3 балла, объект 3 – 4 балла.

По системе удобрений и применения мелиорантов:

Оценивался баланс органического вещества, приходных и расходных статей гумуса почвы, оптимизация вносимых доз минеральных удобрений, их воздействие и последствие на продуктивность и улучшение почвы, соответствие фактического количества вносимых удобрений расчетным.

Объект 1 – 2 балла, объект 2 – 3 балла, объект 3 – 4 балла.

По системе защиты растений:

Оценивалось наличие комплексного использования средств и методов защиты растений на площади более 50 % посевов, как соответствует уровню пестицидной нагрузки с нормой 4 кг/га – соответствует, 4-7 кг/га – частично соответствует и более 7 кг/га – не соответствует требованиям.

Объект 1 – 1 балл, объект 2 – 3 балла, объект 3 – 4 балла.

По системе лесомелиорации. По данному критерию все объекты имеют 2 балла или частично соответствуют требованиям.

Оценивалась дифференцированность конструкций лесных полос (ЛП), типов ЗЛП, соответствия ассортимента древесных пород по формуле Г. Т. Балакай, 80-99 % – соответствует, 50-79 % – частично соответствует и 20-49 % – не соответствует сбалансированности агролесоландшафтов.

По системе с.-х. техники:

Объект 1 – 2 балла, объект 2 – 4 балла, объект 3 – 4 балла.

Определялась обеспеченность СХП техническими средствами и уровень модернизации. Так, при недостатке от потребности 10 % – соответствует, 10-20 % – частично соответствует и более 20 % – не соответствует.

В итоге **по сумме критериев** первый объект набрал $13 : 7 = 1,86$ балла, второй объект – $21 : 7 = 3,00$ балла и третий объект – $27 : 7 = 3,86$ балла. Таким образом, все объекты по сумме не соответствуют сбалансированным системам земледелия, и только объект 3 (имел 5 показателей соответствия) был очень близок к требованиям соответствия.

Выводы. В результате научных исследований определена система критериев оценки состояния и сбалансированности агроландшафтов и систем земледелия сухостепной зоны каштановых почв. Разработана и апробирована методика определения сбалансированности систем земледелия по балльной системе и в относительных единицах. Проведена оценка сравнительной сбалансированности применяемых систем земледелия 3-х объектов с использованием 7 видов критериев по методике А. В. Гостева. Установлено, что все объекты по сумме критериев не соответствуют сбалансированным системам земледелия и только объект 3 – АО «Усть-Медведицкое» (имел 5 показателей соответствия) был очень близок к требованиям соответствия.

Таким образом, наиболее сбалансированный агроландшафт, в 4 балла, формируется при технологии прямого посева по ряду экологических критериев, таких как возврат элементов питания, сдерживание водной и ветровой эрозии, влагосбережение, но уступает другим видам агротехнологий по воспроизводству продукции с единицы площади и плотности сложения почвы. Классическая и комбинированная агротехнологии по ряду показателей уступают технологии прямого посева. Результаты исследований могут быть положены в основу системы нормирования для агротехнологий и систем земледелия сухостепной зоны каштановых почв.

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, А. В. Кузнецов // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 12. С. 65-70.
3. Кирюшин В. И. Научные предпосылки оптимизации использования земельных ресурсов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 4. С. 7-10.
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. Лопырев М. И., Линкина А. Модернизация систем земледелия на агроландшафтной основе // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2012. № 3. С. 49-56.
6. Лопырев М. И., Недикова Е. В., Харитонов А. А. Агроландшафт как фактор устойчивости землепользования и землеустройства // Вестник Воронежского аграрного университета. 2015. № 4-2(47). С. 179-183.
7. Методологические аспекты формирования экологически сбалансированных агроландшафтов / Н. П. Масютенко, А. В. Кузнецов, М. Н. Масютенко, Г. М. Брескина // Земледелие. 2016. № 7. С. 6-9.
8. 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.
9. Система показателей агроэкологической оценки эродированных черноземов / Н. П. Масютенко, Г. П. Глазунов, А. В. Кузнецов, М. Н. Масютенко // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 11. С. 7-11.
10. Сухой П. А., Морозов А. В., Атаманюк Т. Н. Экологическая оценка агроландшафтных систем на региональном уровне // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2015. Том 1. № 3 (3). С. 6-16.
11. Assessing the environmental impacts of cropping systems and cover crops: Life cycle assessment of FAST, a long-term arable farming field experiment / U. Prechsla, R. Wittwera, V. van der Heijden, G. Lüscher, P. Jeanneret, T. Nemecek // Agricultural Systems. 2017. V. 157. P. 39-50.
12. Reidsma P., Jeuffroy M.-H. Farming systems analysis and design for sustainable intensification: New methods and assessments // Europ. J. Agronomy. 2017. V. 82. P. 203-205.

Conclusions. As a scientific research result, a system of criteria for assessing the state and balance of agricultural landscapes and farming systems in the dry-steppe chestnut soils zone was determined. A method for determining the agricultural systems balance based on a point system and in relative units has been developed and tested. The applied farming systems of 3 objects comparative balance was evaluated using 7 types of criteria according to the Gostev A. V. methodology. It was revealed that all objects in the sum of criteria do not meet the balanced farming systems, and only object 3 – JSC "Ust-Medveditskoe" (had 5 compliance indicators) was very close to the compliance requirements. Thus, the most balanced agricultural landscape of 4 points according to a number of environmental criteria, such as the

nutrients return, the water and wind erosion control on arable land, and water conservation is formed with direct seeding technology, but it is inferior to other agricultural technologies types in terms of products per unit area reproduction and soil compaction density. Classical and combined agricultural technologies are inferior to direct seeding technologies in a number of indicators. The research results can be used as the basis for a system of rationing for agricultural technologies and farming systems in the dry-steppe chestnut soils zone.

References

1. Belyakov A. M. Metody issledovaniya i ocenka sostoyaniya agrolandshaftov suhostepnoj zony Volgogradskoj oblasti // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2018. T. 4(70). № 3. P. 102-108.
2. K razrabotke algoritma formirovaniya i ekologicheski sbalansirovannykh agrolandshaftov v CChZ / N. P. Masyutenko, G. M. Breskina, M. N. Masyutenko, A. V. Kuznecov // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2018. T. 32. № 12. P. 65-70.
3. Kiryushin V. I. Nauchnye predposylki optimizacii ispol'zovaniya zemel'nykh resursov // Vestnik Rossijskoj sel'skoxozyajstvennoj nauki. 2019. № 4. P. 7-10.
4. Kulik K. N., Koshelev A. V. Metodicheskaya osnova agrolesomeliorativnoj ocenki zaschitnykh lesnykh nasazhdenij po dannym distancionnogo monitoringa // Lesotekhnicheskij zhurnal. 2017. T. 7. № 3 (27). P. 104-114.
5. Lopyrev M. I., Linkina A. Modernizaciya sistem zemledeliya na jekologo-landshaftnoj osnove // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 3. P. 49-56.
6. Lopyrev M. I., Nedikova E. V., Haritonov A. A. Agrolandshaft kak faktor ustojchivosti zemlepol'zovaniya i zemleustrojstva // Vestnik Voronezhskogo agrarnogo universiteta. 2015. № 4-2(47). P. 179-183.
7. Metodologicheskie aspekty formirovaniya i ekologicheski sbalansirovannykh agro-landshaftov / N. P. Masyutenko, A. V. Kuznecov, M. N. Masyutenko, G. M. Breskina // Zemledelie. 2016. № 7. P. 6-9.
8. Sistema ocenki jekologicheskoy 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.
9. Sistema pokazatelej agroekologicheskoy ocenki i rodivannykh chernozemov / N. P. Masyutenko, G. P. Glazunov, A. V. Kuznecov, M. N. Masyutenko // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2016. T. 30. № 11. P. 7-11.
10. Suhoj P. A., Morozov A. V., Atamanyuk T. N. i ekologicheskaya ocenka arolandshaftnykh sistem na regional'nom urovne // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. i kologiya i prirodopol'zovanie. 2015. Tom 1. № 3 (3). P. 6-16.
11. Assessing the environmental impacts of cropping systems and cover crops: Life cycle assessment of FAST, a long-term arable farming field experiment / U. Prechsla, R. Wittwera, V. van der Heijden, G. Lüscher, P. Jeanneret, T. Nemeceka // Agricultural Systems. 2017. V. 157. P. 39-50.
12. Reidsma P., Jeuffroy M.-H. Farming systems analysis and design for sustainable intensification: New methods and assessments // Europ. J. Agronomy. 2017. V. 82. P. 203-205.

Author's Information

Belyakov Aleksandr Mikhaylovich, chief research scientist, laboratory of research of agroforest landscapes and adaptive systems of farming, FSC of Agroecology RAS (400062, Volgograd, Prospekt Universitetskij, 97), doctor of agricultural sciences, professor, e-mail: dokbam49@mail.ru

Nazarova Marina Vladimirovna, junior researcher, laboratory of research of agroforest landscapes and adaptive systems of farming, FSC of Agroecology RAS (400062, Volgograd, Prospekt Universitetskij, 97), e-mail: mn1967@list.ru

Информация об авторах

Беляков Александр Михайлович, главный научный сотрудник лаборатории исследования агролесоландшафтов и адаптивных систем земледелия ФНЦ агроэкологии РАН (400062, Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: dokbam49@mail.ru

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

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF WINTER SOFT WHEAT VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE DRY-STEPPE ZONE OF CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

A. V. Zeleney¹, E. P. Sukhareva²

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Federal State Budget Scientific Institution*

*«Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and
Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd*

Received 15.01.2021

Submitted 16.02.2021

Summary

The article presents a comparative assessment of winter soft wheat varieties of Rostov, Krasnodar and Stavropol selection included in the State Register and recommended for cultivation in the Volgograd region. The advantage of winter soft wheat varieties of Stavropol and Rostov selection – Victoria 11, Kaprizulya and Lilit in improving grain quality and yield is established.

Abstract

Introduction. In the Lower Volga region, the main food crop is winter soft wheat. The sown area of this crop in the Volgograd region averages 1.2-1.5 million hectares. About 4 million tons of grain are produced annually. For the 2021 harvest, 1.6 million hectares of winter crops were sown. The correct selection of drought-resistant and winter-hardy varieties of different biological groups contributes to the increase and stabilization of winter wheat grain production. The variety determines the reaction of the crop to agricultural techniques, the level of productivity, and the plasticity to weather conditions. When growing winter wheat, preference is given to valuable and strong varieties. **Object.** The object of research was varieties of winter soft wheat of various selection. **Materials and methods.** Experiments on the study of zoned varieties of winter soft wheat were carried out in the conditions of the dry – steppe zone of the Lower Volga region on chestnut soils with a low humus content in the arable layer – 1.77 %. The content of easily hydrolyzed nitrogen in this layer according to Kornfield is 86.5-99.9 mg, mobile phosphorus and exchangeable potassium according to Machigin, respectively, 24.7-27.5 mg and 329.6-334.8 mg/kg of absolutely dry soil. The average annual precipitation is 325.9 mm. During the growing season of winter wheat (September-October and April-July), an average of 191.7 mm of precipitation fell. The total precipitation for the 2017-2018; 2018-2019 and 2019-2020 agricultural years, respectively, was 391; 388.3 and 274 mm, for the growing season of winter wheat, respectively, 183.3; 182.4 and 137.5 mm. The predecessor was pure steam. Sowing was carried out in the first decade of September at a seeding rate of 3.5 million pieces of germinating seeds per 1 ha with the SZ-3.6 seeder. The area of the experimental plot was 180 m², the repetition was three-fold. In the experiment, 11 intensive and semi-intensive varieties of winter soft wheat were studied – Ermak (St), Kapitan, Kaprizulya, Lilit, Donera, Victoria 11, Olymp, Stavka, Antonina, Bezostaya 100, Gurt. The technology of winter wheat cultivation corresponded to the zonal recommendations. Observations, records and analyses were carried out according to the methodology of the state variety testing. **Results and Conclusions.** The largest areas of winter soft wheat sowing in 2020 were occupied by the Ermak standard variety – 120,633 hectares. As a result, the maximum number of seeds of this variety was obtained – 20670.7 tons, of which a large share fell on the lower categories 1-4 reproductions – 19704.3 tons, on the elite – 887.4 and original seeds – 79 tons. Also, high areas were occupied for sowing varieties included in the State Register and recommended for cultivation in the Volgograd region since 2015: Kapitan – 54158 ha, Victoria 11 – 38356 ha, Krasa Dona – 38014 ha and Lilit – 24978 ha. These varieties also had a high seed production, respectively, only 10714.4; 7008.4; 6481.3 and 4543.6 tons, of which a large share was occupied by seeds of lower 1-4 reproductions. The fewest new varieties included in the State Register in 2019-2020 were sown: Stat – 7 ha, Elanskaya – 25 ha and Elanchik – 43 ha, respectively, and the seed production of these varieties was insignificant – 2, 6 and 5 tons, but they were elite and original. The largest number of original seeds produced in 2020 by seed farms of the region of the Victoria 11 variety – 88 tons, elite – Lilit – 748.9 tons. Production of original seeds of such varieties as Donera, Anto-

nina, Gurt, Bezostaya 100, Graf, Soberbash, Stat, Anastasia was stopped this year. The highest content of raw protein in grain was provided in the varieties of Stavropol selection – Olymp, Victoria 11 and Stavka, respectively, 13.6; 13.7 and 14.1 %. Also, the crude protein content was higher than the control in the varieties of Rostov selection Donera, Kaprizulya and Lilit, respectively, by 0.3, 0.6 and 0.7 %, and the varieties of Krasnodar selection Bezostaya 100 – by 0.5 %. The highest amount of raw gluten was provided in the grain of the Stavropol selection varieties Stavka, Olymp and Victoria 11, respectively 30; 30.2 and 30.4 %. The high content of gluten was observed in the varieties of the Rostov selection Lilit and Donera, respectively, 28.5 and 28.7 %. Two varieties of the Rostov selection – Kapitan and Kaprizulya – also exceeded the standard by 1.2 and 1.6 %, respectively, and Krasnodar – Bezostaya 100 – by 0.8 %. The best indicators of vitreousness were observed in the varieties of the Stavropol selection Olymp, Stavka and Victoria 11, respectively, 80, 81 and 83 %. Bezostaya 100 in terms of grain vitreousness exceeded the control version by 2%, and the varieties Kaprizulya and Lilit – by 3 %. The most performed grain was in the varieties of Rostov selection Lilit and Kaprizulya, Stavropol – Victoria 11 and Krasnodar – Bezostaya 100, respectively 801; 802; 800 and 801 g/l. Varieties of the Rostov selection of Doner also exceeded the control by 2 % by the nature of the grain. On average, the highest yield of winter wheat was provided in the varieties Kaprizulya, Lilit, Bezostaya 100 and Victoria 11, respectively, 3.22, 3.21, 3.21 and 3.19 t/ha. The remaining winter wheat varieties had the same yield as the control variant.

Key words: winter soft wheat, variety, grain quality, yield, chestnut soil.

Citation. Zelenev A. V., Sukhareva E. P. Evaluation of the effectiveness of winter soft wheat varieties in the conditions of the dry-steppe zone of chestnut soils of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 53-62 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-05.

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

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

УДК 633.11:631.445.51(470.45)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СОРТОВ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

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

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных
мелиораций и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 15.01.2021

Дата принятия к печати 16.02.2021

Актуальность. В Нижнем Поволжье основной продовольственной культурой является озимая мягкая пшеница. Посевные площади этой культуры в Волгоградской области в среднем составляют 1,2-1,5 млн га. Ежегодно получают около 4 млн тонн зерна. Под урожай 2021 года было посеяно 1,6 млн га озимых культур. Повышению и стабилизации производства зерна озимой пшеницы способствует правильный подбор засухоустойчивых и зимостойких сортов разных биологических групп. Сорт определяет реакцию культуры на приемы агротехники, уровень продуктивности, пластичность к погодным условиям. При выращивании озимой пшеницы предпочтение отдают ценным и сильным сортам. **Объект.** Объектом исследований являлись сорта озимой мягкой пшеницы различной селекции. **Материалы и методы.** Опыты по изучению районированных сортов озимой мягкой пшеницы проводили в условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья на каштановых почвах с низким содержанием гумуса в пахотном слое – 1,77 %. Содержание легкогидролизуемого азота в этом слое по Корнфильду – 86,5-99,9 мг, подвижного фосфора и обменного калия – по Мачигину, соответственно 24,7-27,5 мг и 329,6-334,8

мг/кг абсолютно-сухой почвы. Среднегодовое количество осадков 325,9 мм. За вегетационный период озимой пшеницы (сентябрь-октябрь и апрель-июль) в среднем выпадало 191,7 мм осадков. Сумма осадков за 2017-2018; 2018-2019 и 2019-2020 сельскохозяйственные годы, соответственно, составляла 391; 388,3 и 274 мм, за вегетационный период озимой пшеницы, соответственно 183,3; 182,4 и 137,5 мм. Предшественником был чистый пар. Посев проводили в первой декаде сентября при норме высева 3,5 млн шт. всхожих семян на 1 га сеялкой СЗ-3,6. Площадь опытной делянки равнялась 180 м², повторность трехкратная. В опыте изучали 11 интенсивных и полунинтенсивных сортов озимой мягкой пшеницы – Ермак (St), Капитан, Капризуля, Лилит, Донэра, Виктория 11, Олимп, Ставка, Антонина, Безостая 100, Гурт. Технология возделывания озимой пшеницы соответствовала зональным рекомендациям. Наблюдения, учеты и анализы выполняли по методике государственного сортоиспытания. **Результаты и выводы.** Наибольшие площади посева озимой мягкой пшеницы в 2020 году были заняты сортом стандартом Ермак – 120 633 га. В результате было получено максимальное количество семян этого сорта – 20 670,7 т, из которых большая доля приходилась на более низкие категории 1-4 репродукции – 19 704,3 т, на элиту – 887,4 и оригинальные семена – 79 т. Также высокие площади были заняты под посев сортов, включенных в Госреестр и рекомендованных для возделывания в Волгоградской области с 2015 года: Капитан – 54 158 га, Виктория 11 – 38 356 га, Краса Дона – 38 014 га и Лилит – 24 978 га. У данных сортов также было высокое производство семян, соответственно, всего 10 714,4; 7008,4; 6481,3 и 4543,6 т, из которых большую долю занимали семена более низких 1-4 репродукций. Меньше всего было посеяно новых сортов, включенных в Госреестр в 2019-2020 годах: Сталь – 7 га, Еланская – 25 га и Еланчик – 43 га, соответственно и производство семян у этих сортов было незначительным – 2; 6 и 5 т, но они были элитными и оригинальными. Самое большое количество оригинальных семян произведено в 2020 году семеноводческими хозяйствами области сорта Виктория 11 – 88 т, элитных – Лилит – 748,9 т. Было прекращено производство оригинальных семян в этом году таких сортов, как Донэра, Антонина, Гурт, Безостая 100, Граф, Совербаш, Сталь, Анастасия. Самое высокое содержание сырого белка в зерне обеспечивалось у сортов ставропольской селекции – Олимп, Виктория 11 и Ставка, соответственно 13,6; 13,7 и 14,1 %. Также содержание сырого белка было выше контроля у сортов ростовской селекции Донэра, Капризуля и Лилит, соответственно на 0,3; 0,6 и 0,7 % и сорта краснодарской селекции Безостая 100 – на 0,5 %. Самое высокое количество сырой клейковины обеспечивалось в зерне сортов ставропольской селекции Ставка, Олимп и Виктория 11, соответственно 30; 30,2 и 30,4 %. Высокое содержание клейковины отмечалось у сортов ростовской селекции Лилит и Донэра, соответственно 28,5 и 28,7 %. Также превышали стандарт два сорта ростовской селекции – Капитан и Капризуля, соответственно на 1,2 и 1,6 % и краснодарской – Безостая 100, на 0,8 %. Наилучшие показатели стекловидности отмечались у сортов ставропольской селекции Олимп, Ставка и Виктория 11, соответственно 80, 81 и 83 %. Безостая 100 по стекловидности зерна превышала контрольный вариант на 2 %, а сорта Капризуля и Лилит – на 3 %. Наиболее выполненное зерно было у сортов ростовской селекции Лилит и Капризуля, ставропольской – Виктория 11 и краснодарской – Безостая 100, соответственно 801; 802; 800 и 801 г/л. Сорт ростовской селекции Донэра также по натуре зерна превышал контроль на 2 %. В среднем самая высокая урожайность озимой пшеницы обеспечивалась у сортов Капризуля, Лилит, Безостая 100 и Виктория 11, соответственно 3,22; 3,21; 3,21 и 3,19 т/га. У остальных сортов озимой пшеницы урожайность была на уровне с контрольным вариантом.

Ключевые слова: озимая мягкая пшеница, сорта мягкой пшеницы, качество зерна мягкой пшеницы, урожайность озимой мягкой пшеницы, каштановые почвы.

Цитирование. Зеленев А. В., Сухарева Е. П. Оценка эффективности сортов озимой мягкой пшеницы в условиях сухостепной зоны каштановых почв Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2021. 1(61). 53-62. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-05.

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе исследований, а также ознакомились и утвердили окончательный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы не заявляют о конфликте интересов.

Введение. В Нижнем Поволжье основной продовольственной культурой является озимая мягкая пшеница. Она наиболее продуктивна среди всех полевых культур. Посевные площади этой культуры в Волгоградской области в среднем из года в год колеблются и составляют 1,2-1,5 млн га. При средней урожайности озимой пшеницы в регионе 2-2,5 т/га можно ежегодно получать валовые сборы зерна только этой культуры около 4 млн тонн. По данным Комитета сельского хозяйства, в 2020 году Волгоградская область заняла третье место в России по производству зерна озимой пшеницы. На нее приходилось 4,5 млн т из 5,1 млн т зерна, собранного в регионе. Под урожай 2021 года было посеяно 1,6 млн га озимых культур [6, 7, 9, 10, 12].

Повышению и стабилизации производства зерна озимой пшеницы способствует правильный подбор засухоустойчивых и зимостойких сортов. Однако в последнее время в большинстве хозяйств используют сорта, которые были внесены в Госреестр более 10-15 лет назад. Из-за этого в регионе недополучают около 1 млн т зерна. Вовремя корректируя сортовой состав озимой пшеницы в хозяйстве, можно регулировать их посевные площади, сортосмену и сортообновление, в результате чего получать более высокую урожайность данной культуры. Получению повышенных сборов зерна озимой пшеницы способствует подбор нескольких сортов различных биологических групп. Сорт определяет реакцию культуры на приемы агротехники, уровень продуктивности, пластичность к метеорологическим условиям. При выращивании озимой пшеницы предпочтение отдают ценным и сильным сортам [1, 3, 5, 11, 13, 14].

Изучение новых адаптивных высокоурожайных сортов озимой мягкой пшеницы и рекомендация лучших из них для возделывания в хозяйствах Волгоградской области является актуальной задачей современного земледелия.

Материалы и методы. Опыты по изучению районированных сортов озимой мягкой пшеницы проводили в условиях сухостепной зоны Нижнего Поволжья на каштановых почвах с низким содержанием гумуса в пахотном слое – 1,77 %. По гранулометрическому составу почва была тяжелосуглинистая, pH почвенного раствора – 7,4. Валовые запасы общего азота в пахотном слое почвы обеспечивались на уровне 0,1-0,11 %, фосфора – 0,05-0,06 % и калия – 1,57-1,66 %. Содержание легкогидролизуемого азота по Корнфилду – 86,5-99,9 мг, подвижного фосфора и обменного калия – по Мачигину, соответственно 24,7-27,5 мг и 329,6-334,8 мг/кг абсолютно-сухой почвы, что соответствовало очень низкому, среднему и повышенному значениям. Климат зоны проведения исследований резко континентальный с продолжительностью безморозного периода 148-168 дней. Среднегодовое количество осадков 325,9 мм, среднегодовая температура воздуха – +5,9 °С и среднегодовая относительная влажность воздуха – 72 %. За вегетационный период озимой пшеницы (сентябрь-октябрь и апрель-июль) в среднем выпадало 191,7 мм осадков, средняя температура воздуха составляла +14,4 °С и средняя влажность воздуха – 62 %. Сумма осадков за 2017-2018; 2018-2019 и 2019-2020 сельскохозяйственные годы, соответственно, составляла 391; 388,3 и 274 мм, за вегетационный период озимой пшеницы – соответственно, 183,3; 182,4 и 137,5 мм. Предшественником этой культуры был чистый пар. Посев проводили в первой декаде сентября при норме высева 3,5 млн шт. всхожих семян на 1 га сеялкой СЗ-3,6. Площадь опытной делянки равнялась 180 м², повторность трехкратная, размещение вариантов (сортов) – систематическое. Изучали 11 интенсивных и полунтенсивных сортов озимой мягкой пшеницы степного экотипа, которые характеризовались высокой потенциальной продуктивностью, но при неблагоприятных погодных условиях могли снижать урожайность. Это сорта, выведенные в Аграрном научном центре «Донской» (г. Зерноград, Ростовская область): Ермак (St), Капитан, Капризуля, Лилит; в Федеральном Ростовском аграрном научном центре (п. Рассвет Ростовская область): Донэра; в Северокавказском

Федеральном научном аграрном центре (г. Михайловск Ставропольский край): Виктория 11, Олимп, Ставка и Национальном центре зерна имени П. П. Лукьяненко (г. Краснодар): Антонина, Безостая 100, Гурт. Технология возделывания озимой пшеницы соответствовала зональным рекомендациям. Наблюдения, учеты и анализы выполняли по методике государственного сортоиспытания.

Результаты и обсуждение. Повышение валовых сборов озимой пшеницы в Волгоградской области необходимо осуществлять не только за счет наращивания посевных площадей, но и в результате внедрения в хозяйства региона совершенно новых адаптированных к зональным условиям сортов различной селекции и разных биологических групп. Прежде всего, необходимо использовать сорта, которые были включены в Государственный реестр селекционных достижений, допущены к использованию в 8 Нижневолжском регионе и выращены в семеноводческих хозяйствах области в схожих засушливых условиях (таблица 1).

Таблица 1 – Площадь посеянных и произведенных семян сортов мягкой озимой пшеницы в 2020 году, включенных в Госреестр и рекомендованных для возделывания в Волгоградской области с 2015 года

Table 1 – The area of sown and produced seeds of soft winter wheat varieties in 2020 included in the State Register and recommended for cultivation in the Volgograd region since 2015

Сорт / Variety	Год включения в Госреестр / Year of inclusion in the State Register	Площадь посева, га / Seeding area, ha	Произведено категорий семян, т / Produced categories of seeds, t			
			Оригинальные / The original ones	Элитные / Elite	Репродукционные 1-4 / Reproduction 1-4	Всего / Total
Ермак (St) / Ermak (St)	2001	120633	79	887,4	19704,3	20670,7
Виктория 11 / Victoria 11	2015	38356	88	248	6672,4	7008,4
Донэра / Donera	2015	5544	0	130,7	874,9	1005,6
Антонина / Antonina	2016	2689	0	10	415,3	425,3
Гурт / Gurt	2016	199	0	33,3	0	33,3
Капитан / Kapitan	2016	54158	45	82	10587,4	10714,4
Капризуля / Kaprizulya	2016	5424	16	227,4	664,5	907,9
Лилит / Lilit	2016	24978	17,7	748,9	3777	4543,6
Безостая 100 / Bezostaya 100	2017	8022	0	86	1400	1486
Олимп / Olymp	2017	7978	64	450,3	1052,7	1567
Ставка / Stavka	2017	682	16	43,2	65	124,2
Граф / Graf	2018	5838	0	224,5	884,7	1109,2
Краса Дона / Krasa Dona	2018	38014	11,7	618,8	5850,8	6481,3
Арсенал / Arsenal	2019	678	79,6	46	0	125,6
Собербаш / Soberbash	2019	1041	0	166,7	0	166,7
Стать / Stat	2019	7	0	2	0	2
Тимирязевка 150 / Timiryazevka 150	2019	2806	5	487,1	0	492,1
Анастасия / Anastasia	2020	420	0	46,1	0	46,1
Донская Степь / Don Steppe	2020	215	29	10	0	39
Еланская / Elanskaya	2020	25	6	0	0	6
Еланчик / Elanchik	2020	43	5	0	0	5
Жаворонок / Lark	2020	608	41	47	0	88
Секлетия / Sekletiya	2020	256	1	0	50	51

Из данных таблицы видно, что наибольшие площади посева озимой мягкой пшеницы в 2020 году были заняты сортом стандартом Ермак – 120 633 га. В результате было получено максимальное количество семян этого сорта – 20 670,7 т, из которых большая доля приходилась на более низкие категории 1-4 репродукции – 19 704,3 т, на элиту – 887,4 и оригинальные семена – 79 т. Также высокие площади были заняты под посев сортов, включенных в Госреестр и рекомендованных для возделывания в Волгоградской области с 2015 года: Капитан – 54 158 га, Виктория 11 – 38 356 га, Краса Дона – 38 014 га и Лилит – 24 978 га. У данных сортов также было высокое производство семян, соответственно, всего 10 714,4; 7008,4; 6481,3 и 4543,6 т, из которых большую долю занимали семена более низких 1-4 репродукций. Меньше всего было посеяно новых сортов, включенных в Госреестр в 2019-2020 годах: Сталь – 7 га, Еланская – 25 га и Еланчик – 43 га, соответственно, и производство семян у этих сортов было незначительным – 2; 6 и 5 т, но они были элитными и оригинальными. Самое большое количество оригинальных семян произведено в 2020 году семеноводческими хозяйствами области: сорта Виктория 11 – 88 т, элитных – Лилит – 748,9 т. Было прекращено производство оригинальных семян в 2020 году таких сортов, как Донэра, Антонина, Гурт, Безостая 100, Граф, Собербаш, Сталь, Анастасия.

Сорта озимой мягкой пшеницы при строгом соблюдении технологии выращивания способствуют формированию в зерне 32-36,6 % клейковины, что указывает на их первую и вторую группы. Также включенные в Госреестр сорта отвечают требованиям ценной и сильной пшеницы. Ранее исследованиями установлено, что у сорта Лилит количество белка в зерне было на уровне 10,4 %, у сорта Краса Дона этот показатель был на уровне 10,7 %, самое большое количество белка отмечалось у сорта Капитан – 11,5 % [2, 8]. Неблагоприятные условия вегетации, характерные для зоны сухих степей, оказывали значительное влияние на качество зерна озимой пшеницы (таблица 2).

Таблица 2 – Качество зерна сортов мягкой озимой пшеницы, включенных в Госреестр в 2015-2017 гг. (среднее за 2018-2020 гг.)

Table 2 – Grain quality of soft winter wheat varieties included in the State Register in 2015-2017 (average for 2018-2020)

Сорт / Variety	Белок, % / Protein, %	Клейковина, % / Gluten free, %	Стекловидность, % / Vitreous, %	Натура, г/л / Nature, g/l
Ермак (St) / Ermak (St)	12,8	25,9	76	790
Антонина / Antonina	12,2	25,4	73	787
Безостая 100 / Bezostaya 100	13,3	26,7	78	801
Виктория 11 / Victoria 11	13,7	30,4	83	800
Гурт / Gurt	12	24,6	72	788
Донэра / Donera	13,1	28,7	76	792
Капитан / Kapitan	12,1	27,1	77	789
Капризуля / Kaprizulya	13,4	27,5	79	802
Лилит / Lilit	13,5	28,5	79	801
Олимп / Olymp	13,6	30,2	80	786
Ставка / Stavka	14,1	30	81	788

Из данных таблицы видно, что в условиях резко континентального климата сухих степей показатели качества зерна озимой мягкой пшеницы зависят от сортов. Так, самое высокое содержание сырого белка в зерне обеспечивалось у сортов ставропольской селекции – Олимп, Виктория 11 и Ставка, соответственно 13,6; 13,7 и 14,1 %, что выше, чем у сорта стандарта Ермак, на 0,8; 0,9 и 1,3 %. Также содержание сырого белка

было выше контроля у сортов ростовской селекции Донэра, Капризуля и Лилит, соответственно на 0,3; 0,6 и 0,7 %, и сорта краснодарской селекции Безостая 100 – на 0,5 %. Остальные сорта уступали сорту стандарту Ермак, у которого этот показатель равнялся 12,8 %. Следует отметить, что только сорта ставропольской селекции Виктория 11, Олимп и Ставка по содержанию сырого белка в зерне соответствовали второму классу, остальные – третьему.

Самое высокое количество сырой клейковины обеспечивалось в зерне сортов ставропольской селекции Ставка, Олимп и Виктория 11, соответственно 30; 30,2 и 30,4 %, что было выше, чем у сорта стандарта Ермак, где этот показатель равнялся 25,9 %, на 4,1; 4,3 и 4,5 %. Показатели содержания сырой клейковины у этих сортов соответствовали второму классу. Также второму классу по этому показателю соответствовало зерно сортов ростовской селекции Лилит и Донэра, соответственно 28,5 и 28,7 %, что выше, чем в контрольном варианте, на 2,6 и 2,8 %. Остальные сорта по содержанию сырой клейковины соответствовали третьему классу. Из них превышали стандарт два сорта ростовской селекции – Капитан и Капризуля, соответственно на 1,2 и 1,6 % и краснодарской – Безостая 100 – на 0,8 %.

Все сорта озимой мягкой пшеницы по стекловидности зерна соответствовали третьему классу. Так как показатели стекловидности связаны с содержанием в зерне сырого белка и клейковины, то и наилучшие показатели отмечались у сортов ставропольской селекции Олимп, Ставка и Виктория 11, соответственно 80, 81 и 83 %. Безостая 100 по стекловидности зерна превышала контрольный вариант на 2%, а сорта Капризуля и Лилит – на 3 %.

Натура зерна у всех изучаемых сортов озимой мягкой пшеницы была высокой и соответствовала первому классу. Наиболее выполненное зерно было у сортов ростовской селекции Лилит и Капризуля, ставропольской – Виктория 11 и краснодарской – Безостая 100, соответственно 801; 802; 800 и 801 г/л, что выше, чем у сорта стандарта Ермак, на 11; 12; 10 и 11 г/л. Также сорт ростовской селекции Донэра по этому показателю превышал контроль на 2 %. Зерно остальных сортов по сравнению с контрольным вариантом было менее выполненным.

Урожайность районированных сортов озимой пшеницы зависела от складывающихся погодных условий в годы проведения исследований, которые не позволили им проявить свои потенциальные возможности. Ранее проведенными опытами было установлено, что самая высокая хозяйственная урожайность отмечалась у сорта Краса Дона – 5,06 т/га. У сортов Лилит и Капитан этот показатель был, соответственно, на 0,31 и 0,62 т/га ниже, чем у этого сорта [2, 4, 15]. В засушливые годы прибавки урожайности у сортов озимой пшеницы были низкими и даже меньше, чем у сорта стандарта (таблица 3).

Из данных таблицы видно, что, помимо погодных условий, на урожайность сортов озимой пшеницы значительное влияние оказывали их генетические особенности. В 2018 году у озимой пшеницы формировалась самая низкая урожайность, в 2020 году – самая высокая. В условиях 2018 года самая высокая урожайность озимой мягкой пшеницы обеспечивалась у сорта Виктория 11, селекции Северо-Кавказского ФНАЦ Ставропольского края – 3,05 т/га, что выше сорта стандарта Ермак на 0,45 т/га или 17,3 %. Также высокая урожайность обеспечивалась в этом году у сортов Капризуля и Лилит – селекции АНЦ «Донской» Ростовской области и Безостая 100 – селекции Национального центра зерна имени П.П. Лукьяненко Краснодарского края, соответственно 2,94; 2,93 и 2,92 т/га, что было выше контрольного варианта на 0,32-0,34 т/га. В 2019 году наибольшая урожайность озимой пшеницы обеспечивалась у сорта Лилит – 3,16 т/га, что выше сорта стандарта Ермак на 0,35 т/га или 12,4 %. Также существенно превыша-

ли контрольный вариант сорта Капризуля, Безостая 100 и Виктория, соответственно на 0,33; 0,27 и 0,26 т/га. В условиях 2020 года самая высокая урожайность озимой пшеницы формировалась у сорта Безостая 100 – 3,63 т/га, что выше, чем у сорта Ермак на 0,34 т/га или 10,3 %. Также превышали стандарт сорта Капризуля, Лилит и Виктория 11, соответственно на 8,8; 7,6 и 4,9 %. В среднем за три года исследований самая высокая урожайность озимой пшеницы обеспечивалась у сортов Капризуля, Лилит, Безостая 100 и Виктория 11, соответственно 3,22; 3,21; 3,21 и 3,19 т/га, что было выше сорта стандарта Ермак, у которого средняя урожайность равнялась 2,9 т/га, на 0,29-0,32 т/га или 10-11 %. У остальных сортов озимой пшеницы урожайность была на уровне с контрольным вариантом, а ее прибавка в пределах ошибки опыта и не выходила за значение наименьшей существенной разницы.

Таблица 3 – Хозяйственная урожайность сортов мягкой озимой пшеницы, включенных в Госреестр в 2015-2017 гг., т/га

Table 3 – Economic yield of soft winter wheat varieties included in the State Register in 2015-2017, t/ha

Сорт / Variety	2018 г. / 2018	2019 г. / 2019	2020 г. / 2020	Средняя / Average
Ермак (St) / Ermak (St)	2,6	2,81	3,29	2,9
Антонина / Antonina	2,55	2,72	3,26	2,84
Безостая 100 / Bezostaya 100	2,92	3,08	3,63	3,21
Виктория 11 / Victoria 11	3,05	3,07	3,45	3,19
Гурт / Gurt	2,54	2,84	3,26	2,88
Донэра / Donera	2,65	2,89	3,31	2,95
Капитан / Kapitan	2,48	2,96	3,11	2,85
Капризуля / Kaprizulya	2,94	3,14	3,58	3,22
Лилит / Lilit	2,93	3,16	3,54	3,21
Олимп / Olymp	2,54	2,74	3,21	2,83
Ставка / Stavka	2,57	2,76	3,28	2,87
НСР ₀₅ / SSD ₀₅	0,17	0,19	0,15	0,16

Выводы. В условиях сухостепной зоны каштановых почв Волгоградской области в 2020 году больше всего произведено семян новых сортов озимой мягкой пшеницы Капитан, Виктория 11, Краса Дона и Лилит. Прекращено производство оригинальных семян сортов Донэра, Антонина, Гурт, Безостая 100, Граф, Собербаш, Стать и Анастасия. Самыми перспективными сортами мягкой озимой пшеницы, обеспечивающими наибольшую урожайность качественного зерна, являются Виктория 11 – ставропольской селекции, а также Капризуля и Лилит – ростовской селекции.

Библиографический список

1. Агробиологическая оценка сортов озимой пшеницы, выращиваемых в условиях крайне засушливой зоны Ставропольского края / Е. Б. Дрепа [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3(55). С. 134-141.
2. Воронов С. И., Плескачев Ю. Н., Ильяшенко П. В. Основы производства высококачественного зерна озимой пшеницы // Плодородие. 2020. № 2(113). С. 64-66.
3. Гребенников В. Г., Шипилов И. А., Хонина О. В. Урожайность озимой пшеницы и средообразующий потенциал многолетних бобовых трав как фактор биологизации земледелия // Аграрный вестник Урала. 2019. № 10(189). С. 2-8.
4. Ковтун В. И. Урожайность и элементы ее структуры у новых сортообразцов озимой пшеницы // Земледелие. 2014. № 5. С. 43-44.

5. Кочмин А. Г., Богомазов С. В. Агротехнологические приемы повышения продуктивности озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Кормопроизводство. 2016. № 4. С. 61-73.

6. Лаптина Ю. А., Бугреев Н. А., Шарапова Е. А. Продуктивность зерновых культур в богарных условиях на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2019. № 10. С. 27-33.

7. 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(51). С. 158-164.

8. Пасынков А. В., Пасынкова Е. Н. Эффективность прогноза содержания сырой клейковины в зерне пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 4(64). С. 19-26.

9. Рулева О. В., Семинченко Е. В. Влияние предшественников на формирование элементов продуктивности озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья // Аграрная наука. 2019. № 4. С. 68-72.

10. Сравнительная оценка продуктивности сортов озимой твердой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области / В. В. Балашов, В. Н. Левкин, К. В. Левкина, С. С. Полторынкин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3(47). С. 30-36.

11. Туманян А. Ф., Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н. Агротехнологические приемы повышения урожайности озимых и яровых зерновых культур в условиях Астраханской области // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2020. № 1(43). С. 3-6.

12. Урожайность озимой пшеницы на полях, очищенных от горчака ползучего / С. И. Воронов [и др.] // Аграрный научный журнал. 2020. № 7. С. 10-14.

13. Bismukhametov Z., Shakirov R., Sabirova R. Adaptive technologies for intensification of winter wheat grain production in biologized crop rotation // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 17. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700067>.

14. Intensive agricultural technologies of winter wheat cultivation in the Middle Volga region / N. P. Bakaeva [et al.] // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 17. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700054>.

15. Zakharova N., Zakharov N. The ear development time and yield of soft winter wheat in the forest steppe of the Middle Volga Region // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 27. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700023>.

Conclusions. In the conditions of the dry-steppe zone of chestnut soils of the Volgograd region in 2020, the seeds of new varieties of winter soft wheat Kapitan, Victoria 11, Krasa Dona and Lilit were produced the most. The production of original seeds of the varieties Donera, Antonina, Gurt, Bezostaya 100, Graf, Soberbash, Stat and Anastasia has been discontinued. The most promising varieties of soft winter wheat, providing the highest yield of high-quality grain, are Victoria 11 – Stavropol selection, as well as Kaprizulya and Lilit – Rostov selection.

References

1. Agrobiologicheskaya ocenka sortov ozimoy pshenicy, vyraschivaemyh v usloviyah krajne zasushlivoj zony Stavropol'skogo kraja / E. B. Drepa [i dr.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 3(55). P. 134-141.

2. Voronov S. I., Pleskachev Yu. N., Il'yashenko P. V. Osnovy proizvodstva vysokokachestvennogo zerna ozimoy pshenicy // Plodorodie. 2020. № 2(113). P. 64-66.

3. Grebennikov V. G., Shipilov I. A., Honina O. V. Urozhajnost' ozimoy pshenicy i srednootobrazuyushchij potencial mnogoletnih bobovyh trav kak faktor biologizacii zemledeliya // Agrarnyj vestnik Urala. 2019. № 10(189). P. 2-8.

4. Kovtun V. I. Urozhajnost' i jlementy ee struktury u novyh sortootobrazcov ozimoy pshenicy // Zemledelie. 2014. № 5. P. 43-44.

5. Kochmin A. G., Bogomazov S. V. Agrotehnologicheskie priemy povysheniya produktivnosti ozimoy pshenicy v usloviyah lesostepi Srednego Povolzh'ya // Kormoproizvodstvo. 2016. № 4. P. 61-73.

6. Laptina Yu. A., Bugreev N. A., Sharapova E. A. Produktivnost' zernovykh kul'tur v bogarnykh usloviyakh na svetlo-kashtanovykh pochvakh Nizhnego Povolzh'ya // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2019. № 10. P. 27-33.

7. Levkina K. V., Mihal'cheva E. A. Produktivnost' sortov ozimoy tverdoj pshenicy na svetlo-kashtanovykh pochvakh Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3(51). P. 158-164.

8. Pasynkov A. V., Pasynkova E. N. }ffektivnost' prognoza sodержaniya syroy klejkoviny v zerne pshenicy // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 4(64). P. 19-26.

9. Ruleva O. V., Seminchenko E. V. Vliyanie pedshestvennikov na formirovanie]lementov produktivnosti ozimoy pshenicy v usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya // Agrarnaya nauka. 2019. № 4. P. 68-72.

10. Sravnitel'naya ocenka produktivnosti sortov ozimoy tverdoj pshenicy na svetlo-kashtanovykh pochvakh Volgogradskoj oblasti / V. V. Balashov, V. N. Levkin, K. V. Levkina, S. S. Pol'torynkin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2017. № 3(47). P. 30-36.

11. Tumanyan A. F., Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N. Agrotehnologicheskie priemy povysheniya urozhajnosti ozimyyh i yarovyyh zernovykh kul'tur v usloviyakh Astrahanskoj oblasti // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. 2020. № 1(43). P. 3-6.

12. Urozhajnost' ozimoy pshenicy na polyah, ochischennykh ot gorchaka polzuchego / S. I. Voronov [i dr.] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 7. P. 10-14.

13. Bikhmukhametov Z., Shakirov R., Sabirova R. Adaptive technologies for intensification of winter wheat grain production in biologized crop rotation // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 17. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700067>.

14. Intensive agricultural technologies of winter wheat cultivation in the Middle Volga region / N. P. Bakaeva [et al.] // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 17. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700054>.

15. Zakharova N., Zakharov N. The ear development time and yield of soft winter wheat in the forest steppe of the Middle Volga Region // BIO Web of Conferences. 2020. Volume 27. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700023>.

Author's Information

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

Sukhareva Elena Petrovna, Senior researcher of the laboratory of breeding, seed production and nursery management of the Federal research center for Agroecology, complex reclamation and protective afforestation of the Russian Academy of Sciences (Federal Center research for Agroecology of the Russian Academy of Sciences) (Russian Federation, 403013, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 97), candidate of agricultural Sciences, tel. 8-902-380-96-87. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1083-3650> suhareva-e@vfanc.ru

Информация об авторах

Зеленев Александр Васильевич, профессор кафедры «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (Волгоградский ГАУ) (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор сельскохозяйственных наук, тел. 8-905-333-21-68, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922> E-mail: Zelenev.A@bk.ru

Сухарева Елена Петровна, старший научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН) (РФ, 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8-902-380-96-87, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1083-3650> suhareva-e@vfanc.ru

INCREASING THE ADAPTIVITY OF TOMATO PLANTS TO ABIOTIC STRESS FACTORS IN THE APPLICATION OF GROWTH REGULATORS

E.V. Kalmykova¹, N.Yu. Petrov², O.V. Kalmykova²

¹All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 11.02.2021

Submitted 01.03.2021

Abstract

Introduction. The contradictory picture of the modern development of agro-agricultural production predetermines the need for the development of new methods, adapted to the current conditions of land use. The inclusion of plant growth regulators in the complex of agrotechnological measures will increase the stimulating effect on the plant, growth activity, physiological functions and protective reactions of the body associated with increased metabolism, stress resistance to adverse conditions (diseases, pests, frost, drought, etc.) the results of studies on the effect of growth regulators on obtaining a guaranteed yield of high quality tomato. **Object.** The object of the study was a hybrid tomato Fokker F₁. Plant growth regulators - Energia-M, Biodux against the background of N₂₅₀P₁₀₀K₁₂₅ application.

Materials and methods. Studies conducted in laboratory and field experiments (IP Zaitsev V.A. Gorodishchensky district, Volgograd region) in the period from 2014 to 2019 were carried out according to the «Methodology of field experience in vegetable growing». **Results and Conclusions.** It was proved that the studied preparations Energia-M and Biodux stimulated the growth and development of plants, increased the productivity of tomato in severely arid conditions of the Lower Volga region. The productivity potential of the Fokker F₁ hybrid tomato was obtained using the option with pre-sowing seed treatment, as well as foliar treatment of plants during the period of growth and development with Energia-M and Biodux. It is recommended for manufacturers of high-quality vegetable products to widely use these preparations against the background of sufficient mineral nutrition by soaking the seeds before sowing and processing plants during the growing season.

Key words: tomato, plant growth regulator, Energy-M, Biodux, productivity, abiotic stress factors, quality.

Citation. Kalmykova E.V., Petrov N.Yu., Kalmykova O.V. Increasing the adaptivity of tomato plants to abiotic stress factors in the application of growth regulators. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 63-72 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-06.

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

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

УДК 635.65:631.811.98(470.44/.47)

ПОВЫШЕНИЕ АДАПТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ ТОМАТА К АБИОТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ СТРЕССА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА

Е. В. Калмыкова¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Н. Ю. Петров², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О. В. Калмыкова², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

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

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 11.02.2021

Дата принятия к печати 01.03.2021

Актуальность. Противоречивая картина современного развития агросельскохозяйственного производства предопределяет потребность в разработках новых методик, аккомодированных к текущим условиям землепользования. Включение в комплекс агротехнологических мероприятий

применение регуляторов роста растений позволит повысить стимулирующее влияние на растение, ростовую активность, физиологические функции и защитные реакции организма, связанные с усилением обмена веществ, стрессоустойчивость к неблагоприятным условиям (заболевания, вредители, заморозки, засуха и другие). В статье приведены результаты исследований воздействия регуляторов роста на получение гарантированной урожайности томата высокого качества. **Объект.** Объектом исследования являлся гибрид томата Фоккер F₁. Регуляторы роста растений – Энергия-М, Биодукс на фоне внесения N₂₅₀P₁₀₀K₁₂₅. **Материалы и методы.** Исследования, проводимые в условиях лабораторного и полевых опытов (ИП Зайцев В.А. Городищенский район, Волгоградская область) в период с 2014 по 2019 гг., осуществлялись согласно «Методике полевого опыта в овощеводстве». **Результаты и выводы.** Доказано, что изучаемые препараты Энергия-М и Биодукс стимулировали рост и развитие растений, повышали продуктивность томата в острозасушливых условиях Нижнего Поволжья. Потенциал продуктивности томата гибрида Фоккер F₁ был получен на варианте с предпосевной обработкой семян, а также некорневой обработкой растений в период роста и развития препаратами Энергия-М и Биодукс. Рекомендуются производителям высококачественной овощной продукции широко применять данные препараты на фоне достаточного минерального питания путем замачивания семян перед посевом и обработки растений в течение вегетационного периода.

Ключевые слова: томаты, регуляторы роста растений, Энергия-М, Биодукс, урожайность томата, абиотические факторы стресса, качество овощной продукции.

Цитирование. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю., Калмыкова О. В. Повышение адаптивности растений томата к абиотическим факторам стресса при применении регуляторов роста. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 63-72. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-06.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Климатологические многолетние данные температуры говорят о серьезной экологической проблеме – глобальном потеплении.

Фактические данные, накопленные многими исследователями, неопровержимо доказывают и прогнозируют дальнейшее кардинальное потепление климата. Так, для регионов Поволжья по наиболее жесткому сценарию RCP 8.5 при составлении прогнозных изменений средних сумм активных температур (рисунок 1 (а)) можно наблюдать показатели суммы температуры для Волгоградской области на уровне показателей для Астраханской области в данное время. Саратовское Заволжье будет таким же теплым, как сейчас Волгоградская область, а Самарская область и Саратовское Правобережье – как нынешнее Левобережье [8].

Аналогичная ситуация складывается и по прогнозам для значений сумм осадков вегетационного периода сельскохозяйственных культур (рисунок 1 (б)) [8].

Поэтому противоречивая картина современного развития агросельскохозяйственного производства предопределяет потребность в разработках новых методик, аккомодированных к текущим условиям землепользования, то есть обеспечение растений оптимальными условиями влагообеспеченности и питательного режима почвы [1, 6].

За последние годы при возделывании сельскохозяйственных растений большое внимание уделяется приемам, с помощью которых можно воздействовать непосредственно на растительный организм. Особое значение в этом направлении имеет применение различных регуляторов роста растений [1]. Данные препараты оказывают стимулирующее влияние на растение, повышают ростовую активность, физиологические функции и защитные реакции организма, связанные с усилением обмена веществ, стрессоустойчивость к неблагоприятным условиям (заболевания, вредители, заморозки, засуха и другие) [2, 3, 9, 13].

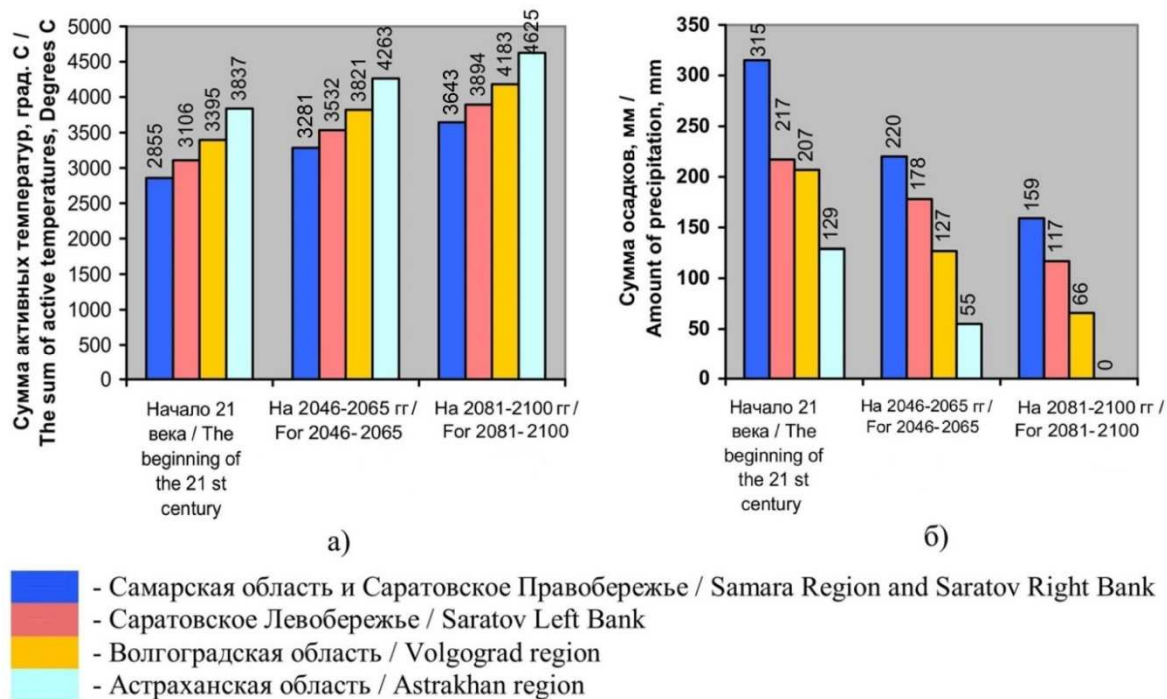


Рисунок 1 – Прогнозные варьирования средних сумм активных температур (а) и средних зональных сумм осадков теплого времени года (б) по сценарию глобального потепления RCP 8.5 для регионов Поволжья [8]

Figure 1 – Predicted variations of average sums of active temperatures (a) and average zonal sums of precipitation in the warm season (b) according to the scenario of global warming RCP 8.5 for the regions of the Volga region [8]

На основании изучения действия соединений на развитие растений ученые различных стран отмечают ряд практических приемов управления жизнедеятельностью растений, рекомендованных для использования в сельском хозяйстве, таких как низкие нормы расхода, экологичность, органическое происхождение и уменьшение нагрузки токсинами на живые и неживые объекты [5, 11, 12].

В зависимости от характера вызываемых препаратами биологических эффектов ассортимент регуляторов роста растений разнообразен. В мире в настоящее время над исследованиями и внедрением новых препаратов работают более 100 компаний: «Bayer CropScience» (Германия), «Valagro SpA» (Италия), «Arysta LifeScience Corporation» (Япония), «Biostadt India Limited» (Индия), «Koppert BV» (Нидерланды) и др. [5].

Инновационные средства защиты растений в нашей стране на 2019 год – более 95 торговых наименований регуляторов роста растений на базе 49 различных соединений препаратов включены в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации».

Современная агробиологическая наука представляет на выбор большую линейку препаратов, таких как Энергия-М, Мивал-Агро, Крезолан, Вигор Форте (на основе ортокрезоксиуксусной кислоты триэтаноламмониевой соли и ее композиций с 1-хлорметилсилатраном или макро- и микроэлементами), ОберегЪ, Биодукс, Проросток, Иммуноцитифит (на основе арахидоновой кислоты) [2, 9, 10].

Выявлено, что научно обоснованное применение регуляторов роста растений является целесообразным приемом возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и овощных.

Цель исследовательской работы – научное обоснование влияния регуляторов роста при повышении стрессоустойчивости к факторам внешней среды на ростовую активность и защитные реакции растений томатов, его урожайность и качество в условиях гидротермической уязвимости климата Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Исследования проводились в условиях лабораторного и полевых опытов (ИП Зайцев В. А. Городищенский район, Волгоградская область) в период с 2014 по 2019 гг. Объектом являлись растения томата гибрида Фоккер F₁. Опытные растения обрабатывались регуляторами роста Энергия-М и Биодукс на фоне внесения N₂₅₀P₁₀₀K₁₂₅.

Энергия-М – регулятор роста растений с действующим веществом – ортокрезоксиусная кислота триэтаноламмониевая соль + 1-хлорметилсилатран на основе активного кремния.

Биодукс – универсальный регулятор роста растений с функциями стимулирования защитных реакций, в состав которого входит липидный экстракт *Mortierella alpina*, обогащенный арахиновой кислотой.

Контрольные растения опрыскивались водой. Семена растений томата перед посевом замачивали: в растворе регулятора роста Энергия-М на 30-40 минут, в растворе Биодукс – на 1 час (расход рабочего раствора – 2 л/кг), с последующими просушкой до сыпучести и посевом сеялкой Агроикола-1,4. Обработку растений осуществляли в течение вегетационного периода препаратом Энергия-М (15 г/ га /300 г воды – опрыскивание растений в фазе 3-4 листьев и в фазе бутонизации – начала цветения 1-й кисти), препаратом Биодукс (5 мл на 400 г воды – опрыскивание растений в фазе цветения 1-й, 2-й, 3-й кисти).

Уход за культурой осуществляли в соответствии с общепринятой агротехникой.

Исследования в опыте выполнялись согласно «Методике полевого опыта в овощеводстве» [4].

Результаты исследований. В наших опытах, проводимых с целью изучения влияния регуляторов роста Энергия-М и Биодукс на развитие растений томата, мы имели возможность убедиться в устойчивости стимулированных растений к неблагоприятным факторам внешней среды.

Климат зоны исследований резко континентальный, с жарким, сухим летом, теплой и сухой осенью. Среднегодовая температура воздуха положительная и находится в пределах 7,5-8,2 °С. Самый жаркий месяц – июль со среднемесячной температурой воздуха 24,5-26,3 °С. Средняя температура воздуха трех летних месяцев – 23,5-26,8 °С. В сентябре температура понижается, но остается еще довольно высокой и равна 14,8-17,4 °С (рисунок 2).

Количество безморозных суток варьирует в пределах от 160 до 170, продолжительность теплого периода, с устойчивой средней температурой воздуха выше 0 °С и составляет в среднем 220-245 суток. Годовая сумма этого показателя составляет 3200-3400 °С.

В течение теплого периода наибольшая относительная влажность воздуха (65-70 %) наблюдается весной (апрель-май), наименьшая – менее 30-50 % – летом (июль-август).

Количество осадков в отдельные годы отличается от средней нормы в 1,5-2,0 раза. В среднем за вегетационный период выпадает 200-239 мм. Незначительное количество снега и весенне-летних осадков, общее термическое напряжение и высокая испаряемость летом приводит к острому дефициту почвенной влаги. Более половины осадков выпадает в теплый период с апреля по октябрь.

По гидротермическому коэффициенту 2014 г. характеризовался как сухой, 2015 г. – очень засушливый, 2016 и 2017 гг. – слабозасушливые, 2018 и 2019 гг. – очень засушливые.

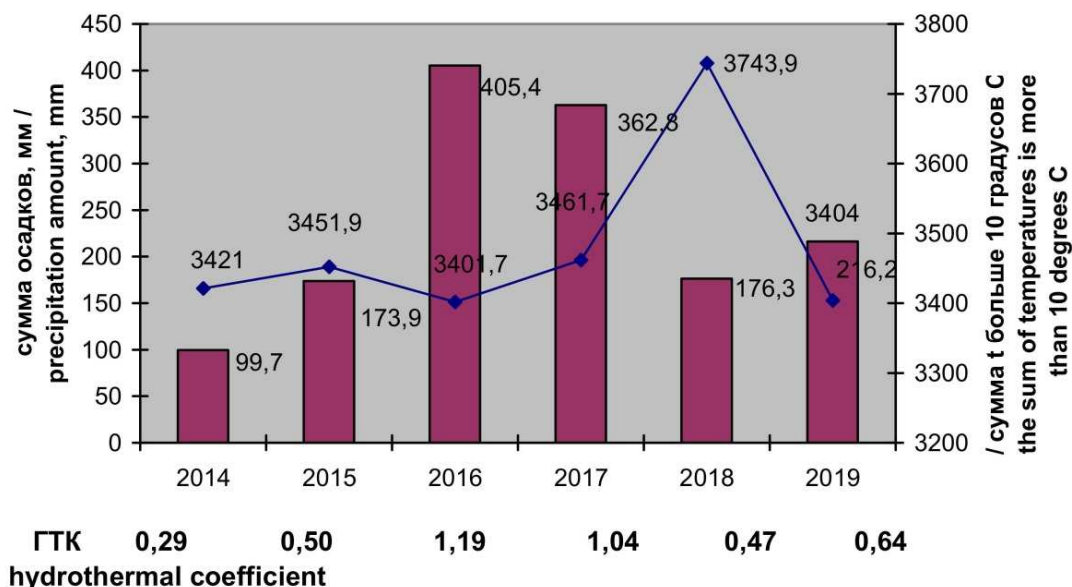


Рисунок 2 – Гидротермические показатели периода исследований, 2014-2019 гг.

Figure 2 – Hydrothermal indicators of the research period, 2014-2019

При поливном ведении овощеводства климатические условия сухостепной зоны Нижнего Поволжья благоприятны для возделывания овощных культур, так как растения в первоначальные и последующие периоды развития нуждаются в постоянном поддержании предполивной влажности почвы на высоком уровне. Однако только в фазу биологической и технической спелости растения имеют потребность к повышенным температурам.

Высокие температуры влияли на образование цветков и завязей у обработанных регуляторами растений томатов. Наибольший процент опавших бутов и завязей приходился на растения без обработки, что объясняется неблагоприятными температурными условиями. Наименьший процент опадения завязей (18,7 %) приходился на период формирования первой кисти томатов, в варианте, где семена замачивались в растворе регулятора роста Биодукс при совместной обработке растений в течение вегетации (таблица 1).

На данном варианте происходило опадение цветов и завязей в значительно меньшей степени – на 16,1 %, чем у контрольных (34,8 %), что, естественно, вызывало повышение продуктивности плодов томата.

Цветение растений томата приходилось на самый жаркий и засушливый период, что отрицательно отражалось на завязывании плодов у растений на контрольном варианте – 34,8 и 59,3 %, соответственно в период формирования первой и второй кистей, при этом вызвав у них наибольший процент засыхания цветов и опадения завязей.

По отношению к низким температурам фиксировалось проявление устойчивости у обработанных препаратами растений. Нами был заложен опыт в теплице в период январь-март по изучению влияния регуляторов роста Энергия-М и Биодукс на развитие растений томата гибрида Фоккер F₁. Заморозки нанесли большой ущерб нашему опыту, едва его не погубив. В самые сильные морозы отопление в теплице было отключено. Температура понижалась до +2-+3 °C и даже до -1 °C. Это приводило, конечно, к приостановке всех жизненных процессов у растений томатов. В результате от низких температур очень пострадали растения, не обработанные регуляторами роста (сформировавшиеся в это время кисти даже не зацвели), в то время как

обработанные вскоре приняли свой обычный вид и продолжали цвести и плодоносить. К моменту созревания плодов картина вырисовывалась очень яркая, разительная. Стимулированные растения были покрыты сравнительно крупными зрелыми плодами (средний вес 45-50 г (Энергия-М) и 47-51 г (Биодукс)), а на растениях контрольного варианта были только единичные зрелые плоды, очень мелкие (средний вес 10-12 г). Таким образом, по отношению к низким температурам растения, обработанные регуляторами роста, оказались более устойчивыми, чем контрольные. При условии, если эти растения недлительный отрезок времени подвергались воздействию низких температур.

Таблица 1 – Влияние регуляторов роста на образование цветов и завязей у растений томата при воздействии высоких температур в период май-июль, (среднее за 2014...2019 гг.)

Table 1 – The effect of growth regulators on the formation of flowers and ovaries in tomato plants when exposed to high temperatures in the period may-july, (average for 2014 ... 2019)

№ п/п	Вариант опыта / Experience Option	I кисть / I brush			II кисть / II brush		
		количество бутонов / number of buds	количество плодов / number of fruits	% опадения бутонов / % bud drop	количество бутонов / number of buds	количество плодов / number of fruits	% опадения бутонов / % bud drop
1	Контроль (замачивание в воде) / Control (soaking in water)	36	28	34,8	31	14	59,3
2	Замачивание семян (Энергия-М) / Seed soaking (Energy-M)	42	32	27,6	39	18	41,0
3	Замачивание семян (Биодукс) / Seed Soaking (Biodux)	43	39	21,6	46	24	34,1
4	Обработка растений (Энергия-М) / Plant processing (Energia-M)	66	45	31,8	50	32	31,1
5	Обработка растений (Биодукс) / Plant treatment (Biodux)	67	48	23,3	51	37	29,2
6	Замачивание семян +Обработка растений (Энергия-М) / Замачивание семян +Обработка растений (Энергия-М)	69	50	19,3	53	39	28,5
7	Замачивание семян +Обработка растений (Биодукс) / Seed Soaking + Plant Treatment (Biodux)	72	53	18,7	55	41	27,3

Следовательно, действие регулятора роста находилось в тесной зависимости от условий внешней среды. Изменения температурных условий в сторону повышения или понижения не сказывались отрицательно на развитии и продуктивности растений, обработанных регуляторами роста. Наоборот, у последних отмечалось повышение устойчивости к неблагоприятным факторам среды.

Из данных таблицы 2 видно, что наименьший потенциал продуктивности плодов был получен на контрольном варианте без применения регуляторов роста.

Растения, обработанные препаратами, при данных неблагоприятных условиях давали высокие показатели продуктивности. На варианте комплексного использования препарата Энергия-М растения формировали повышенное количество бутонов и плодов, наблюдался низкий процент опадения завязи на растении, тем самым способствуя получению прибавки среднего веса плодов с 1 растения на 113,56 %, относительно контроля. Применение препарата Биодукс способствовало формированию наибольшему весу плодов с 1 растения – 746,74 г (120,12 %).

Таблица 2 – Продуктивность томатов при применении регуляторов роста при воздействии высоких температур в период май-июль, (+26 – +35 °С, среднее за 2014...2019 гг.)

Table 2 - Productivity of tomatoes when using growth regulators when exposed to high temperatures in the period May-July, (+ 26 – + 35 °C, average for 2014 ... 2019)

№ п/п	Вариант опыта / Experience Option	Общий вес плодов с 4-х растений, г / Total weight of fruits from 4 plants, g	Средний вес плодов с 1 растения, г / Average weight of fruits from 1 plant, g	В % от контроля / % Of control
1	Контроль (замачивание в воде) / Control (soaking in water)	1357	339,25	100
2	Замачивание семян (Энергия-М) / Seed soaking (Energy-M)	1802	450,50	32,79
3	Замачивание семян (Биодукс) / Seed Soaking (Biodux)	2063	515,75	52,03
4	Обработка растений (Энергия-М) / Plant processing (Energia-M)	2104	526,00	55,05
5	Обработка растений (Биодукс) / Plant treatment (Biodux)	2673	668,25	96,98
6	Замачивание семян +Обработка растений (Энергия-М) / Замачивание семян +Обработка растений (Энергия-М)	2898	724,50	113,56
7	Замачивание семян +Обработка растений (Биодукс) / Seed Soaking + Plant Treatment (Biodux)	2915	746,74	120,12

НСР 05

1,54

Нами были проведены биохимические анализы плодов на содержание витамина С, сухих веществ, сахаров и нитратов (таблица 3).

Анализ биохимических показателей доказал преимущество плодов, полученных на вариантах с предпосевным замачиванием семян в препаратах и обработкой растений в течение вегетационного периода.

Содержание нитратов на всех вариантах опыта было значительно ниже ПДК (150 мг/кг). Таким образом, применение регуляторов роста является экологически безопасным приемом повышения урожайности и качества овощной продукции.

Исследования опытных растений показали, что стимулирование растений томата регуляторами роста приводило к значительному повышению качества плодов этой культуры. Потенциал продуктивности томата гибрида Фоккер F₁ был отмечен на варианте с предпосевной обработкой семян, а также некорневой обработкой растений в период роста и развития препаратом Биодукс.

Таблица 3 – Влияние регуляторов роста на химический состав плодов томата,
(среднее за 2014...2019 гг.)

Table 3 - Influence of growth regulators on the chemical composition of tomato fruits,
(average for 2014 ... 2019)

№ п/п	Вариант опыта / Experience Option	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Витамин С, мг/% / Vitamin C, mg /%	Сумма сахаров, % / The amount of sugars, %	Кислотность, % / Acidity, %	Нитраты, мг/кг / Nitrates, mg / kg
1	Контроль (замачивание в воде) / Control (soaking in water)	3,7	15,2	2,5	0,53	90,2
2	Замачивание семян (Энергия-М) / Seed soaking (Energy-M)	4,2	15,6	2,9	0,54	91,5
3	Замачивание семян (Биодукс) / Seed Soaking (Biodux)	4,8	15,8	3,0	0,56	95,8
4	Обработка растений (Энергия-М) / Plant processing (Energia-M)	5,3	16,3	3,1	0,57	96,3
5	Обработка растений (Биодукс) / Plant treatment (Biodux)	5,7	16,4	3,2	0,59	98,6
6	Замачивание семян +Обработка рас- тений (Энергия-М) / Замачивание семян +Обработка растений (Энер- гия-М)	6,1	16,5	3,2	0,59	103,3
7	Замачивание семян +Обработка рас- тений (Биодукс) / Seed Soaking + Plant Treatment (Biodux)	6,0	16,5	3,2	0,60	106,2

Выводы. Анализируя полученные данные, можно говорить о целесообразности применения регуляторов роста и конкурентоспособности растений томатов. Применение регуляторов роста Энергия-М и Биодукс на культуре томат является эффективным мероприятием получения экологически чистой продукции. Таким образом, внедрение препаратов Энергия-М и Биодукс в технологию возделывания томатов, учитывая результаты испытаний, в условиях пониженной влагообеспеченности вегетационного периода и повышенной температуры воздуха в Нижнем Поволжье, относится к высокоэффективным средствам повышения стрессоустойчивости сельскохозяйственных культур. Рекомендуется производителям высококачественной овощной продукции широко применять данные препараты на фоне достаточного минерального питания путем замачивания семян перед посевом и обработки растения в течение вегетационного периода.

Библиографический список

1. Влияние агротехнических приемов на рост, развитие и продуктивность томата в условиях Нижнего Поволжья / Е. В. Калмыкова, Н. Ю. Петров, С. В. Убушаева, В. А. Батыров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2. С. 111-118.

2. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю. Влияние регулятора роста Энергия-М на рост, развитие и продуктивность томата // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2017. № 4(36). С. 33-40.

3. Калмыкова Е. В., Петров Н. Ю., Калмыкова О. В. Повышение продуктивности и качества растений томата под действием регулятора роста // Известия ТСХА. 2018. Выпуск 6. С. 109-118.
4. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ВНИИО, 2011. 679 с.
5. Мировой рынок биостимуляторов растений к 2025 году достигнет 3,8 млрд. долларов США https://finance.rambler.ru/markets/43597574/?utm_content=finance_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink.
6. Проблемы орошения сельскохозяйственных угодий и их засоления в XXI веке / В. В. Корсак [и др.] // Аграрный научный журнал. 2016. № 8. С. 19-24.
7. Рамазанов Р. Р., Назаренко Д. Ю., Пожарский В. Г. Безопасное решение проблем агроценозов // Защита и карантин растений. 2017. № 4. С. 7-8.
8. Сценарии глобального потепления и прогнозы изменений агроклиматических ресурсов Поволжья / В. В. Корсак [и др.] // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 51-55.
9. Шаповал О. А., Можарова И. П. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве // Защита и карантин растений. 2019. № 4. С. 9-14.
10. Effectiveness of Growth-regulator Energy-M By Seedlings of Tomatoes in Strict Arid Conditions of the Low Volga Region / A. Belyaev [et al.] // KnE Life Sciences. 2019. P. 1078-1087.
11. Kimura S., Sinha N. Tomato (*Solanum lycopersicum*): A Model Fruit-bearing Crop // Emerging Model Organisms: a Laboratory Manual. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press. 2008. Vol. 1. P. 119-138.
12. Shivakumar S., Bhaktavatchalu S. Role of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in the improvement of vegetable crop production under stress conditions (Book Chapter) // Microbial Strategies for Vegetable Production. 2017. P. 81-97.
13. The influence of the plant growth regulator maleic hydrazide on Egyptian broomrape early developmental stages and its control efficacy in tomato under greenhouse and field conditions / A. Venezian [et al.] // Frontiers in Plant Science. 2017.
14. <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/novosti/globalnyi-rynok-biostimulyatorov-k-2019-godu-dostignet-2-52-milliarda-dollarov.html>.
15. <http://mcx.ru/ministry/departments/departament-rasteniievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-gosudar-stvennaya-usluga-po-gosudarstvennoy-registratsii-pestitsidov-i-agrokhimikatov>.

Conclusions. Experimental data confirm the ability to increase the resistance of tomatoes under the influence of growth regulators to unfavorable environmental conditions. The use of growth regulators Energia-M and Biodux on tomato culture is an effective measure for obtaining environmentally friendly products. Thus, the introduction of Energia-M and Biodux into the technology of tomato cultivation, taking into account the test results, under conditions of reduced moisture supply of the growing season and increased air temperature in the Lower Volga region, is a highly effective means of increasing stress resistance of agricultural crops. It is recommended for manufacturers of high-quality vegetable products to widely use these preparations against the background of sufficient mineral nutrition by soaking the seeds before sowing and treating the plant during the growing season.

References

1. Influence of agro-technical techniques on the growth, development and productivity of tomato in the conditions of the Lower Volga region / E. V. Kalmykova, N. Yu. Petrov, S. V. Ubushaeva, V. A. Batyrov // News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2017. No. 2. P. 111-118.
2. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu. The influence of the growth regulator Energia-M on the growth, development and productivity of tomato // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. 2017. No. 4 (36). P. 33-40.
3. Kalmykova E. V., Petrov N. Yu., Kalmykova O. V. Increasing the productivity and quality of tomato plants under the influence of a growth regulator // News of the TSKhA. 2018. Issue 6. P. 109-118.
4. Problems of irrigation of agricultural lands and their salinization in the XXI century / V. V. Korsak [et al.] // Agrarian scientific journal. 2016. No. 8. P. 19-24.

5. Scenarios of global warming and forecasts of changes in agroclimatic resources of the Volga region / V. V. Korsak [et al.] // Agrarian scientific journal. 2018. No. 1. P. 51-55.
6. Litvinov S. S. Field experiment technique in vegetable growing. Moscow: VNIIO, 2011. 679 p.
7. https://finance.rambler.ru/markets/43597574/?utm_content=finance_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink.
8. Ramazanov R. R., Nazarenko D. Yu., Pozharsky V. G. Safe solution to the problems of agrocenoses // Plant protection and quarantine. 2017. No. 4. P. 7-8.
9. Shapoval O. A., Mozharova I. P. Plant growth regulators in agriculture // Plant protection and quarantine. 2019. No. 4. P. 9-14.
10. Effectiveness of Growth-regulator Energy-M By Seedlings of Tomatoes in Strict Arid Conditions of the Low Volga Region / A. Belyaev [et al.] // KnE Life Sciences. 2019. P. 1078-1087.
11. Kimura S., Sinha N. Tomato (*Solanum lycopersicum*): A Model Fruit-bearing Crop // Emerging Model Organisms: a Laboratory Manual. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press. 2008. Vol. 1. P. 119-138.
12. Shivakumar S., Bhaktavatchalu S. Role of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in the improvement of vegetable crop production under stress conditions (Book Chapter) // Microbial Strategies for Vegetable Production. 2017. P. 81-97.
13. The influence of the plant growth regulator maleic hydrazide on Egyptian broomrape early developmental stages and its control efficacy in tomato under greenhouse and field conditions / A. Venezian [et al.] // Frontiers in Plant Science. 2017.
14. <https://www.agroxxi.ru/gazeta-zaschita-rastenii/novosti/globalnyi-rynok-biostimuljatorov-k-2019-godu-dostignet-2-52-milliarda-dollarov.html>.
15. <http://mcx.ru/ministry/departments/departament-rasteniievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-gosudar-stvennaya-usluga-po-gosudarstvennoy-registratsii-pestitsidov-i-agrokhimikatov>.

Author's Information

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

Petrov Nikolay Yuryevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department "Technology of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Food", Federal State Budgetary Educational Institution Volgograd State Agrarian University, 400002, Russian Federation, Volgograd, Universitetsky Prospect, 26; e-mail: npetrov60@list.ru

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

Информация об авторах

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

Петров Николай Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Волгоградский государственный аграрный университет, 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Университетский, 26; e-mail: npetrov60@list.ru

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

INFLUENCE OF AGRICULTURAL TECHNIQUES ON SUNFLOWER YIELD IN THE SUBZONE OF SOUTHERN CHERNOZEMS OF THE VOLGOGRAD REGION

G. A. Medvedev, N. G. Ekaterinicheva, A.V. Tkachenko

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 11.01.2021

Submitted 01.03.2021

*The studies were carried out as part of the postgraduate training program
at the Department of Plant Growing, Breeding and Seed Production
of the Volgograd State Agrarian University on a budgetary basis*

Summary

The article presents the results of three-year observations of the growth and development of sunflower in two innovative systems of sunflower cultivation: Clearfield and Express Sun against the background of two systems of basic soil treatment and the use of two growth regulators-Izagribor and Fertigrain in the subzone of southern chernozems of the Volgograd region. In laboratory studies, it was found that the positive effect of the studied growth regulators is manifested already in the period of seed germination. The mass of shoots and roots and their length was most positively influenced by the growth regulator and plant growth of Fertigen. Drug Isaribi was less effective. Of the methods of basic tillage in the southern chernozems, chisel was the most effective. On average, for three years of observations, the Clearfield sunflower cultivation system was the most effective. When cultivating sunflower under this system, 2.53 t/ha of oilseeds were obtained on average for three years according to the background of chisel tillage, which is 11.1% more than in the control variant and 9.7% more than in the Express Sun system with the same combination of the studied factors.

Abstract

Introduction. In the Volgograd region, sunflower is the main oilseed crop. It is cultivated in almost all districts of the region. Annually sunflower in the region occupies more than 700 thousand hectares. However, its yield, both by year and by region, varies greatly and on average in the region remains quite low. Even in a fairly favorable weather conditions in 2018, the profitability of sunflower production, both in Russia and in the Volgograd region, did not exceed 35% [2]. Therefore, the search for ways to increase the yield of the main oilseeds of the region, the task is quite relevant and timely.

Object. The object of research in our experiment was two systems of sunflower cultivation in the subzone of southern chernozems of the Volgograd region: 1. Clearfield system – (EU-Novomis hybrid.+ herbicide Eurolighting). 2. Express Sun system - (hybrid EU-Arcadia SU + herbicide Express), two ways of basic tillage: 1. Dump plowing with a plow of Pskov -5-60 2. Chisel treatment of pchn-2,3 and two regulators of plant growth and development: 1. IsagriBor . 2. Fertigen. **Materials and methods.** Three-factor field experience was laid in the farm Tkachenko V. A. Elansky district of the Volgograd region. In 2018, 2019 and 2020. The experiments and all the necessary observations and studies were carried out according to the method of field experience of B. A. Dospekhov (1985). **Results and conclusions.** Observations of the growth and development of sunflower hybrids have shown that the influence of the studied factors begins to manifest itself even at the stage of seed germination. The most pronounced stimulating effect of the drug has Fertigen. In this variant, the length of sprouts and roots was significantly longer than in the control. This advantage then affected the field germination of sunflower seeds. The highest field germination was obtained in the EU - Novomis hybrid -76.6%, and the lowest in the EU-Arcadia SU hybrid -71.4%. By the time of sunflower harvesting, 0.5 thousand more plants were preserved in the Clearfield system than in the Express Sun system. On average, the Clearfield system had the advantage in terms of yield over three years. Here, the yield according to the experimental variants varied from 2.14 to 2.53 t / ha, while in the Express Sun system, the yield ranged from 1.90 to 2.31 t / ha. The highest yield on average over the years of observation was obtained in the Clearfield system on chisel tillage using Fertigrain - 2.53 t / ha. The lowest yield was obtained in the Express Sun system on dump plowing at the control – 1.90 t / ha. According to economic indicators, the Clearfield sunflower cultivation system was the most effective. So the Clearfield system on profitability on the best option surpassed the Express Sun system by 53,65%.

Key words: *innovation system, the hybrids, the basic processing of soil, crop yield, economic efficiency, and growth regulators.*

Citation. Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G., Tkachenko A.V. Influence of agricultural techniques on sunflower yield in the subzone of southern chernozems of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 73-82 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-07.

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

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

УДК 633.11:631.527.32

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ АГРОТЕХНИКИ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПОДСОЛНЕЧНИКА В ПОДЗОНЕ ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. А. Медведев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. Г. Екатериничева, кандидат экономических наук, доцент

А. В. Ткаченко, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 11.01.2021

Дата принятия к печати 01.03.2021

**Исследования проводились в рамках программы аспирантской подготовки
по кафедре растениеводства, селекции и семеноводства**

Волгоградского государственного аграрного университета на бюджетной основе

Аннотация. Представлены результаты трехлетних наблюдений за ростом и развитием подсолнечника в двух инновационных системах возделывания подсолнечника: Clearfield и Express Sun на фоне двух систем основной обработки почвы и применении двух регуляторов роста – ИзагриБор и Фертигрейн – в подзоне южных черноземов Волгоградской области. В лабораторных исследованиях было установлено, что положительное действие изучаемых регуляторов роста проявляется уже в период прорастания семян. На массу проростков и корешков и их длину больше всего оказывал положительное влияние регулятор роста и развития растений Фертигрейн. Препарат ИзагриБор оказался менее эффективным. Из способов основной обработки почвы на южных черноземах наиболее эффективной оказалась чизельная. В среднем за три года наблюдений наиболее эффективной оказалась система возделывания подсолнечника Clearfield. При возделывании подсолнечника по этой системе по фону чизельной обработки почвы в среднем за три года было получено 2,53 т/га маслосемян, что на 11,1 % больше, чем на контрольном варианте и на 9,7 % больше, чем системе Express Sun при таком же сочетании изучаемых факторов.

Актуальность. В Волгоградской области подсолнечник – основная масличная культура. Его возделывают почти во всех районах области. Ежегодно подсолнечник в области занимает более 700 тыс. гектаров. Однако его урожайность как по годам, так и по районам сильно колеблется и в среднем по области остается ещё довольно низкой. Даже в довольно благоприятном по погодным условиям 2018 году рентабельность производства подсолнечника как в России, так и в Волгоградской области не превышала 35 % [5]. Поэтому поиск путей повышения урожайности основной масличной культуры области – задача вполне актуальная и своевременная. **Объект.** Объектом исследования в нашем опыте являлись две системы возделывания подсолнечника в подзоне южных черноземов Волгоградской области: 1. Система Clearfield (гибрид ЕС-Новомис + гербицид Евролайтинг). 2. Система Express Sun (гибрид ЕС-Аркадия СУ + гербицид Экспресс); два способа основной обработки почвы: 1. Отвальная вспашка плугом ПСКУ-5-60. 2. Чизельная обработка ПЧН-2,3; и два регулятора роста и развития растений: 1. ИзагриБор, 2. Фертигрейн. **Материалы и методы.** Трёхфакторный полевой опыт закладывался в КФХ Ткаченко В. А. Елан-

ского района Волгоградской области в 2018, 2019 и 2020 годах. Закладка опытов и все необходимые наблюдения и исследования проводились по методике полевого опыта Б. А. Доспехова (1985). **Результаты и выводы.** Наблюдения за ростом и развитием гибридов подсолнечника показали, что влияние изучаемых факторов начинает проявляться ещё на стадии прорастания семян. Наиболее выраженным стимулирующим действием обладает препарат Фертигрейн. На этом варианте длина проростков и корешков была значительно больше, чем на контроле. Это преимущество затем сказалось и на полевой всхожести семян подсолнечника. Самая высокая полевая всхожесть была получена у гибрида ЕС-Новомис – 76,6 %, а самая низкая у гибрида ЕС Аркадия СУ – 71,4 %. К моменту уборки подсолнечника в системе Clearfield сохранилось на 0,5 тыс./га растений больше, чем в системе Express Sun. В среднем за три года по урожайности преимущество оказалось на стороне системы Clearfield. Здесь урожайность по вариантам опыта изменялась от 2,14 до 2,53 т/га, тогда как в системе Express Sun урожайность колебалась от 1,90 до 2,31 т/га. Самая высокая урожайность в среднем за годы наблюдений была получена в системе Clearfield на чизельной обработке почвы с применением препарата Фертигрейн – 2,53 т/га. Самая низкая урожайность была получена в системе Express Sun на отвальной вспашке на контроле – 1,90 т/га. По экономическим показателям наиболее эффективной оказалась система возделывания подсолнечника Clearfield. Так, система Clearfield по рентабельности на лучшем варианте превосходила систему Express Sun на 53,65 %.

Ключевые слова: агротехника подсолнечника, гибриды подсолнечника, основная обработка почвы, урожайность подсолнечника, регуляторы роста растений.

Цитирование. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Ткаченко А. В. Влияние приемов агротехники на урожайность подсолнечника в подзоне южных черноземов Волгоградской области *Известия НВ АУК*. 2021. 1 (61). 73-82. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-07.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Подсолнечник – основная масличная культура как в России, так и в Волгоградской области. Волгоградская область по объемам производства маслосемян занимает четвертое место в Российской Федерации [2]. В благоприятные по погодным условиям годы валовые сборы маслосемян подсолнечника в Волгоградской области достигают более 1 млн тонн. В обычные годы валовый сбор снижается до 750-780 тыс. тонн [6]. Средняя урожайность подсолнечника в Волгоградской области в последние годы колеблется от 1,4 до 1,6 т/га. Передовые хозяйства получают по 2,7-2,8 т/га, в то время как потенциал урожайности возделываемых гибридов достигает 3,5-4,5 т/га [1, 2, 4, 6].

В связи с этим основная цель наших исследований заключалась в сравнительной оценке двух систем возделывания подсолнечника: Express Sun и Clearfield – на фоне различных приемов основной обработки почвы и применении новых регуляторов роста и развития растений ИзагриБор и Фертигрейн в подзоне южных черноземов Волгоградской области.

Материалы и методы. Трехфакторные полевые опыты по методике Б. А. Доспехова закладывались в 2018, 2019 и 2020 годах в КФХ Ткаченко В. А. Еланского района Волгоградской области по следующей схеме: Фактор А включал две системы возделывания подсолнечника: 1. Система Clearfield (гибрид ЕС-Новомис + гербицид Евролайтинг). 2. Система Express Sun (гибрид ЕС-Аркадия СУ+ гербицид Экспресс). Фактор В включал два способа основной обработки почвы: 1. Отвальная вспашка плугом ПСКУ -5-60 на глубину 0,22-0,25 м. 2. Чизельная обработка ПЧН- 2,3 на глубину 0,22-0,25 м. Фактор С включал два регулятора роста и развития растений: 1. Контроль

без применения регуляторов роста. 2. ИзагриБор – 1 л/т семян перед посевом + 1 л/га в начале образования корзинки. 2. Фертигрейн – 1 л/т семян перед посевом + 1 л/га в начале образования корзинки.

Повторность в опыте трехкратная, учетная площадь делянки 120 м².

Посев проводился в 2018 году 15 мая, а в 2019 году 18 мая, в 2020 году 25 мая при помощи сеялки точного высева МС-8. Глубина посева семян около 0,06 м. Нормы высева гибридов 50 тыс. всхожих семян на гектар.

В фазе трех пар листьев произвели обработку препаратом Евролайтинг на одном варианте, и Экспресс – на другом. Обработка проводилась при помощи опрыскивателя марки ОП-2000, расход рабочей жидкости составил 150 л/га. Уборку проводили по мере созревания гибридов при помощи комбайна Добрыня 1500.

Следует отметить, что по погодным условиям годы наблюдений были различными. Так, 2018 год оказался довольно влажным, особенно во второй половине лета. За период вегетации гибридов подсолнечника выпало 296 мм влаги, что несколько больше многолетних показателей, а в 2019 году выпало только 225,8 мм осадков, но выпадали они более равномерно, что и сказалось на урожайности. Самым сухим оказался 2020 год. Осадков было мало и распределялись они крайне неравномерно. Так, в июне выпало осадков в 3,2 раза, а в июле в 6,3 раза меньше среднемноголетних показателей.

Результаты и обсуждение. Как показали наши лабораторные исследования, действие регуляторов роста начинает проявляться еще на стадии прорастания семян (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение длины 10-и дневных проростков и корешков у гибридов подсолнечника по вариантам опыта (в среднем за 2018-2020 гг.)

Table 1 – Change in the length of 10-day seedlings and roots in sunflower hybrids according to the experimental variants (on average for 2018-2020)

Гибрид / Hybrid	Длина проростков, см / Length of seedlings, cm			Длина корешков, см / Length of roots, cm		
	Контроль / The control	ИзагриБор / Isagri-Bor	Ферти- грейн / Fertigen	Контроль / The control	ИзагриБор/ Isagri-Bor	Ферти- грейн / Fertigen
ЕС-Новомис / EU-Novomix	4,3	5,2	5,4	3,4	3,7	4,3
ЕС-Аркадия СУ/ EU-Arcadia SU	4,1	4,9	5,2	3,2	3,4	3,8

Наиболее выраженным стимулирующим действием на оба гибрида оказал регулятор роста Фертигрейн. На этом варианте длина проростков была на 1,1- 1,3 см больше, чем на контроле. На положительное влияние регуляторов роста на развитие вегетативных органов указывают как российские, так и иностранные исследователи [2, 11, 12]. По длине корешков преимущество было несколько меньше – 0,7-1,0 см. Из взятых на изучение гибридов по длине проростков и корешков небольшое преимущество имел ЕС-Новомис. Более мощное развитие проростков и корешков на первом этапе развития гибридов впоследствии сказалось на полевой всхожести и сохранности растений к уборке (таблица 2). Из данных таблицы 2 видно, что полевая всхожесть гибридов в среднем за три года была не очень высокой (72,9-76,8 %). Это связано с тем, что во все годы наблюдений весна была холодная и затяжная. Приемы основной обработки почвы на полевую всхожесть гибридов подсолнечника существенного влияния не оказали.

Как в системе Clearfield, так и в системе Express Sun некоторое преимущество было на стороне чизельной обработки. Но это преимущество не превышало 0,1-1,4 %.

Таблица 2 – Влияние изучаемых факторов на полевую всхожесть гибридов подсолнечника
(в среднем за три года)

Table 2 – Influence of the studied factors on the field germination of sunflower hybrids
(on average for three years)

Инноваци- онная систе- ма / Innovative system	Обработка почвы / tillage	Регулятор роста / Growth Regulator	Получено всходов, тыс./га / The obtained shoots, thou- sand / ha	Полевая всхожесть % / field germination, %	Растений перед уборкой, тыс./га / Num- ber of plants be- fore harvesting, thousand / ha	Выживае- мость, % / Survival rate, %
Clearfield	Отвальная вспашка / Moldboard plowing	Контроль / The control	36,0	72,7	30,8	85,6
		ИзагриБор / Isagri-Bor	37,6	75,2	32,4	86,3
		Фертигрейн / Fer- tigen	38,2	76,3	33,5	87,6
	Чизельная обработка / Chisel processing	Контроль / The control	36,4	72,8	31,3	85,9
		ИзагриБор / Isagri-Bor	38,1	76,1	33,1	86,6
		Фертигрейн / Fer- tigen	38,3	76,6	34,6	87,6
Express Sun	Отвальная вспашка / Moldboard plowing	Контроль / The control	35,7	71,4	30,8	86,2
		ИзагриБор / Isagri-Bor	36,6	73,2	32,2	87,9
		Фертигрейн / Fer- tigen	37,0	74,0	32,9	88,9
	Чизельная обработка / Chisel processing	Контроль / The control	36,0	71,9	32,1	89,2
		ИзагриБор / Isagri-Bor	37,1	74,1	33,4	89,9
		Фертигрейн / Fer- tigen	37,8	75,5	34,1	90,1

По влиянию способов основной обработки почвы на полевую всхожесть мнения исследователей расходятся. Одни авторы [2, 4, 6, 7] отдают предпочтение чизельной обработке, другие – отвальной вспашке [3, 8].

Действие регуляторов роста на полевую всхожесть гибридов было более заметным. Так, в системе Clearfield от применения препарата Фертигрейн полевая всхожесть повышалась на отвальной вспашке на 3,6 %, а на чизельной обработке – на 3,8 %. В системе Express Sun эта закономерность полностью подтвердилась, но показатели были немного меньше.

Препарат ИзагриБор также повышал полевую всхожесть по сравнению с контролем, но несколько уступал по этому показателю препарату Фертигрейн. Что касается сохранности растений подсолнечника к уборке, то она в среднем за три года была довольно высокой и не опускалась ниже 85,5 %. На лучших вариантах она была на уровне 89,9-90,1 %. Все это, естественно, сказалось на урожайности подсолнечника (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние изучаемых факторов на урожайность гибридов подсолнечника
в инновационных системах

Table 3 – Influence of the studied factors on the yield of hybrids sunflower
in innovative systems

Инновационная система / Innovative system	Обработка почвы / tillage	Регулятор роста / Growth Regulator	Урожайность, т/га / Yield, t / ha			
			2018 г.	2019 г.	2020 г.	Средняя / average
Clearfield	Отвальная вспашка/ Moldboard plowing	Контроль / The control	2,14	2,23	2,01	2,14
		ИзагриБор / IsagriBor	2,29	1,48	2,05	2,27
		Ферти-грейн / Fertigen	2,38	2,53	2,15	2,35
	Чизельная обработка / Chisel processing	Контроль / The control	2,21	2,35	2,20	2,25
		ИзагриБор / IsagriBor	2,34	2,64	2,28	2,42
		Фертигрейн / Fertigen	2,45	2,76	2,38	2,53
Express Sun	Отвальная вспашка/ Moldboard plowing	Контроль / The control	1,95	2,14	1,80	1,90
		ИзагриБор / IsagriBor	2,18	2,20	1,85	2,07
		Фертигрейн / Fertigen	2,24	2,24	1,96	2,15
	Чизельная обработка/ Chisel processing	Контроль / The control	2,06	2,20	1,90	2,05
		ИзагриБор / IsagriBor	2,28	2,28	1,98	2,18
		Фертигрейн / Fertigen	2,34	2,50	2,10	2,31

2018г.- НСР₀₅ – А-0,11, В- 0,07, С- 0,07, ABC- 0,08.

2019 г.- НСР₀₅ – А-0,12, В- 0,08, С- 0,07, ABC- 0,09.

2020 г.- НСР₀₅ – А-0,10, В- 0,06, С- 0,06, ABC- 0,07.

Анализируя данные, можно отметить, что более урожайным оказался 2019 год. Так, если в 2018 году урожайность по вариантам опыта колебалась от 1,95 до 2,45 т/га, то в 2019 году – от 2,14 до 2,76 т/га. В 2020 году урожайность подсолнечника была самой низкой и колебалась по вариантам опыта от 1,80 до 2,38 т / га.

В среднем за три года по урожайности преимущество оказалось на стороне системы Clearfield. Здесь урожайность по вариантам опыта изменялась от 2,14 до 2,53 т/га, тогда как в системе Express Sun урожайность колебалась от 1,90 до 2,31т/га.

Самая высокая урожайность в среднем за годы наблюдений была получена в системе Clearfield на чизельной обработке почвы с применением препарата Фертигрейн – 2,53 т/га. Самая низкая урожайность была получена в системе Express Sun на отвальной вспашке на контроле – 1,90 т/га.

Из регуляторов роста наиболее эффективным оказался препарат Фертигрейн. У гибрида ЕС-Новомис на отвальной вспашке прибавка к контролю составила 9,8 %, а у гибрида ЕС-Аркадия СУ – 13,1 %. На чизельной обработке почвы эффективность препарата Фертигрейн была еще выше, соответственно 12,4 и 12,6 % по отношению к контролю. Эффективность препарата Изагри-Бор оказалась несколько меньше. На положительное влияние способа основной обработки почвы на урожайность сортов и гибридов подсолнечника указывают как российские, так и зарубежные ученые [1, 9, 10, 13]. Поскольку затраты на внесение регуляторов роста и развития растений не большие, то с экономической точки зрения их применение вполне оправдано (таблица 4).

Из данных таблицы 4 видно, что все экономические показатели оказались несколько лучше в системе Clearfield. Здесь мы имели наименьшую себестоимость одной тонны семян, наибольшую расчетную прибыль на тонну и наибольшую рентабель-

ность. В этой системе производства подсолнечника рентабельность на контроле составила на отвальной вспашке 428,8 %, а в системе Express Sun – только 347,2 % или на 81,6 % меньше. На чизельной обработке почвы экономические показатели были ещё выше. Здесь в системе Clearfield рентабельность на контроле составила 471,1 %, а в системе Express Sun – 393,8 %, что на 42,3 % и на 46,4 % соответственно больше чем на отвальной вспашке. Из взятых на испытание регуляторов роста наиболее эффективным оказался препарат Фертигрейн.

Таблица 4 – Эффективность возделывания подсолнечника по инновационным технологиям

Table 4 – Efficiency of sunflower cultivation using innovative technologies

Инновационная система / Innovative system	Обработка почвы / tillage	Регулятор роста / Growth Regulator	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Стоимость валовой продукции, Руб./га / Gross production value, Rub./ha	Производственные издержки, руб./га / Production property costs rub. / ha	Себестоимость 1 т, руб. / Cost of 1 t rub.	Расчетная прибыль, руб./т / Estimated Profit rub. / t	Уровень рентабельности, % / Level profitability %
Clearfield	Отвальная вспашка / Moldboard plowing	Контроль / The control	2,14	64200	12140	5672	52060	428,8
		ИзагриБор / IsagriBor	2,27	68100	12672	5582	55428	437,4
		Фертигрейн / Fertigen	2,35	70500	12468	5305	58032	465,4
	Чизельная обработка / Chisel processing	Контроль / The control	2,25	67500	11820	5253	55680	471,1
		ИзагриБор / IsagriBor	2,42	72600	12352	5104	60248	487,7
		Фертигрейн / Fertigen	2,53	75900	12148	4801	63752	524,8
Express Sun	Отвальная вспашка / Moldboard plowing	Контроль / The control	1,90	57000	11746	6708	44254	347,2
		ИзагриБор / IsagriBor	2,07	62100	12579	6076	49521	393,7
		Фертигрейн / Fertigen	2,14	64200	12454	5819	51746	415,5
	Чизельная обработка / Chisel processing	Контроль / The control	1,88	56400	11426	6077	44974	393,6
		ИзагриБор / IsagriBor	2,18	65400	12264	5625	53136	433,2
		Фертигрейн / Fertigen	2,31	69300	12133	5252	57167	471,2

В обеих системах возделывания подсолнечника на варианте с применением препарата Фертигрейн все экономические показатели были лучшими. Самая высокая рентабельность производства маслосемян была достигнута в системе Clearfield у гибрида ЕС-Новомис на чизельной обработке почвы с препаратом Фертигрейн – 524,8 %.

В системе возделывания подсолнечника Express Sun при таком же сочетании изучаемых факторов рентабельность производства маслосемян составила только 471,2 %, что на 53,6 % меньше.

Выводы. На основании трехлетних наблюдений можно заключить, что в подзоне южных черноземов Волгоградской области необходимо шире внедрять в производство инновационную систему возделывания подсолнечника Clearfield. Это позволит стабильно получать более 2,5 т/га маслосемян и повысить рентабельность производства подсолнечника до 524,8 %.

Библиографический список

1. Бушнев А. С., Демури Я. Н., Орехов Г. И. Формирование продуктивных экспериментальных вертикальных гибридов подсолнечника селекции ВНИИМК при различной площади питания растения // Масличные культуры. 2020, № 1(181). С. 57-69.
2. Гришичкин А. Н. Способы основной обработки почвы и эффективность применения гербицидов при выращивании подсолнечника в Нижнем Поволжье // Аграрный вестник Урала. 2012. № 8 (100). С. 6-7.
3. Желудков В. Г., Желудков Г. А., Пронько В. В. Возделывание подсолнечника на черноземных почвах Поволжья. Саратов: Орион, 2013. 48 с.
4. Лукомец В. М., Кривошлыков К. М. Состояние и перспективы формирования устойчивости сырьевого сектора масложировой индустрии России // Масложировая промышленность. 2015. № 1. С. 11-16.
5. Медведев Г. А., Екатериничева Н. Г., Чижилов, С. А. Реакция гибридов подсолнечника на применение Биологически Активных Веществ в подзоне южных черноземов Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского университета. 2017. № 4. С. 40- 46.
6. Плещачев Ю. Н., Холод А. А., Шиянов К. В. Полевые севообороты, обработка почвы и борьба с сорной растительностью в Нижнем Поволжье. М.: Изд-во «Вестник РАСХН». 2012. 357 с.
7. Тимошенко Г. З. Способы основной обработки почвы в севообороте и урожайность подсолнечника // Научно-технический бюллетень Всероссийского научно- исследовательского института масличных культур. 2015. № 3. С. 163.
8. Тишков Н. М. Засоренность посевов масличных культур при различных способах основной обработки почвы в севообороте // Масличные культуры: Науч.-тех.бюлл. ВНИИМК. 2012. Вып.1 (150). С. 100-106.
9. Яхин О. И., Лубянов А. А., Яхин И. А. Терминология в сфере исследований биостимуляторов // Агрохимия. 2018. № 6. С. 3-22.
10. Яхин О. И., Лубянов А. А., Яхин И. А. Физиологическая активность биостимуляторов и эффективность их применения // Агрохимия. 2016. № 6. С. 72-94.
11. Bruniard J. M., Miller J. F. Inheritance of imitazolione- herbicide resistance in sunflower // Helia. 2001. Vol. 24. P. 11-16.
12. Pimtner D., Burgese M. Soil Erosion Threatens Food Production // Agriculture. 2013. № 3. P. 443-463.
13. Vezzani F. M., Bearel M. H. The importance of plants to development and maintenance of soil structure, microbialcommunities and ecosystem functions // Soil and Tillage Research. 2018. V. 175. P. 139-149.

Conclusions. Based on three years of observations, it can be concluded that in the subzone of the southern chernozems of the Volgograd region, it is necessary to introduce the innovative Clearfield sunflower cultivation system more widely into production. This will allow us to consistently produce more than 2.5 t / ha of oilseeds and increase the profitability of sunflower production to 524.8 %.

References

1. Bushnev A. S., Demurin Ya. N., Orekhov G. I. Formirovanie produktivnyh jeksperimental'nyh vertikal'nyh gibridov podsolnechnika selekcii VNIIMK pri razlichnoj ploschadi pitaniya rasteniya // Maslichnye kul'tury. 2020, № 1(181). P. 57-69.
2. Grishichkin A. N. Sposoby osnovnoj obrabotki pochvy i jffektivnost' primeneniya gerbicidov pri vyraschivanii podsolnechnika v Nizhnem Povolzh'e // Agrar-nyj vestnik Urala. 2012. № 8 (100). P. 6-7.
3. Zheludkov V. G., Zheludkov G. A., Pron'ko V. V. Vozdelyvanie podsolnechnika na chernozemnyh pochvah Povolzh'ya. Saratov: Orion, 2013. 48 p.
4. Lukomec V. M., Krivoslyukov K. M. Sostoyanie i perspektivy formirovaniya ustojchivosti syr'evogo sektora maslozhirovoj industrii Rossii // Maslozhirovaya promyshlennost'. 2015. № 1. P. 11-16.
5. Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G., Chizhikov, S. A. Reakciya gibridov podsolnechnika na primeneniye Biologicheskii Aktivnykh Veschestv v podzone yuzhnykh chernozemov Volgogradskoj oblasti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo universiteta. 2017. № 4. P. 40- 46.
6. Pleskachev Yu. N., Holod A. A., Shiyonov K. V. Polevye sevooboroty, obrabotka pochvy i bor'ba s sornoj rastitel'nost'yu v Nizhnem Povolzh'e. M.: Izd-vo "Vestnik RASXN". 2012. 357 p.
7. Timoshenko G. Z. Sposoby osnovnoj obrabotki pochvy v sevooborote i urozhajnost' podsolnechnika // Nauchno-tehnicheskij byulleten' Vserossijskogo nauchno- issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur. 2015. № 3. P. 163.
8. Tishkov N. M. Zasorennost' posevov maslichnykh kul'tur pri razlichnykh sposobah osnovnoj obrabotki pochvy v sevooborote // Maslichnye kul'tury: Nauch. -- teh. byull. VNIIMK. 2012. V.1 (150). P. 100-106.
9. Yahin O. I., Lubyonov A. A., Yahin I. A. Terminologiya v sfere issledovaniy biostimulyatorov // Agrohimiya. 2018. № 6. P. 3-22.
10. Yahin O. I., Lubyonov A. A., Yahin I. A. Fiziologicheskaya aktivnost' biostimulyatorov i jffektivnost' ih primeneniya // Agrohimiya. 2016. № 6. P. 72-94.
11. Bruniard J. M., Miller J. F. Inheritance of imitazolione- herbicide resistance in sunflower // Helia. 2001. Vol. 24. P. 11-16.
12. Pimtner D., Burgese M. Soil Erosion Threatens Food Production // Agriculture. 2013. № 3. P. 443-463.
13. Vezzani F. M., Bearel M. H. The importance of plants to development and maintenance of soil structure, mikrobialcommunities and ecosystem functions // Soil and Tillage Research. 2018. V. 175. P. 139-149.

Author's Information

Medvedev Gennady Andreevich, Professor of the Department of Plant Breeding, Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University. (Russian Federation, 400002, Volgograd, pr. University, 26.), Doctor of Agricultural Sciences, Professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-8321>.
E-mail- medvedevga@yandex.ru.

Ekaterinicheva Natalia Gennadiyevna, Associate Professor of the Department of Philosophy, History and Law of the Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, pr. University, 26), Candidate of Economic Sciences, Associate Professor. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-1293>

Tkachenko Anatoly Vladimirovich, Post-graduate student of the Department of Crop Production, Breeding and Seed Production, Volgograd State Agrarian University.(Russian Federation, 400002, Volgograd, pr. University, 26.)

Информация об авторах

Медведев Геннадий Андреевич, профессор кафедры растениеводства, селекции и семеноводства Волгоградского государственного аграрного университета. (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26.), доктор сельскохозяйственных наук, профессор.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0977-8321>.

E-mail- medvedevga@yandex.ru.

Екатери́ничева Наталья Геннадьевна, доцент кафедры философии, истории и права Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат экономических наук, доцент. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-1293>

Ткаченко Анатолий Владимирович, аспирант кафедры растениеводства, селекции и семеноводства Волгоградского государственного аграрного университета.(РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26.)

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-08

THE EFFECTIVENESS OF LIGNOHUMATES ON THE RHIZOGENESIS OF LIGNIFIED CUTTINGS OF *VITIS L.*

A.A. Mushinskiy¹, S.D. Fomin², M.A. Tikhonova¹, E.V. Aminova¹

¹*Orenburg branch of Federal Horticultural Research Center for Breeding,
Agrotechnology and Nursery, Orenburg, Russia*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia*

Received 14.10.2020

Submitted 01.02.2021

Summary

The article presents data on the use of promising drugs, assesses the regenerative capacity of grape varieties, and develops an effective method for obtaining standard grape seedlings with lignified cuttings.

Abstract

Introduction. Data are presented in closed ground conditions in accordance with generally accepted guidelines. Special attention should be paid to the use of humic preparations for vegetative propagation, which have a high physiological activity and are used to stimulate root formation and callus formation of easy - and hard-to-root varieties. Lignohumates are non-toxic and safe for humans and the environment, due to their origin. The purpose of the work is to study the effectiveness of the preparations on the regenerative ability of lignified grape cuttings to produce standard seedlings. **Object.** The Preparations Lignohumate mark AM K and Lignohumate mark b Fe, the control (water) were the objects of research. Preparation testing was carried out on the grapes Augustine, Delight, Memory Dombkowski. **Materials and methods.** The considered set of effects of lignohumates involves regulating the nutrition of grape plants. The function description is executed at a given time and implemented. The effect of lignohumates can be considered as achieving the target indicators. **Results and conclusions.** In the course of research, the preparations Lignohumate AM potassium and Lignohumate mark B-Fe improved and accelerated the ability of grape varieties to rhizogenesis in grades from 72% to 90% and from 60% to 82%, all the studied variants exceeded the control values. It was found that when using lignohumates, there was an increase in the ability of grape cuttings to root, the number of roots from 9 to 16, and the length of the root system from 16 cm to 25 cm. Thus, the analysis of experimental data indicates that the most effective preparation is potassium Lignohumate AM. The use of lignohumates is justified by its environmental friendliness, high efficiency, and for processing plants, it is required in small quantities.

Key words: grapes, variety, potash Lignohumate AM, Lignohumate mark B-Fe, cuttings, seedlings, propagation.

Citation. Mushinskiy A.A., Fomin S.D., Tikhonova M.A., Aminova E.V. The effectiveness of lignohumates on the rhizogenesis of lignified cuttings of *Vitis L.* *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 82-90 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-08.

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

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

УДК 631.816.355:634.8.032

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИГНОГУМАТОВ НА РИЗОГЕНЕЗ ОДРЕВЕСНЕВШИХ ЧЕРЕНКОВ *VITIS L.*

А. А. Мушинский¹, доктор сельскохозяйственных наук

С. Д. Фомин², доктор технических наук

М. А. Тихонова¹, кандидат биологических наук

Е. В. Аминова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Оренбургский филиал ФГБНУ ФНЦ Садоводства, г. Оренбург

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 14.10.2020

Дата принятия к печати 01.02.2021

Актуальность. Представлены данные в условиях закрытого грунта в соответствии с общепринятыми методическими рекомендациями. Особого внимания заслуживает использование гуминовых препаратов при вегетативном размножении, которые обладают высокой физиологической активностью и применяются для стимулирования корнеобразования и каллусообразования легко- и трудноукореняющихся сортов. Лигногуматы нетоксичны и безопасны для человека и окружающей среды, ввиду своего происхождения. Цель работы – изучить эффективность действия препаратов на регенерационную способность одревесневших черенков винограда для получения стандартных саженцев. **Объект.** Объектами исследований являлись препараты Лигногумат марка АМ К и Лигногумат марка В Fe, контроль (вода). Испытание препаратов проводили на сортах винограда Августин, Восторг, Память Домбковской. **Материалы и методы.** Рассматриваемая совокупность воздействия лигногуматов предполагает регулирование питания растений винограда. Описание функций выполняется на заданный момент времени и реализуется. Действие лигногуматов можно считать достижением целевых показателей. **Результаты и выводы.** В ходе исследований препараты Лигногумат АМ калийный и Лигногумат марка В-Fe улучшали и ускоряли способность сортов винограда к ризогенезу по сортам от 72 % до 90 % и от 60 % до 82 % соответственно, все исследуемые варианты превышали контрольные значения. Установлено, что при применении лигногуматов произошло увеличение способности черенков винограда к укоренению, количества корней от 9 до 16 шт., и длины корневой системы – от 16 см до 25 см. Таким образом, анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что наиболее эффективным препаратом является Лигногумат АМ калийный. Применение лигногуматов оправдано своей экологичностью, высокой эффективностью, и для обработки растений они требуются в незначительном количестве.

Ключевые слова: сорт винограда, Лигногумат АМ калийный, Лигногумат марка В-Fe, черенки винограда, саженцы винограда, размножение винограда.

Цитирование. Мушинский А. А., Фомин С. Д., Тихонова М. А., Аминова Е. В. Эффективность применения лигногуматов на ризогенез одревесневших черенков *Vitis L.* *Известия НВ АУК.* 2021. 1(61). 82-90. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-08.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В основе вегетативного размножения винограда лежит его способность к регенерации, т.е. к возобновлению утраченных органов и к развитию целого растения. Растения, выращенные из черенков и отводков, имеют ряд преимуществ: они генетически однородны и сохраняют морфологические признаки и свойства сорта, вступают в плодоношение на 2-3-й год [5, 7, 8, 10].

В настоящее время накоплен определённый материал по использованию стимулирующих веществ с целью ускорения роста различных растений [11, 13]. Число новых ФАВ увеличивается с каждым годом, в связи с этим возникает необходимость более глубокого и детального изучения сущности действия на растения, разработки рациональных и эффективных приемов применения [4, 9, 12].

Особого внимания заслуживает использование стимуляторов роста при вегетативном размножении, которые обладают высокой физиологической активностью и применяются для стимулирования корнеобразования и каллусообразования легко- и трудноукореняющихся сортов [2, 6].

Гуминовые препараты представляют собой высокую концентрированную смесь биологически активных веществ, выделенных из экологически чистого сырья природного происхождения. Под действием гуминовых препаратов в клетках растений изменяется проницаемость клеточных мембран, повышается активность ферментов и скорость физиологических и биохимических процессов, стимулируются процессы дыхания, синтез белка и углеводов. Гуминовые препараты являются неспецифическими активаторами иммунной системы, кроме того, они стимулируют развитие корневой системы, регулируют корневое и внекорневое питание [1, 3].

Материалы и методы. Исследования выполнены на ФГБНУ «Оренбургская опытная станция садоводства и виноградарства ВСТИСП» в 2017-2019 гг. Объекты исследований препараты: Лигногумат марка АМ К, Лигногумат марка В Fe.

Лигногумат марка В-Fe – 12 % водный раствор с хелатом железа; содержание солей гуминовых веществ, % в растворе до 5,5 %. Массовая доля макро- и микроэлементов, % от сухих веществ не менее: калий – 4,5, сера – 3,0, железо – 2,6; кальций, магний, кремний, марганец, медь, цинк – присутствие.

Лигногумат марка АМ калийный – содержание гуминовых веществ, (% от с.в.) до: Массовая доля макро- и микроэлементов, (% от с.в.): не менее: калий – 9, сера – 3; не более: железо – 0,2 марганец – 0,12, медь – 0,12, молибден – 0,015, бор-0,15, кобальт – 0,12; кальций, кремний, магний – присутствие. Показатель концентрации водородных ионов (рН 6 %) – 7,0-10,0.



Рисунок 1 – Замачивание черенков в воде

Figure 1 – The soaking cuttings in water



Рисунок 2 – Первая фолиарная обработка Лигногуматами

Figure 2 – First foliar treatment with Lignohumates

Повторность опыта трехкратная, по 20 черенков в каждом повторении. Испытание препаратов проводили на сортах винограда: Августин, Восторг, Память Домбковской, контролем служила вода. Исследование проходило в соответствии с общеприня-

тыми методиками (по Макарову С. Н. Научные основы методики опытного дела в виноградарстве, Кишинев, 1964). Статистическая обработка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа (по Доспехову Б. А.).

Нарезку черенков осуществляли с 12.02 по 15.02 длиной 15–20 см по 2–3 глазка, затем замачивали их в воде на 48 часов (рисунок 1), впоследствии погружали на 1/3 в растворы Лигногуматов по сортам с экспозицией 3 часа. Концентрацию растворов гуминовых препаратов определяли согласно инструкциям к ним. После черенки выставляли на кильчевание в кильчеватель при температуре 18–24 °С. Сроки проведения фоллиарных обработок: первая – через 35–45 суток (в фазу 3–4 листьев), последующие две обработки через 10 дней (рисунок 2). Субстрат для укоренения: смесь плодородной почвы с опилками в соотношении 2 : 1. Условия укоренения: теплица отапливаемая. Учеты развития саженцев проводили с момента высадки (I декада апреля) в закрытый грунт до выкопки (III декады сентября).

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что влияние гуминовых препаратов на сроки каллусообразования одревесневших черенков винограда прослеживается разная отзывчивость (таблица 1). В результате исследований в опыте с препаратом Лигногумат АМ калийный выделились все сорта по первым признакам каллусообразования (8–12 суток), в сравнении с контрольным вариантом (12–18 суток) (рисунок 3).



Рисунок 3 – Образование каллуса после замачивания черенков в растворе Лигногумата марка АМ К и Лигногумата марка В Fe

Figure 3 – The callus formation after soaking cuttings in a solution of Lignohumate mark АМ К and Lignohumate mark В Fe

В ходе исследований препараты Лигногумат АМ калийный и Лигногумат марка В-Fe улучшали и ускоряли способность сортов винограда к ризогенезу.

По количеству высаженных черенков винограда при обработке сорта Августин показатель укоренения находился в пределах от 47 - 51 шт. в зависимости от варианта опыта, в контрольном варианте – 39 шт. Максимальный показатель отмечен при обработке Лигногумат марка АМ калийный – 51 шт.

Исследуемые варианты превышали контрольный на 12 шт., что составило 30,7 %, Лигногумат марка АМ – калийный процент укоренения равен 85,0 %, в Лигногумат марка В-Fe выше контрольного варианта на 8 шт. – 20,5 %, процент укоренения составил 78,3 %.

При обработке сорта Восторг количество вегетирующих черенков винограда находилась в пределах 43-46 шт. в зависимости от варианта опыта. В контрольном варианте 32 шт. Исследуемые варианты превышали контрольный на 11 шт., что составило 34,3 % Лигногумат марка АМ калийный процент укоренения равен 71,6 %, в Лигногумат марка В-Fe выше контрольного варианта на 4 шт. – 12,5 %, процент укоренения составил 60,0 %.

Таблица 1 – Влияние препаратов на укореняемость черенков винограда 2017-2019 г.

Table 1 – Effect of drugs on rooting of grape cuttings 2017-2019

Вариант опыта / Experience option	Количество черенков, шт. / Number of cuttings, pcs.		Отклонение от контроля / Deviation from control		% укоренения / % rootings
	Высаженных / planted	Укорененных / Rooted	шт.	%	
Августин / Avgustin					
Контроль / Control	60	39	-	-	65,0
Лигногумат марка АМ калийный / Lignohumate mark AM K	60	51,0	12,0	30,7	85,0
Лигногумат марка В-Fe / Lignohumate mark B Fe	60	47	8,0	20,5	78,3
Sx%	-	-	-	-	1,23
HCP ₀₅	-	-	-	-	1,78
Восторг/ Vostorg					
Контроль / Control	60	32	-	-	53,3
Лигногумат марка АМ калийный / Lignohumate mark AM K	60	43	11	34,3	71,6
Лигногумат марка В-Fe / Lignohumate mark B Fe	60	36	4	12,5	60,0
Контроль / Control	-	-	-	-	0,71
HCP ₀₅	-	-	-	-	0,84
Память Домбковской/ Pamyat Dombkovskoi					
Контроль / Control	60	41	-	-	68,3
Лигногумат марка АМ калийный / Lignohumate mark AM K	60	54	13	31,7	90,0
Лигногумат марка В-Fe / Lignohumate mark B Fe	60	49	8	19,5	81,6
Sx%	-	-	-	-	1,01
HCP ₀₅	-	-	-	-	1,54

По количеству высаженных черенков винограда сорта Память Домбковской при обработке показатель находился в пределах 49-54 шт. в зависимости от варианта опыта, в контрольном варианте 41шт. Исследуемые варианты превышали контрольный на 13 шт., что составило 31,7 % Лигногумат марка АМ калийный процент укоренения равен 90,0 %, в Лигногумат марка В-Fe выше контрольного варианта на 8 шт. – 19,5 %, процент укоренения составил 81,6 %.

В опыте «Лигногумат марка В-Fe» каллусообразование отмечено на 10-13 сутки в сортах Августин и Память Домбковской находились на уровне контрольного варианта. Восторг относится к трудноукореняемым сортам, образование каллуса при применении препаратов отмечено на 12-15 сутки, в контрольном варианте на 15-18 сутки. Лучшие показатели нарастания каллуса отмечены в опыте «Лигногумат АМ калийный» у сорта Августин, Память Домбковской (8-11 сутки).

Образование зачатков корней по препарату Лигногумат АМ калийный на 18 суток показатель выше у сортов Августин – 92 % и Память Домбковской – 86 %, на – 21 сутки у сорта Восторг по препарату составило 74 %. Образование зачатков корней по препарату Лигногумат марка В-Fe на 18 суток выше у сортов Августин – 87 % и Память Домбковской – 81 %, на – 23 суток у сорта Восторг по препарату составило 68 %, в контрольном варианте – 59 %.

В ходе исследований препараты Лигногумат АМ калийный и Лигногумат марка В-Fe улучшали и ускоряли способность сортов винограда к ризогенезу. Анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что наиболее эффективным препаратом является Лигногумат АМ калийный, то есть при обработке улучшался процесс их ризогенеза, увеличивался каллусообразовательный эффект.

Немаловажно отметить и то, что при применении гуминового удобрения Лигногумат марки АМ К на черенках винограда образовывалось от 10 до 16 корней и превышало контрольный вариант на 67-78 %, в зависимости от сорта. Наилучший результат был отмечен при обработке черенков у всех испытываемых сортов (рисунок 4).

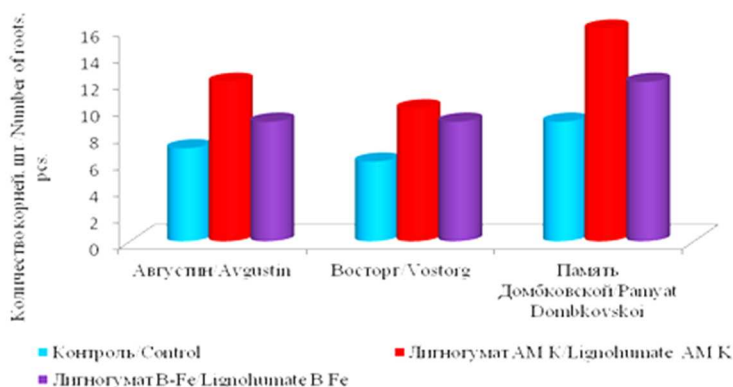


Рисунок 4 – Количество корней после применения Лигногуматов

Figure 4 – Number of roots after Lignohumate application

При применении удобрения «Лигногумат марка В-Fe» количество корней увеличилось на 29-50 % относительно контрольного значения и находилось в пределах 9-12 шт. в зависимости от сорта.

Анализируя данные рисунка 5, видим, что в варианте «Лигногумат марка В-Fe» количество корней увеличилось на 7 – 15 % относительно контрольного значения и варьировало от 16 см до 23 см в зависимости от сорта.

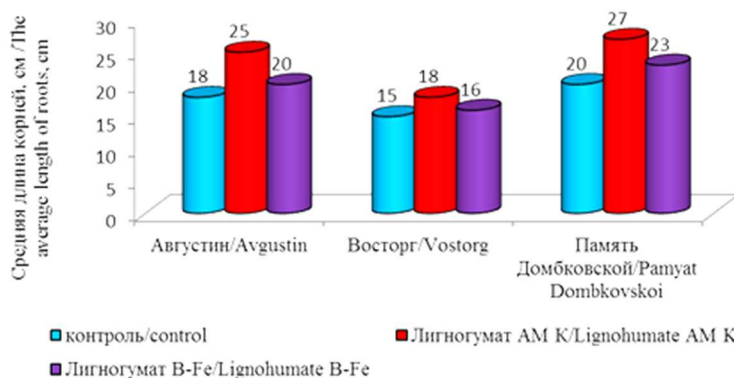


Рисунок 5 – Средняя длина корней после применения Лигногуматов

Figure 5 – The average length of the roots after applying Lignohumate

В то же время при применении гуминового удобрения Лигногумат марка АМ К на черенках винограда длина корней в среднем составила 18-27 см, превышение контрольного варианта – на 20-39 %.



Рисунок 6 – Контроль, Лигногумат марка АМ К, Лигногумат марка В-Fe

Figure 6 – Control, Lignohumate mark AM K, Lignohumate mark B-Fe

Выводы. В результате исследований препараты Лигногумат АМ калийный и Лигногумат марка В-Fe увеличивали способность черенков сортов винограда к укоренению. Анализ экспериментальных данных свидетельствует о том, что при обработке базальной части черенков винограда перед посадкой Лигногуматом АМ калийным улучшается процесс ризогенеза, увеличивается каллусообразовательный эффект и максимальный процент укоренения черенков.

Библиографический список

1. Исследование способов извлечения из низинного торфа гуминовых препаратов / В. Р. Роганов, Л. В. Касимова, А. В. Тельянова, И. В. Елисеева // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16446>.
2. Мурсалимова Г. Р., Тихонова М. А., Мережко О. Е. Влияние гуматов на образование и развитие корневой системы черенков винограда // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. № 46. С. 264-267.
3. Попов А. И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2004. 248 с.
4. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами / Л. Д. Прусакова, Н. Н. Малеванная, С. Л. Белопухова [и др.] // Агрохимия. 2005. № 11. С. 76-86.
5. Тихонова М. А., Мурсалимова Г. Р. Перспективы развития и производства посадочного материала винограда в Оренбургской области // Плодоводство и ягодоводство России. 2015. № 42. С. 287-291.
6. Тихонова М. А., Мурсалимова Г. Р. Влияние гуматов и биорегуляторов на ростовые процессы винограда // Современное садоводство. 2018. № 1(25). С. 79-85.
7. Тихонова М. А., Мурсалимова Г. Р. Виноград Предуралья // Русский виноград. 2017. Т. 6. С. 72-78.
8. Alleweldt G., Dettweiler E. The genetic resources of Vitis // Siebeldingen FRG, 1994. 74 p.
9. Anburani A., Manivannan K. Effect of integrated nutrient management on growth in brinjal (*Solanum melongena* L.) cv. Annamalai // South Indian Horticulture. 2002. No 50(4-6). P. 377-386.
10. Emerging investigator series: mercury mobility and methylmercury formation in a contaminated agricultural flood plain: influence of flooding and manure addition / S. Gyax, L. Gfeller, W. Wilcke, Ad. Mestrot // Environ. Sci.: Processes Impacts, 2019. <https://doi.org/10.1039/C9EM00257J>.

11. Muscolo A., Sidari M., Nardi S. Humic substance: relationship between structure and activity // *Journal Geochem Explor.* 2013. No. 129. P. 57-63. doi:10.1016/j.gexplo.2012.10.012.
12. Shishir Sinha, Pant K. K., Govil J. N. Advances in Fertilizers technology II biofertilizers // Studium Press LLC, 2014. 632 p.
13. The use of organic biostimulants in hot pepper plants to help low input sustainable agriculture / A. Ertani [et al.] // *Journal Chem. Biol. Technol. Agric.* 2015. No 2. P. 11. doi:10.1186/s40538-015-0039-z.

Conclusions. As a result of research, the preparations Lignohumate AM potassium and Lignohumate mark B-Fe increased the ability of cuttings of grape varieties to root. The analysis of experimental data shows that when processing the basal part of grape cuttings before planting with Lignohumate AM potash, the process of rhizogenesis improves, the callus-forming effect and the maximum percentage of rooting of cuttings increase.

References

1. Investigation of methods for extracting humic preparations from lowland peat / V. R. Roganov, L. V. Kasimova, A. V. Telyanova, I. V. Eliseeva // *Modern problems of science and education.* 2014. No. 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16446>.
2. Mursalimova G. R., Tikhonova M. A., Merezko O. E. Influence of humates on the formation and development of the root system of grape cuttings // *Fruit and berry growing in Russia.* 2016. No. 46. Pp. 264-267.
3. Popov A. I. Humic substances: properties, structure, education. SPb.: Publishing house of St. Petersburg. University, 2004. 248 p.
4. Plant growth regulators with anti-stress and immunoprotective properties // L. D. Prusakova, N. N. Malevannaya, S. L. Belopukhova [et al.] // *Agrochemistry.* 2005. No. 11. P. 76-86.
5. Tikhonova M. A., Mursalimova G. R. Prospects for the development and production of grape planting material in the Orenburg region // *Fruit and berry growing in Russia.* 2015. No. 42. P. 287-291.
6. Tikhonova M. A., Mursalimova G. R. Influence of humates and bioregulators on the growth processes of grapes // *Modern gardening.* 2018. No. 1 (25). P. 79-85.
7. Tikhonova M. A., Mursalimova G. R. Grapes of the Urals // *Russian grapes.* 2017. V. 6. P. 72-78.
8. Alleweldt G., Dettweiler E. The genetic resources of Vitis // *Sieboldingen FRG,* 1994. 74 p.
9. Anburani A., Manivannan K. Effect of integrated nutrient management on growth in brinjal (*Solanum melongena* L.) cv. Annamalai // *South Indian Horticulture.* 2002. No 50 (4-6). P. 377-386.
10. Emerging investigator series: mercury mobility and methylmercury formation in a contaminated agricultural flood plain: influence of flooding and manure addition / S. Gyga, L. Gfeller, W. Wilcke, Ad. Mestrot // *Environ. Sci.: Processes Impacts,* 2019. <https://doi.org/10.1039/C9EM00257J>.
11. Muscolo A., Sidari M., Nardi S. Humic substance: relationship between structure and activity // *Journal Geochem Explor.* 2013. No. 129. P. 57-63.
12. Shishir Sinha, Pant K. K., Govil J. N. Advances in Fertilizers technology II biofertilizers // Studium Press LLC, 2014. 632 p.
13. The use of organic biostimulants in hot pepper plants to help low input sustainable agriculture / A. Ertani [et al.] // *Journal Chem. Biol. Technol. Agric.* 2015. No 2. P. 11.

Author's Information

Mushinsky Alexander Alekseevich, Acting Director of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Orenburg Experimental Station of Horticulture and Viticulture All-Russian Selection and Technological Institute of Horticulture and Nursery" (460041, Orenburg, Nezhinskoe highway, 10), Doctor of Agricultural Sciences, E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru

Fomin Sergey Denisovich, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (RF, 400002, Volgograd, Universitetsky prospect, 26), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> E-mail: fsd_58@mail.ru

Tikhonova Marina Aleksandrovna Senior Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Orenburg Experimental Station of Horticulture and Viticulture All-Russian Selection and Technological Institute of Horticulture and Nursery" (460041, Orenburg, highway Nezhinskoe, 10), candidate of biological sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4082-0244>, E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru

Aminova Evgenia Vladimirovna, leading researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Orenburg Experimental Station of Horticulture and Viticulture All-Russian Selection and Technological Institute of Horticulture and Nursery" (460041, Orenburg, Nezhinskoe highway, 10), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6945-2214> E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru

Информация об авторах:

Мушинский Александр Алексеевич, врио директора Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Оренбургская опытная станция садоводства и виноградарства Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» (460041, г. Оренбург, ш. Нежинское, д.10), доктор сельскохозяйственных наук, E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru

Фомин Сергей Денисович, заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, доцент ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> E-mail: fsd_58@mail.ru

Тихонова Марина Александровна старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Оренбургская опытная станция садоводства и виноградарства Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» (460041, г. Оренбург, ш. Нежинское, д.10), кандидат биологических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4082-0244>, E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru

Аминова Евгения Владимировна, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Оренбургская опытная станция садоводства и виноградарства Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства» (460041, г. Оренбург, ш. Нежинское, д.10), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6945-2214> E-mail: orennauka-plodopitomnik@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-09

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS WITH A NEW PREPARATIVE FORM OF SYNTHETIC ATTRACTANT *HALYOMORPHA HALYS*

E.V. Sinitsyna, M.M. Abasov, N.M. Atanov, N.Z. Fedoseev, A.Yu. Lobur

*All-Russian Center for Plant Quarantine –
All-Russian Research Institute for Plant Quarantine, Moscow*

Received 23.12.2020

Submitted 15.02.2021

Summary

This paper presents the field trial results of the use of brown marmorated stink bug synthetic attractant. The conducted research is part of the work performed within the framework of the State task (R&D registration number: AAAA-A20-120071490011-8). To increase the effectiveness of the brown marmorated stink bug synthetic attractant, it is recommended to use new types of preparative forms with increased dosage contents of the aggregation pheromone 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol and the methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate in the areas of the pest mass distribution for its monitoring and effective control.

Abstract

Introduction. The synthetic attractant of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* contains an aggregation pheromone - 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol, consisting of a mixture of stereoisomers, the main of which are (3S,6S,7R,10S)-epoxy-1-bisabolen-3-ol and (3R,6S,7R,10S)-10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol (D. K. Zahn et al., 2008; A. Khramian et al., 2014; T. C. Leskey et al., 2015). The attractant also contains a synergistic molecule - the methyl - (E,E,Z) - 2,4,6-decatrienoate, which enhances the effect of the aggregation pheromone during the monitoring of the brown marmorated stink bug (A. Khramian et al., 2005; J. R. Aldrich et al., 2007; A. Khramian et al., 2007). It should be noted that the pheromone preparation of the brown marmorated stink bug, consisting of 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol and methyl-(E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate, attracts not only adult males and females but also nymphs, that allows it to be used for the pest control by mass trapping (D. C. Weber et al., 2014). The aim of this study was to evaluate the effect of a new developed synthetic attractant of *Halyomorpha halys* on adult and nymph trapping in the field condi-

tions. **Object.** The object of the study was a synthetic attractant of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys*. **Materials and methods.** The field trial was conducted in an apple and peach orchard with a total area of 3.5 hectares on the territory of Abkhazia (Sukhumi) from July 15 to September 30. For the trial, the synthesis of the methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate, the initial compound of which was furan, and a 4-stage scheme for obtaining a racemic mixture of 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol were carried out in the laboratory of pheromone synthesis and application of the All-Russian Plant Quarantine Center. The advanced mixture of racemate 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol (RSB) in the dosage of 10 mg and the methyl (E,E,Z) - 2,4,6-decatrienoate (MDT) in the dosage of 30 mg were applied together to various forms of lures: a gray rubber septum lure from brombutyl; a yellow cellulose sponge (packed in a ziplock inside the paper-foll-polyethylene (bufolene); oil-and-gasoline resistant thin rubber molded sheeting in black color; plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting in black color. All the above materials were combined with each other so that both components of the synthetic attractant were present in each of the lure. As the standard variant, a commercial gray rubber septum lure from brombutyl with 2 mg RSB and 2 mg of MDT was used. The commercial rescue signal plastic traps were used in the field trial. The number of nymphs and adults caught in traps was estimated weekly. **Results and conclusions.** The use of a gray rubber septum lure from brombutyl with RSB in total dosage of 10 mg and a thick industrial-rubber molded sheeting in black color with 30 mg MDT allowed to increase the catch of brown marmorated stink bugs by 27 times, there the average weekly number of *Halyomorpha halys* bugs caught in traps was 331 individuals per trap for the entire study period, compared to the standard variant with an average number - 12 individuals/trap. Instead of a gray rubber septum lure, an oil-and-gasoline resistant thin rubber molded sheeting in black color with a dosage of RSB 10 mg/lure with the average number of bugs captured - 227 individuals/trap was also effected. It is possible to improve the catching effectiveness with the use of a yellow cellulose sponge packed in a ziplock inside the paper-foll-polyethylene (bufolene) with 30 mg MDT instead of a thick rubber sheeting, there the average number of caught individuals was 288 per trap. Thus, it was found that the developed and tested new preparative forms of the synthetic attractant could effectively increase the capture of both nymphs and adults of *Halyomorpha halys*. The tested preparations are easy to use in the traps and suitable for practical use in farms where the brown marmorated stink bug is widespread, with the aim of mass trapping and pest control.

Key words: brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, synthetic attractants, pheromone traps, organic synthesis, monitoring, quarantine

Citation. Sinitsyna E.V., Abasov M.M., Atanov N.M., Fedoseev N.Z., Lobur A.Yu. Evaluation of the effectiveness with a new preparative form of synthetic attractant *Halyomorpha halys*. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 90-103 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-09.

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

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

УДК 632.7:632.95

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОЙ ПРЕПАРАТИВНОЙ ФОРМЫ СИНТЕТИЧЕСКОГО АТТРАКТАНТА *HALYOMORPHA HALYS*

Е. В. Синицына, доктор биологических наук

М. М. Абасов, кандидат биологических наук

Н. М. Атанов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

Н. З. Федосеев, старший научный сотрудник

А. Ю. Лобур, кандидат химических наук

Всероссийский центр карантина растений - ВНИИКР, р.п. Быково, МО

Дата поступления в редакцию 23.12.2020

Дата принятия к печати 15.02.2021

Аннотация. В настоящей работе приводятся результаты полевых испытаний синтетического аттрактанта коричнево-мраморного клопа, которые были проведены в рамках выполнения Государственного задания (регистрационный номер НИОКТР: АААА-А20-

120071490011-8). Для повышения эффективности работы разработанного синтетического аналога природного аттрактанта коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* рекомендовано применение новых видов препаративных форм с повышенным содержанием дозировок следующих компонентов: 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола и метил-(E,E,Z)-2,4,6-декатриеноата в местах массового скопления вредителя для его отлова и последующего уничтожения.

Актуальность. В состав синтетического аналога аттрактанта коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* входит агрегационный феромон 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол, который включает в себя смесь из стереоизомеров, основные из которых - (3S,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол и (3R,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ол (D.K. Zahn et al., 2008; A. Kríman et al., 2014; T.C. Leskey et al., 2015). Также аттрактант содержит вещество-синергист – метил-(E,E,Z)-2,4,6-декатриеноат, которое усиливает воздействие агрегационного феромона на отлов коричнево-мраморного клопа (J. R. Aldrich et al., 2007; D. C. Weber et al., 2014). Важным является тот факт, что синтетический аттрактант коричнево-мраморного клопа привлекает как имаго, так и нимф обоих полов вредителя, что дает возможность использовать его для массового отлова (D. C. Weber et al., 2014). Цель исследования состояла в изучении влияния новой разработанной препаративной формы синтетического аттрактанта *Halyomorpha halys* на отлов имаго и нимф вредителя в полевых условиях. **Объект.** Объектом исследования являлся синтетический аналог аттрактанта коричнево-мраморного клопа. **Материалы и методы.** Полевой опыт был заложен на плодовом участке яблони и персика общей площадью 3,5 га на территории Республики Абхазия с 15 июня по 30 сентября. Синтез химических соединений для аттрактанта проводился в отделе синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений. Для полевого испытания синтезировали метил (E,E,Z)-2,4,6-декатриеноат, исходным соединением которого служил фуран, и была осуществлена 4-х-стадийная схема получения рацемической смеси 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола. Полученную смесь рацемата 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола (RSB) в количестве 10 мг и метил (E,E,Z)-2,4,6-декатриеноата (MDT) в количестве 30 мг наносили на различные формы диспенсеров (носителей), а именно серая пробка из бромбутилкаучука; губчатая цветная пластина из целлюлозы; маслобензостойкая тонкая резиновая формовая пластина черного цвета; пластина из невулканизированной резинотехнической смеси. Все вышеописанные варианты комбинировали попарно друг с другом так, чтобы в каждом из вариантов присутствовали оба компонента тестируемого препарата. В качестве эталонного варианта использовали коммерческую серую пробку из бромбутилкаучука с нанесением 2 мг RSB и 2 мг MDT. Для опыта применяли сигнальные накопительные пластиковые ловушки пирамидальной формы. Учитывали количество имаго и нимф вредителя, пойманных в ловушки. **Результаты и выводы.** Использование диспенсеров из серой пробки из бромбутилкаучука с нанесением RSB в количестве 10 мг и толстой пластины из невулканизированной резинотехнической смеси черного цвета с нанесением 30 мг MDT позволило увеличить отлов коричнево-мраморного клопа в 27 раз, где среднее количество пойманных в ловушки клопов *Halyomorpha halys* составило 331 экз./ловушку за весь период наблюдений, по сравнению с эталонным вариантом (среднее количество – 12 экз./ловушку). Также эффективно себя показал вариант, где вместо серой пробки из бромбутилкаучука применяли тонкую маслобензостойкую резиновую пластину черного цвета с дозировкой RSB 10 мг/диспенсер (среднее количество – 227 экз./ловушку). Улучшить качество отлова возможно и с применением губчатой пластины, упакованной в зип-пакет и буфлен с 30 мг MDT вместо толстой резинотехнической пластины, где среднее количество пойманных особей составило 288 экз./ловушку. Тем самым было установлено, что разработанные и испытанные новые препаративные формы синтетического аттрактанта могут эффективно повысить отлов как нимф, так и имаго *Halyomorpha halys*. Испытанные препаративные формы удобны в использовании и подходят для практического применения в хозяйствах, где коричнево-мраморный клоп широко распространен, с целью массового отлова и последующего уничтожения вредителя.

Ключевые слова: *коричнево-мраморный клоп, синтетические аттрактанты, феромонные ловушки, препаративные формы аттрактантов, карантин растений.*

Цитирование. Синицына Е. В., Абасов М. М., Атанов Н. М., Федосеев Н. З., Лобур А.Ю. Оценка эффективности новой препаративной формы синтетического аттрактанта *Halyomorpha halys*. *Известия НВ АУК.* 2021. 1 (61). 90-103. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-09.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Коричнево-мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stal (1855) (Hemiptera: Pentatomidae) является опасным вредителем плодовых, овощных и бобовых культур, а также декоративных растений и лиственных пород деревьев и кустарников [19]. Вредитель происходит из Китая, где он широко и повсеместно распространен [4]. Со временем инвазивный вид распространился на территории стран Азии, Америки, Океании и Европы [1, 3, 5, 11-13, 18, 22]. Для Юга России, региона с влажным субтропическим климатом, вид является опасным и экономически значимым [2].

Коричнево-мраморный клоп высасывает растительные соки из тканей растений, используя свой хоботок. Характер повреждений схож для разных видов растений - в местах проколов хоботком образуются некрозы, происходит опробковение тканей растения, затем часть или все растение погибает [6].

Распространение коричнево-мраморного клопа происходит посредством его заноса вместе с сельскохозяйственной продукцией, а также иными видами грузов несельскохозяйственного значения, например, со стройматериалами, тарой и техникой. Неоднократно коричнево-мраморного клопа выявляли на границах при досмотре багажа и товаров, следуемых из стран Азии в Европу и Северную Америку [2, 6].

Коричнево-мраморный клоп не имеет естественных врагов в новых регионах распространения, поэтому может развиваться там достаточно агрессивно и быстро [4]. Практика США, где вредитель широко распространен, показала, что применение в промышленных яблонных садах феромонных ловушек снижает повреждаемость клопами более чем в 2-7 раз по сравнению с хозяйствами без применения ловушек. Применение феромонных ловушек позволяет сократить инсектицидную нагрузку на насаждения на 97 % [20].

Для изучения эффективности применения феромонных ловушек для коричнево-мраморного клопа на базе Всероссийского центра карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР») (далее ВНИИКР) были разработаны и синтезированы химические компоненты аттрактанта для отлова вредителя. В состав вошли два основных компонента: метил-(E,E,Z)-2,4,6-декатриеноат, который изначально был известен как феромон другого вида клопа щитника – *Plautia stali*, но также привлекающий *Halyomorpha halys* [21], и агрегационного феромона коричнево-мраморного клопа, состоящего из смеси из двух компонентов: (3S,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола и (3R,6S,7R,10S)-10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола [9, 10, 21].

Нами была разработана и апробирована новая препаративная форма с использованием резинотехнических пластин в качестве носителей для увеличенных дозировок феромона. Это дает возможность использовать феромонные ловушки как для массового отлова в зоне широкого распространения вредителя для защиты высокоурожайных культур (цитрусовые, плодовые культуры и виноград), так и для мониторинга клопа в потенциальных местах его распространения.

Наша цель состояла в изучении влияния новой препаративной формы на отлов имаго и нимф вредителя в сигнальные накопительные ловушки.

Материалы и методы. Научно-исследовательскую работу проводили на опытных участках в плодовых насаждениях общей площадью 3,5 га на культурах персика и яблони в Республике Абхазия (Сухуми) в период с 15 июля по 30 сентября 2020 года. Для привлечения и отлова *H. halys* использовали сигнальные накопительные ловушки из пластика [16], с синтетическим аттрактантом производства ВНИИКР. В качестве аттрактанта в ловушках использовали смесь синтетического препарата, состоящего из двухкомпонентного агрегационного феромона, полученного по 4-х стадийной схеме из

рацемата цитронелала, а также метил-(*E,E,Z*)-2,4,6-декатриеноата – вещества-синергиста, усиливающего действие агрегационного феромона [10, 21], исходным соединением для которого служил фуран.

Полученную смесь рацемата двухкомпонентного агрегационного феромона, состоящего из 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола, (далее - RSB) в количестве 10 мг и метил (*E,E,Z*)-2,4,6-декатриеноат (далее - MDT) в количестве 30 мг наносили на различные диспенсеры (носители) в зависимости от свойств используемых материалов (таблица 1). Для нанесения агрегационного феромона RSB использовали диспенсеры из следующих материалов: серая пробка из бромбутилкаучука (производство Китай), состоящая из резиновой смеси на основе бромбутилкаучука с общей высотой 9 мм и диаметром крышки 12 мм, с прорезью по высоте внутренней части – 5 мм. Содержание материала: вода – 0,8 %, зольный остаток – 47 %, аммоний – 0,0002 % и цинк – 0,0003 %. На пробку (далее «П») были нанесены 10 мг RSB; губчатая цветная пластина из целлюлозы (далее «Г») толщиной 30 мм и размером 10х30 мм (производство Польша), пропитанная 100 мг вакуумного масла (BM-4), с нанесением 10 мг RSB; маслобензостойкая тонкая резиновая формовая пластина черного цвета без тканевой подкладки средней степени твердости (далее «ТНК.Р») толщиной 1 мм (производство Россия) размером 35х35 мм с нанесением 10 мг RSB.

Таблица 1 – Характеристики и условные обозначения типов диспенсеров и составов феромонных препаратов для отлова *Halyomorpha halys*

Номер варианта	Условное обозначение	Описание материалов диспенсеров и составов феромонного препарата
1	2	3
I	Г (RSB 10 мг) + ТЛС.Р (MDT 30 мг)	Г (RSB 10 мг) – диспенсер, состоящий из губчатой цветной пластины из целлюлозы, пропитанной 100 мг вакуумного масла (BM-4), с нанесением 10 мг RSB; ТЛС.Р (MDT 30 мг) – диспенсер, состоящий из невулканизированной резинотехнической смеси черного цвета толщиной 4 мм с нанесением на поверхность MDT – 30 мг
II	П (RSB 10 мг) + ТЛС.Р (MDT 30 мг)	П (RSB 10 мг) – диспенсер, состоящий из серой пробки из бромбутилкаучука с нанесением RSB в количестве 10 мг; ТЛС.Р (MDT 30 мг) – диспенсер, состоящий из невулканизированной резинотехнической смеси черного цвета толщиной 4 мм с нанесением на поверхность MDT – 30 мг
III	ТНК.Р (RSB 10 мг) + ТЛС.Р (MDT 30 мг)	ТНК.Р (RSB 10 мг) – диспенсер, состоящий из маслобензостойкой тонкой резиновой формовой пластины черного цвета толщиной 1 мм с нанесением 10 мг RSB; ТЛС.Р (MDT 30 мг) – диспенсер, состоящий из невулканизированной резинотехнической смеси черного цвета толщиной 4 мм с нанесением на поверхность MDT – 30 мг
IV	Г (RSB 10 мг) + ГП (MDT 30 мг)	Г (RSB 10 мг) – диспенсер, состоящий из губчатой цветной пластины из целлюлозы, пропитанной 100 мг вакуумного масла (BM-4), с нанесением 10 мг RSB; ГП (MDT 30 мг) – диспенсер, состоящий из губчатой цветной пластины из целлюлозы с нанесением 30 мг MDT, 200 мг 2-метил-3-бутен-2-ола, упакованная в зип-пакет и помещенная в буфленовый пакет
V	П (RSB 10 мг) + ГП (MDT 30 мг)	П (RSB 10 мг) – диспенсер, состоящий из серой пробки из бромбутилкаучука с нанесением RSB в количестве 10 мг; ГП (MDT 30 мг) – диспенсер, состоящий из губчатой цветной пластины из целлюлозы с нанесением 30 мг MDT, 200 мг 2-метил-3-бутен-2-ола, упакованная в зип-пакет и помещенная в буфленовый пакет

Окончание таблицы 1

1	2	3
VI	ТНК.Р (RSB 10 мг) + ГП (MDT 30 мг)	ТНК.Р (RSB 10 мг) – диспенсер, состоящий из маслбензо-стойкой тонкой резиновой формовой пластины черного цвета толщиной 1 мм с нанесением 10 мг RSB; ГП (MDT 30 мг) – диспенсер, состоящий из губчатой цветной пластины из целлюлозы с нанесением 30 мг MDT, 200 мг 2-метил-3-бутен-2-ола, упакованная в зип-пакет и помещенная в буфленовый пакет
VII	ЭП (RSB 2 мг + MDT 2 мг)	Эталон – диспенсер, состоящий из серой пробки из бромбутилкаучука с нанесением RSB в количестве 2 мг и 2 мг MDT в одной смеси

Table 1 – Characteristics and symbols of the types of lures and compositions of pheromone preparations for catching *Halyomorpha halys*

Variant number	Identification code	Description of lure materials and pheromone preparation compositions
I	G (RSB 10 mg) + TLS.R (MDT 30 mg)	G (RSB 10 mg) – lure consisting of a yellow cellulose sponge impregnated with 100 mg of vacuum oil (VM-4) and 10 mg of RSB; TLS.R (MDT 30 mg) – lure consisting of a plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting in black color with a thickness of 4 mm impregnated with 30 mg of MDT
II	P (RSB 10 mg) + TLS.R (MDT 30 mg)	P (RSB 10 mg) – a gray rubber septum lure from brombutyl impregnated with 10 mg of RSB; TLS.R (MDT 30 mg) – lure consisting of a plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting in black color with a thickness of 4 mm impregnated with 30 mg of MDT
III	TNK.R (RSB 10 mg) + TLS.R (MDT 30 mg)	TNK.R (RSB 10 mg) – lure consisting of a plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting in black color with a thickness of 1 mm impregnated with 10 mg RSB; TLS.R (MDT 30 mg) – lure consisting of a plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting in black color with a thickness of 4 mm impregnated with 30 mg of MDT
IV	G (RSB 10 mg) + GP (MDT 30 mg)	G (RSB 10 mg) – lure consisting of a yellow cellulose sponge impregnated with 100 mg of vacuum oil (VM-4) and 10 mg of RSB applied; GP (MDT 30 mg) –lure consisting of a yellow cellulose sponge impregnated with 30 mg of MDT and 200 mg of 2-methyl-3-butene-2-ola packed in a ziplock inside the paper-foll-polyethylene (bufolene)
V	P (RSB 10 mg) + GP (MDT 30 mg)	P (RSB 10 mg) – a gray rubber septum lure from brombutyl impregnated with 10 mg of RSB; GP (MDT 30 mg) –lure consisting of a yellow cellulose sponge impregnated with 30 mg of MDT and 200 mg of 2-methyl-3-butene-2-ola packed in a ziplock inside the paper-foll-polyethylene (bufolene)
VI	TNK.R (RSB 10 mg) + GP (MDT 30 mg)	TNK.R (RSB 10 mg) – lure consisting of a plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting in black color with a thickness of 1 mm impregnated with 10 mg RSB; GP (MDT 30 mg) –lure consisting of a yellow cellulose sponge impregnated with 30 mg of MDT and 200 mg of 2-methyl-3-butene-2-ola packed in a ziplock inside the paper-foll-polyethylene (bufolene)
VII	EP (RSB 2 mg + MDT 2mg)	Etalon – standard – a gray rubber septum lure from brombutyl impregnated with 25 mg of RSB and 2 mg of MDT

В качестве диспенсеров для нанесения вещества-синергиста MDT использовали следующие материалы: губчатая цветная пластина из целлюлозы, описание которой дано выше, с нанесением 30 мг MDT и 200 мг 2-метил-3-бутен-2-ола, упакованная в зип-пакет размером 70х40 мм и помещенная в буфленовый пакет размером 80х53 мм (далее «ГП»); пластина из невулканизированной резинотехнической смеси толщиной 2 мм и размером 42х22 мм с изоляцией из полиэтилена (производство Россия). В ходе доработки сырой резины для получения необходимого конечного продукта ее утолщали посредством склеивания двух слоев, при этом толщина пластины составила 4 мм (далее ТЛС.Р).

В качестве эталонного варианта (далее ЭП) использовали ранее описанный диспенсер из серой пробки из бромбутилкаучука с нанесением 2 мг RSB и 2 мг MDT.

Феромонные ловушки размещали рандомизированно на опытных участках на минимальном расстоянии друг от друга - 30-50 м. Всего в опыте применяли 21 пластиковую пирамидальную накопительную ловушку (7 вариантов в 3-х повторностях). Учет нимф и имаго *H. halys* в ловушках проводили еженедельно.

Статистическую обработку данных проводили с помощью однофакторного дисперсионного анализа данных в ПО Microsoft Excel 2016. На графиках приведены общие и средние значения (М) со стандартной ошибкой средней ($\pm$ SEM). Стандартные ошибки средних ($\pm$ SEM). Для проверки различий использовали t-тест при $p < 0.05$.

Результаты и обсуждение. Всего за период проведения опыта в посадках плодовых культур (яблоня и персик) (Республика Абхазия) с 15 июля по 30 сентября 2020 года, было отловлено 279 экземпляров нимф, преимущественно V и IV возрастов, и 3182 экземпляров имаго *H. halys*.

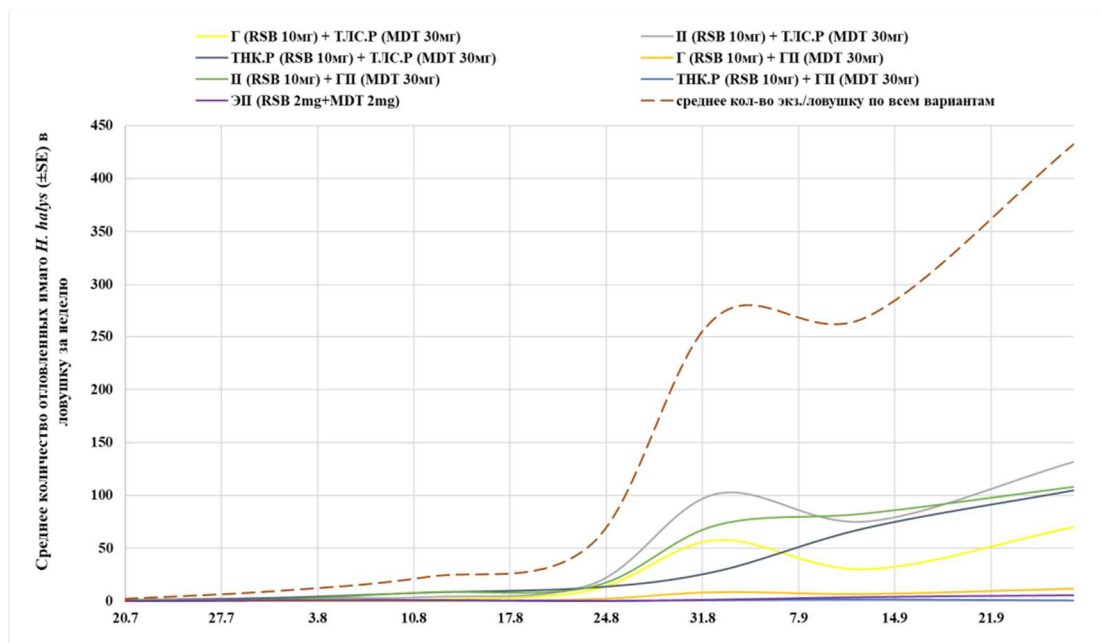


Рисунок 1 – Еженедельное количество отловленных имаго *H. halys* в ловушки с различными диспенсерами (обозначены разным цветом) в период с 15 июля по 30 сентября в плодовом саду

Figure 1 – Weekly number of captured *H. halys* adults in traps with different lure types (marked with different colors) in the period from July 15 to September 30 in the orchard

При еженедельном подсчете отловленных имаго *H. halys* в ловушки с различными диспенсерами (рисунок 1) наблюдалась характерная для данного периода времени (с 15 июля по 30 сентября) динамика численности. Лёт имаго коричнево-мраморного кло-

па был не столь активным в начале постановки опыта, начиная с третьей декады июля, чем в начале сентября. Активный лёт имаго, это видно из графика на рисунке 3, пришелся на сентябрь: в это время в ловушки было отловлено наибольшее количество особей. Рост был обусловлен присутствием на опытном участке имаго и первой, и второй генерации. В этот же период времени, конец лета – начало осени, имаго клопов начинают подготовку к диапаузе, они активно летают в поисках дополнительного питания и убежищ для перезимовки [14, 15].

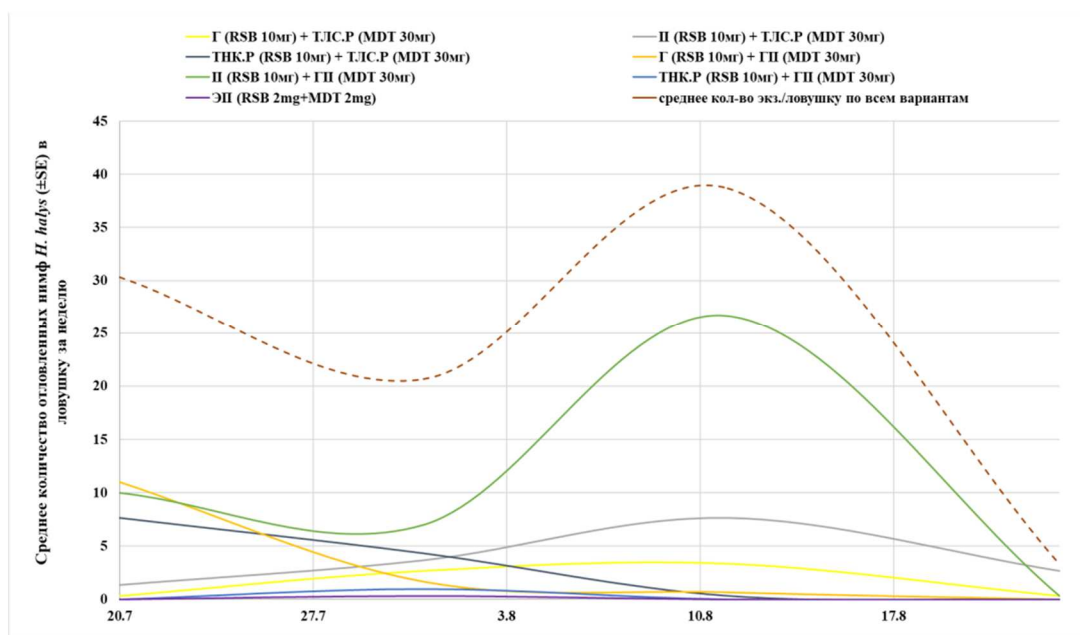


Рисунок 2 – Ежедневное количество отловленных нимф *H. halys* в ловушки с различными диспенсерами (обозначены разным цветом) в период с 15 июля по 24 августа в плодовом саду

Figure 2 – Weekly number of captured *H. halys* nymphs in traps with different lure types (marked with different colors) in the period from July 15 to September 30 in the orchard

Интересным фактом является и то, что в начале опыта эффективность компонента – синтетического агрегационного феромона RSB – в некоторых вариантах была выше, чем в последующий период. Так, уже начиная с начала августа аттрактивность вариантов IV (Г (RSB 10 мг) + ГП (MDT 30 мг)) и III (ТНК.Р (RSB 10 мг) + ТЛС.Р (MDT 30 мг)) начала снижаться и оставалась на том же уровне вплоть до завершения опыта (рисунок 2). После второй декады августа наблюдалось снижение численности нимф V возраста в посадках, что было связано с их переходом в стадию имаго.

По полученным данным количество имаго клопов в ловушках с диспенсерами из серой пробки из бромбутилкаучука с нанесением RSB в количестве 10 мг и толстой пластины из невулканизированной резинотехнической смеси черного цвета с нанесением 30 мг MDT (II вариант) было в 27 раз выше (331 экз./ловушку), чем при использовании эталонного варианта с серой пробки с нанесением 2 мг RSB и 2 мг MDT (12 экз./ловушку) (рисунок 3). Также эффективно себя показал III вариант, где вместо серой пробки из бромбутилкаучука применяли тонкую маслбензостойкую резиновую пластину черного цвета с дозировкой агрегационного феромона (RSB) в количестве 10 мг/диспенсер, который показал высокие результаты по опыту (227 экз./ловушку) и не имел статистической разницы с вариантом II. Использование серой пробки с 10 мг RSB также возможно и с губчатой пластиной в пакете с 30 мг MDT (вариант V) взамен толстой резинотехнической пластины. Вариант V, где среднее количество отловленных в

ловушку имаго составило 331 экз. насекомых, из всех опытных образцов имел наиболее сходные результаты с вариантом II, где ($F_{2,847}=10,536$; $df=6$; $P=0,00016$, $HCP_{05}=128,41$). При этом доля влияния фактора использования различных типов диспенсеров на количество отловленных имаго клопов составила 82 %, а доля неучтенных факторов – 18 %.

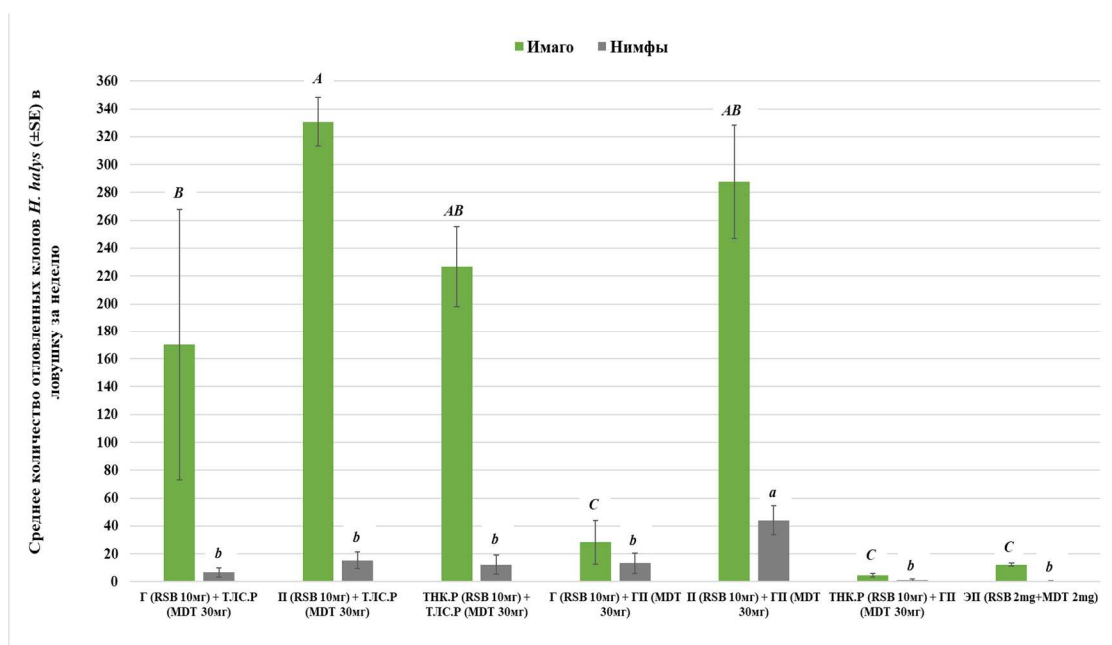


Рисунок 3 – Влияние применения различных препаративных форм синтетического аттрактанта на отлов нимф и имаго *H. halys* в феромонные ловушки за весь период наблюдений (с 15 июля по 30 сентября) в посадках яблони и персика. Одинаковые заглавные (для имаго) или строчные (для нимф) буквы над столбцами означают, что варианты не имеют статистически значимой разницы между собой (при $\alpha=0,05$)

Figure 3 – The effect of the different preparative forms of synthetic attractant on the capture of *H. halys* nymphs and adults in pheromone traps over the entire study period (from July 15 to September 30) in apple and peach orchards. Bars with shared uppercase (for adults) or lowercase (for nymphs) letters were not significantly different from each other ($\alpha=0.05$)

Если низкое число пойманных имаго в эталонном варианте (VII) скорее всего было связано с нанесением малой дозировки феромонного препарата на диспенсер из серой пробки – по 2 мг RSB совместно с 2 мг MDT на одну пробку, то в вариантах IV (Г (RSB 10 мг) + ГП (МДТ 30 мг)) и VI (ТНК.Р (RSB 10 мг) + ГП (МДТ 30 мг)) неэффективная работа диспенсеров возможно была обусловлена составом и свойствами используемых материалов. Эти же материалы, губчатая и тонкая резиновая пластины (ТНК.Р), использовались в вариантах I (Г (RSB 10 мг) + ТЛС.Р (МДТ 30 мг)) со средним количеством 170 экз./ловушку, где отлов был ниже, чем в варианте II, с применением пробки вместо губчатой пластины. Заметим, что и в III варианте, в котором использовали тонкую резиновую пластину толщиной 1 мм вместо пробки, отлов был ниже, чем во II.

Среди всех испытанных препаративных форм достаточную аттрактивность по отношению к нимфам *H. halys* имел вариант V (серая пробка из бромбутилкаучука с 10 мг RSB и губчатая пластина в пакете с 30 мг MDT) со средним отловом – 44 экз./ловушку, который показал самые высокие результаты и статистически отличался от остальных ($F_{2,847}=5,969$; $df=6$; $P=0.00284$, $HCP_{05}=18,4$). Самые низкие показатели были у эталонного варианта со средним количеством 0,3 экз./ловушку. Доля влияния фактора использования различных диспенсеров на количество отловленных нимф составила 72 %, а доля неучтенных факторов – 28 %.

Выводы. Полученные результаты по отлову имаго и нимф *H. halys* схожи с ранее полученными данными ученых, указывающими на то, что эффективность препаратов для нимф и имаго, готовящихся к диапаузе, повышалась за счет количества вещества MDT с 30 мг и выше [17, 21]. Аттрактивность феромонного препарата клопа подтверждается продолжительностью его действия. Установленные 15 июля в феромонные ловушки с синтетическим аттрактантом не теряли своих свойств и достаточно активно привлекали нимф и имаго клопа вплоть до конца сентября, что в целом составило 2,5 месяца непрерывного использования.

Среди вариантов, где в качестве диспенсера для нанесения MDT использовали губчатую пластину в пакете, а именно IV, V и VI, наибольшее количество насекомых было отловлено в V варианте, в котором, так же как и в варианте с ТЛС.Р, для нанесения RSB использовалась серая пробка вместо губчатой и резиновой тонкой пластин. По результатам можно предположить, что непродолжительный период работы таких диспенсеров связан с достаточно быстрым диспергированием вещества RSB с поверхности тонких губчатой и резиновой пластин, которые показали себя неспособными в удерживании синтетического 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола на протяжении достаточно длительного периода времени.

Таким образом, была дана оценка возможности использования в сигнальных накопительных пластиковых ловушках пирамидальной формы диспенсеров, состоящих из резинотехнических пластин или губчатого материала с целью эффективного мониторинга и отлова вредителя.

Несмотря на ранее рекомендованные дозы синтетического аттрактанта в количестве 12 мг/диспенсер [7, 8], для повышения результативности и эффективности работы ловушек с целью массового отлова вредителя дозировка препарата может быть повышена за счет увеличения площади поверхности нанесения химических веществ, как показано в данном исследовании. Нанесение большей дозировки веществ непосредственно связано с использованием наиболее подходящих материалов для нанесения и их состава, в нашем случае, таким вариантом стала толстая пластина из невулканизированной резинотехнической смеси, на которую наносили метил (*E,E,Z*)-2,4,6-декатриеноат с увеличенной дозировкой – 30 мг.

В дальнейшем необходимо понять, какие максимальные дозировки эффективнее использовать с точки зрения производства и как это может повлиять на стоимость конечного продукта. Также при изучении свойств компонентов агрегационного феромона нами были получены предварительные данные о том, что различные стереоизомеры агрегационного феромона 10,11-эпокси-1-бисаболен-3-ола по-разному привлекают особей коричнево-мраморного клопа (неопубликованные данные). В случае если подтвердятся предположения о том, что некоторые из изомеров негативно влияют на отлов, снижая чувствительность особей к веществу, то изменится и сам состав синтетического аттрактанта, и как следствие повысится его эффективность. Работа в этом направлении уже сейчас активно ведется учеными ВНИИКра.

Библиографический список

1. Айба Л. Я., Карпун Н. Н. Мраморный клоп *Halyomorpha halys* Stål в Абхазии: биология и меры борьбы. Сухум, 2016. 15 с.
2. Анализ фитосанитарного риска коричневого мраморного клопа *Halyomorpha halys* для территории Российской Федерации: отчет ВНИИКР. Быково, 2013. 55 с.
3. Есенбекова П. А. Первое указание мраморного клопа *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) из Казахстана // Евразийский энтомологический журнал. 2017. Т. 16 (1). С. 23-24.
4. Жимерикин В. Н., Гулий В. В. Мраморный клоп // Защита и карантин растений. 2014. № 4. С. 40-43.

5. Жунисбай Р. Т., Динасилов А. С., Исламова Р. А. Коричнево-мраморный клоп – новый инвайдер на территории Республики Казахстан // Защита и карантин растений. 2019. № 10. С. 38-39.
6. Методические рекомендации по выявлению и идентификации коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* Stål: отчет ФГБУ «ВНИИКР». Быково, 2017. 48 с.
7. Первые полевые испытания феромонных препаратов российского производства для мониторинга и борьбы с коричнево-мраморным клопом *Halyomorpha Halys* Stal / Е. В. Сеницына [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 3.
8. Сеницына Е. В., Атанов Н. М. Оценка радиуса действия феромонного препарата коричнево-мраморного клопа *Halyomorpha halys* // Plant Protection News. 2020. № 1. С. 44-48.
9. Behavioral responses of the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) to traps baited with stereoisomeric mixtures of 10, 11-epoxy-1-bisabolen-3-ol / T. C. Leskey [et al.] // Journal of Chemical Ecology. 2015. V. 41(4). P. 418-429.
10. Discovery of the Aggregation Pheromone of the Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys*) through the Creation of Stereoisomeric Libraries of 1-Bisabolen-3-ols / A. Khimian [et al.] // Journal of Natural Products. 2014. V. 77 (7). P. 1708-1717.
11. Garipey T. D., Fraser H., Scott-Dupree C. D. Brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in Canada: recent establishment, occurrence, and pest status in southern Ontario // Canadian Entomologist. 2014. Vol. 146. P. 579-582.
12. *Halyomorpha halys* // EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA>.
13. *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug) // Invasive species compendium. CABI. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/27377>.
14. Invasive stink bugs and related species (Pentatomidae): Biology, higher systematics, semiochemistry, and management / G. C. Hamilton [et al.] // CRC Press, Boca Raton, 2017. P. 241-288.
15. Medel J., Smith T., Santa Cruz A. Biology of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Heteroptera: Pentatomidae) in the laboratory // Florida Entomologist. 2013. V. 96. № 3. P. 1209-1212.
16. Morrison III W. R., Cullum J. P., Leskey T. C. Evaluation of trap designs and deployment strategies for capturing *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) // Journal of economic entomology. 2015. V. 108. № 4. P. 1683-1692.
17. Nielsen A. L., Hamilton G. C., Shearer P. W. Seasonal Phenology and Monitoring of the Non-Native *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Soybean // Environmental Entomology. 2011. Vol. 40. № 2. P. 231-238.
18. Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA / T. C. Leskey [et al.] // Outlooks on Pest Management. 2012. V. 23 (5). P. 218-226.
19. Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea / D. H. Lee [et al.] // Environmental entomology. 2013. V. 42. № 4. P. 627-641.
20. Successful management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in commercial apple orchards with an attract-and-kill strategy / W. R. Morrison III [et al.] // Pest Management Science. 2018. V. 75 (1). P. 104-114.
21. Synergy of aggregation pheromone with methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) / D. C. Weber, T. C. Leskey, G. C. Walsh, A. Khimian // Journal of Economic Entomology. 2014. V. 107. № 3. P. 1061-1068.
22. Véték G., Korányi D. Severe damage to vegetables by the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Hungary // Periodicum biologorum. 2017. Vol. 119. № 2. P. 131-135.

Conclusion. The obtained results of *Halyomorpha halys* captured are similar to the earlier scientific data, showed that the effectiveness of synthetic attractant for adults and nymphs preparing for diapause was increased due to the amount of MDT molecule from 30 mg and above [17,23,26,27]. The attractiveness of *Halyomorpha halys* synthetic attractant is

confirmed by the duration of its work. The pheromone traps with synthetic attractant installed on July 15 did not lose their qualities and attracted both nymphs and adults rather effectively until the end of September, which is 2.5 months of continuous use.

Among the lure types there a yellow cellulose sponge (packed in a ziplock inside the paper-foll-polyethylene (bufolene) used for applying MDT in IV, V, and VI variants, the largest number of insects was caught in the V variant, there a gray rubber septum lure from brom-butyl with the RSB molecule was used together with TLS.R lure. A gray rubber septum lure was used instead of a yellow cellulose sponge and thin rubber molded sheeting. Based on the achieved data, it could be assumed that the short period of lure work is connected with a relatively rapid dispersion of the RSB molecule from the surface of the thin sponge and rubber sheeting. Such lures are unable to retain synthetic 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol for a sufficiently long period of time.

Thus, an evaluation of the possibility of using different preparative forms of lures from rubber sheeting or sponge materials impregnated with synthetic attractant in rescue plastic traps was made to show effectively monitor and pest control of *H. halys*.

Despite the previously recommended synthetic attractant dosage in an amount of 12 mg/lure [23,28], to improve the efficiency and effectiveness of traps for mass trapping the dosage can be enhanced by increasing lure surface area along with attractant application, as shown in this study. The application of a higher dosage of chemicals is directly related to the use of the most suitable materials for impregnation and their composition. In our study, a plate made of unvulcanized thick industrial-rubber molded sheeting impregnated with an increased dosage of 30 mg of the methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate had such good physico-chemical properties.

In the future, it is necessary to understand which maximum dosages will be more suitable for production and how this can affect the cost of the final product. Also, preliminary data on that different stereoisomers of 10,11-epoxy-1-bisabolen-3-ol could attract individuals of *Halyomorpha halys* differently (unpublished data) was obtained during the study of the aggregation pheromone properties. If the assumptions that some of the isomers have a negative effect on trapping will be confirmed within the reduction of the individual sensitivity to the RSB stereoisomers, then the composition of the synthetic attractant will be changed and as a result, its effectiveness will increase. The scientists of VNIKR have already conducted a study on this problem.

References

1. Ajba L. Ya., Karpun N. N. Mramornyj klop *Halyomorpha halys* Stal v Abhazii: biologiya i mery bor'by. Suhum, 2016. 15 p.
2. Analiz fitosanitarnogo riska korichneвого mramornogo klopa *Halyomorpha halys* dlya territorii Rossijskoj Federacii: otchet VNIKR. Bykovo, 2013. 55 p.
3. Esenbekova P. A. Pervoe ukazanie mramornogo klopa *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera, Pentatomidae) iz Kazahstana // Evroaziatskij jentomologicheskij zhurnal. 2017. T. 16 (1). P. 23-24.
4. Zhimerikin V. N., Gulij V. V. Mramornyj klop // Zashita i karantin rastenij. 2014. № 4. P. 40-43.
5. Zhunisbaj R. T., Dinasilov A. S., Islamova R. A. Korichnevo-mramornyj klop - novyj invajder na territorii Respubliki Kazahstan // Zashita i karantin rastenij. 2019. № 10. P. 38-39.
6. Metodicheskie rekomendacii po vyyavleniyu i identifikacii korichnevo-mramornogo klopa *Halyomorpha halys* Stål: otchet FGBU "VNIKR". Bykovo, 2017. 48 p.
7. Pervye polevye ispytaniya feromonnyh preparatov rossijskogo proizvodstva dlya monitoringa i bor'by s korichnevo-mramornym klopom *Halyomorpha Halys* Stal / E. V. Sinicyna [i dr.] // Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2019. № 3.

8. Sinicya E. V., Atanov N. M. Ocenka radiusa dejstviya feromonnogo preparata korichnevo-mramornogo klopa *Halyomorpha halys* // Plant Protection News. 2020. № 1. P. 44-48.
9. Behavioral responses of the invasive *Halyomorpha halys* (Stål) to traps baited with stereoisomeric mixtures of 10, 11-epoxy-1-bisabolen-3-ol / T. C. Leskey [et al.] // Journal of Chemical Ecology. 2015. V. 41(4). P. 418-429.
10. Discovery of the Aggregation Pheromone of the Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys*) through the Creation of Stereoisomeric Libraries of 1-Bisabolen-3-ols / A. Khimian [et al.] // Journal of Natural Products. 2014. V. 77 (7). P. 1708-1717.
11. Garipey T. D., Fraser H., Scott-Dupree C. D. Brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) in Canada: recent establishment, occurrence, and pest status in southern Ontario // Canadian Entomologist. 2014. Vol. 146. P. 579-582.
12. *Halyomorpha halys* // EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/HALYHA>.
13. *Halyomorpha halys* (brown marmorated stink bug) // Invasive species compendium. CAB-INT. <http://www.cabi.org/isc/datasheet/27377>.
14. Invasive stink bugs and related species (Pentatomidae): Biology, higher systematics, semiochemistry, and management / G. C. Hamilton [et al.] // CRC Press, Boca Raton, 2017. P. 241-288.
15. Medal J., Smith T., Santa Cruz A. Biology of the brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in the laboratory // Florida Entomologist. 2013. V. 96. № 3. P. 1209-1212.
16. Morrison III W. R., Cullum J. P., Leskey T. C. Evaluation of trap designs and deployment strategies for capturing *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) // Journal of economic entomology. 2015. V. 108. № 4. P. 1683-1692.
17. Nielsen A. L., Hamilton G. C., Shearer P. W. Seasonal Phenology and Monitoring of the Non-Native *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Soybean // Environmental Entomology. 2011. Vol. 40. № 2. P. 231-238.
18. Pest status of the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* in the USA / T. C. Leskey [et al.] // Outlooks on Pest Management. 2012. V. 23 (5). P. 218-226.
19. Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea / D. H. Lee [et al.] // Environmental entomology. 2013. V. 42. № 4. P. 627-641.
20. Successful management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in commercial apple orchards with an attract-and-kill strategy / W. R. Morrison III [et al.] // Pest Management Science. 2018. V. 75 (1). P. 104-114.
21. Synergy of aggregation pheromone with methyl (E,E,Z)-2,4,6-decatrienoate in attraction of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) / D. C. Weber, T. C. Leskey, G. C. Walsh, A. Khimian // Journal of Economic Entomology. 2014. V. 107. № 3. P. 1061-1068.
22. Véték G., Korányi D. Severe damage to vegetables by the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in Hungary // Periodicum biologorum. 2017. Vol. 119. № 2. P. 131-135.

Author's Information

Sinitsyna Ekaterina Vital'evna – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscovskaia oblast, pos. Bykovo, ul. Pogranichnaia 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, Research Assistant, tel. +7 (916) 111-20-55; e-mail: katesinitsyna@gmail.com.

Abasov Muzafar Mirzeagaevich – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscovskaia oblast, pos. Bykovo, ul. Pogranichnaia 32), the Development and implementation Center for innovative plant protection methods, Doctor of Biological Sciences, Head of the Center, tel. +7 (906) 031-00-95; e-mail: a.muzafar@mail.ru.

Atanov Nikolay Mihaylovich – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscovskaia oblast, pos. Bykovo, ul. Pogranichnaia 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, PhD in Biological Sciences, Senior Researcher, tel. +7 (925) 669-77-08.

Fedoseev Nazar Zinov'evich – All-Russian Plant Quarantine Center – FGBU “VNIKR” (140150, Moscovskaia oblast, pos. Bykovo, ul. Pogranichnaia 32), the Synthesis and Application of Pheromones Department, Senior Researcher, tel. +7 (985) 448-38-26; e-mail: nazfed@mail.ru.

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

Информация об авторах

Синицына Екатерина Витальевна – научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИПР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 (916) 111-20-55; e-mail: katesinitsyna@gmail.com.

Абасов Музафар Мирзеагаевич – доктор биологических наук, начальник Центра развития и внедрения инновационных методов защиты растений Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИПР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 (906) 031-00-95; e-mail: a.muzafar@mail.ru.

Атанов Николай Михайлович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИПР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 (925) 669-77-08.

Федосеев Назар Зиновьевич – старший научный сотрудник отдела синтеза и применения феромонов Всероссийского центра карантина растений – ФГБУ «ВНИИПР» (140150, Московская область, пос. Быково, ул. Пограничная, 32), тел. +7 (985) 448-38-26; e-mail: nazfed@mail.ru.

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-10

ISOLATION OF ORIGINAL FORMS IN THE STUDY OF SELF-FERTILITY OF THE LOWER VOLGA PEAR VARIETIES

A.V. Solonkin, O.A. Nikolskaya, E.N. Kikteva

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

Received 14.01.2021

Submitted 01.03.2021

*The studies were carried out as part of the implementation of the state assignment
No. 0713-2019-0009 "Theoretical foundations, the creation of new competitive biotypes
of agricultural crops with high productivity, quality, resistance and varietal technologies based
on the latest methods and technological solutions in a changing climate"
(state registration No. AAAA -A19-119042290013-8) financing
of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation*

Summary

The article presents research materials on the study of self-fertility and the selection of the best pollinators of pear varieties bred by the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. Self-fertile pear varieties, as well as donors and sources of the self-fertility trait for use in breeding, have been identified.

Abstract

Introduction. One of the important conditions for choosing varieties for growing and obtaining stable yields of fruit crops, including pome crops, in a certain area is their maximum and stable fruiting. One of the factors that ensure high yields is the ability of some varieties to produce fruit without cross-pollination, i.e. self-fertility. Based on this, research on the study of self-fertility, the selection of the best pollinators of varieties of pome crops, in particular, pears, and the isolation of the original breeding material, is considered important and mandatory in the selection and creation of an assortment for a specific region in which it is planned to be cultivated. The purpose of the article is to study the degree of self-fertility and the selection of the best pollinators in newly created varieties of pears of local selection, for use in fruit growing and selection work when creating modern autofertile varieties that

are effective for cultivation in the Lower Volga region. **Materials and methods.** Various methods were used in the study. In the field, the degree of self-fertility was studied and the best pollinators were selected for several years according to generally accepted methods. By the method of preliminary selection (prebreeding) donors and sources of the self-fertility trait were isolated for use as a starting material in further breeding work. **Objects.** Pear cultivars concentrated in the collection plantations of the laboratory of selection, seed production and nursery of the Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (located on the territory of Dubovsky District, Volgograd Region). **Results and Conclusions.** According to field observations, self-fertile, partially self-fertile and self-fertile varieties of local selection pears were identified, and the best pollinating varieties were selected for them, guaranteeing stable fruiting. As a result of research, the possibility of transferring the trait of autofertility from parental and grandparent varieties to subsequent generations has been confirmed. The donors and sources of the economically valuable trait of self-fertility were selected for further use in the selection of pears for self-fertility for the conditions of the Lower Volga region as initial forms.

Key words: pear, self-fertility, productivity, donor, source, self-pollination, cross-pollination.

Citation. Solonkin A.V., Nikolskaya O.A., Kikteva E.N. Isolation of the original forms in the study of self-fertility of the Lower Volga pear varieties. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021.1 (61). 103-112 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-10.

Author's contribution. All authors of this study collected material, analyzed and wrote the manuscript. All authors of this article have read and approved the presented version.

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

УДК 634.13

ВЫДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ФОРМ ПРИ ИЗУЧЕНИИ САМОПЛОДНОСТИ НИЖНЕВОЛЖСКИХ СОРТОВ ГРУШИ

А. В. Солонкин, доктор сельскохозяйственных наук

О. А. Никольская, старший научный сотрудник

Е. Н. Киктева, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 14.01.2021

Дата принятия к печати 01.03.2021

*Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания
№ 0713-2019-0009 «Теоретические основы, создание новых конкурентоспособных биотипов
сельскохозяйственных культур с высокими показателями продуктивности, качества,
устойчивости и сортовые технологии на основе новейших методов
и технологических решений в условиях изменяющегося климата»
(№ госрегистрации АААА-А19-119042290013-8)
финансирование Министерства науки и высшего образования Российской Федерации*

Актуальность. Одним из важных условий выбора сортов для выращивания и получения стабильных урожаев плодовых культур, в том числе и семечковых, в определенной местности является их максимальное и стабильное плодоношение. Одним из факторов, обеспечивающих получение высоких урожаев, является способность некоторых сортов к образованию плодов без перекрестного опыления, т.е. самоплодности. Исходя из этого исследования по изучению самоплодности, подбору лучших опылителей сортов семечковых культур, в частности груши, и выделение исходного селекционного материала, считается важным и обязательным при подборе и создании сортимента для определенного региона, в котором планируется его возделывание. **Цель.** Изучение степени самоплодности и подбор лучших опылителей у вновь

созданных сортов груши местной селекции для использования в плодоводстве и селекционной работе при создании современных автофертильных сортов, эффективных для возделывания в условиях Нижнего Поволжья. **Материалы и методы.** В исследовании использовались различные методы. В полевых условиях изучалась степень самоплодности и подбирались лучшие опылители в течение нескольких лет по общепринятым методикам. Методом предварительной селекции (пребридинг) выделялись доноры и источники признака самоплодности для использования в качестве исходного материала в дальнейшей селекционной работе. **Объекты.** Сортообразцы груши, сосредоточенные в коллекционных насаждениях лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (ФНЦ агроэкологии РАН), расположенной на территории Дубовского района Волгоградской области. **Результаты и выводы.** По данным полевых наблюдений были выделены самоплодные, частично самоплодные и самобесплодные сортообразцы груши местной селекции, а также подобраны для них лучшие сорта-опылители, гарантирующие стабильное плодоношение. В результате исследований подтверждена возможность передачи признака автофертильности от родительских и прародительских сортов последующим поколениям. Выделены доноры и источники хозяйственно-ценного признака самоплодности для дальнейшего использования в селекции груши на самоплодность для условий Нижнего Поволжья в качестве исходных форм.

Ключевые слова: сорта груши, самоплодность груши, урожайность груши, селекция груши, исходные формы груши.

Цитирование. Солонкин А. В., Никольская О. А., Киктева Е. Н. Выделение исходных форм при изучении самоплодности Нижневолжских сортов груши. *Известия НВ АУК.* 2021. 1(61). 103-112. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-10.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования собрали материал, проанализировали и написали рукопись. Все авторы данной статьи ознакомились и одобрили представленный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современном садоводстве одной из важнейших задач является получение максимального и стабильного плодоношения плодовых насаждений. На плодоношение садов влияет множество факторов, таких как почвенно-климатические условия, агротехника, влагообеспеченность, питание, защита от болезней и вредителей, сорт и т.д. Эффективное возделывание современного сорта невозможно без обеспечения качественного перекрестного опыления, так как большинство сортов семечковых культур относятся к самобесплодным. Решением этой задачи может быть выведение самоопыляемых (самоплодных) сортов плодовых культур для моносортных насаждений. Такие сады практически не подвержены периодичности плодоношения, что гарантирует получение урожая, упрощает уход, защиту и уборку плодов и, соответственно, сокращает затраты на производство качественных плодов [3, 7].

Большинство сортов груши являются самобесплодными, и лишь немногие сорта способны формировать урожай при самоопылении [8]. Способность сорта завязывать плоды при опылении собственной пылью определяется как условиями среды, так и наследственностью, что создает предпосылки для создания самоплодных сортов. Важным этапом в создании таких сортов является аналитическая селекция (пребридинг), позволяющая выявить искомые признаки на начальном этапе [5, 6].

Не менее актуальным, чем создание самоплодных сортов, является последующее выявление лучших опылителей для современного сортимента плодовых культур, и в частности груши [7, 9]. Данным вопросом в России и за рубежом занимались и продолжают заниматься многие исследователи в области плодоводства, изучая самоплодность плодовых культур и создавая рекомендации по сортам-опылителям для соб-

ственного сортимента [1-4, 8, 12, 14]. В связи с появлением новых перспективных сортов груши существует научно-практическая необходимость в проведении исследований по оценке их генетических особенностей с целью выделения самоплодных сортов в условиях Нижнего Поволжья для создания как традиционных разносортных, так и моносортных промышленных насаждений, а также использования при отборе нового исходного материала в селекции на заданные признаки [10, 11].

Цель исследований – изучение степени самоплодности и подбор лучших опылителей у вновь созданных сортов груши местной селекции для использования в плодоводстве и селекционной работе при создании современных автофертильных (самоплодных) сортов, эффективных для возделывания в условиях Нижнего Поволжья.

Материалы и методы. Работа выполнялась в лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, в коллекционных и селекционных насаждениях груши в 2014-2018 гг. За время исследований погодные условия в период цветения незначительно отклонялись от среднесезонных данных в ту или иную сторону. Так как на процент завязывания плодов при самоопылении влияют как наследственность, так и внешние факторы среды, для определения степени самоплодности брались средние показатели за несколько лет исследований [7].

Насаждения расположены в сухостепной зоне светло-каштановых почв Волгоградской области, на правобережье реки Волги. Климат зоны резко континентальный, с частым проявлением засух, резкими термическими аномалиями и малой относительной влажностью воздуха в период активной вегетации растений. Почвы в основном легкого и среднего гранулометрического состава, слабо- и среднесолонцеватые, содержание гумуса – 1,2-1,6 %.

Количество учетных деревьев каждого сорта составляло 6 растений, каждое дерево – одна повторность. В каждом варианте опылялось 150-200 цветков. Достоверность различий между комбинациями скрещивания (варианты опыта) подтверждается сравнительной оценкой фактических показателей и общепринятой классификаций степени самоплодности. Техника проведения опыления, заготовки пыльцы, изоляции бутонов выполнена согласно общепринятым методикам для проведения исследований с плодовыми культурами (Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, 1999 г.). В основу методического подхода по выявлению оптимальных опылителей взято установление перекрестной совместимости сортов в полевых условиях [7, 9].

Объектами исследований являлись перспективные сорта груши отечественной селекции: Красавица Поволжья, Юбилейная Корнеева, Андреевская, Людмила, Дубовочка, Зимняя кубаревидная, Лаванда, Капелла, Ордината, Фермата, Ракета Дубовская, Память Корнеева, Банкетная, Зональная, Омега.

Результаты и обсуждение. Согласно литературным источникам, изучению самоплодности груши не уделялось должного внимания, и как правило данное направление исследований проводилось совместно с определением лучших опылителей для перекрестноопыляемых сортов. На основании данных многолетнего изучения учеными были выявлены сорта груши, являющиеся как самоплодными и передающими этот признак по наследству, так и хорошими опылителями для многих самобесплодных и частично самоплодных сортов. К самоплодным сортам с хорошей пыльцой можно отнести Любимицу Клаппа, Вильямс, Лесную красавицу, Бере Боск, Бере Жиффар, Красный Кавказ, Пасс Крассан, Сеянец Киффера, Конференцию, Оливье де Серр, Бере Арданпон и др., а также некоторые производные от них сорта [4, 8, 13].

В наших исследованиях на основании полевых опытов определялась степень самоплодности новых сортов груши, а также подбирались лучшие опылители для них (таблица 1). Помимо этого, решалась задача выделения источников вышеназванного признака на основе пребридинга [5, 6].

Таблица 1 – Результаты опыления перспективных сортов груши, (лаборатория селекции, семеноводства и питомниководства ФНИЦ агроэкологии РАН, коллекционные насаждения 2001 года посадки, схема посадки 5 x 3 м, подвой - сеянцы груши, 2014-2018 гг.), %

Table 1 – Results of pollination of promising pear varieties, (laboratory of selection, seed production and nursery of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, collection plantations planted in 2001, planting scheme 5 x 3 m, rootstock – pear seedlings, 2014-2018), %.

Вариант / Variant	Среднее за годы исследований Average over years of research	
	Абсолютная завязываемость плодов от числа опыленных цветков / Absolute fruit set on the number of pollinated flowers	Завязываемость плодов относительно свободного опыления / Binding fruit relatively free pollination
1	2	3
♀ Красавица Поволжья / Krasavitsa Povolzh'ya		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	6,2	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	3,3	53,2
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	8,0	129,0
Бессемянка / Bessemyanka	10,4	167,7
Бергамот Волжский / Bergamot Volzhsky	7,6	122,6
♀ Юбилейная Корнеева / Yubileynaya Korneeva		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	19,2	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	24,2	126,0
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	17,5	91,16
Бессемянка / Bessemyanka	22,0	114,6
Бергамот Волжский/ Bergamot Volzhsky	18,2	94,8
♀ Андреевская / Andreevskaya		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	8,3	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	3,5	42,2
Лесная красавица/ Lesnaya krasavitsa	7,2	86,7
Юбилейная Корнеева/ Yubileynaya Korneeva	5,8	69,9
Бессемянка/ Bessemyanka	7,8	94,0
♀ Людмила 24 / Ludmila 24		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	34,0	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	15,1	44,4
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	22,2	65,3
Белолистка / Belolistka	25,2	74,1
Дубовская ранняя / Dubovskaya rannaya	19,2	56,5
Бессемянка / Bessemyanka	23,4	68,8
♀ Дубовочка 22 / Dubovochka 22		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	8,1	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	4,5	55,5

Продолжение таблицы 1

1	2	3
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	11,7	144,4
Белолистка / Belolistka	10,4	128,4
Дубовская ранняя / Dubovskaya rannaya	4,0	49,4
Бессемянка / Bessemyanka	6,1	75,3
♀ Зимняя кубаревидная / Zimnyaya kubarevidnaya		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	11,0	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	3,9	35,4
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	12,0	109,1
Юбилейная Корнеева / Yubileynaya Korneeva	11,7	106,4
Бессемянка / Bessemyanka	8,7	79,1
♀ Лаванда / Lavanda		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	22,0	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	7,0	31,8
Юбилейная Корнеева / Yubileynaya Korneeva	23,5	106,8
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	23,7	107,7
Дубовская ранняя / Dubovskaya rannaya	23,0	104,5
♀ Капелла / Kapella		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	7,3	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	0,2	2,7
Юбилейная Корнеева / Yubileynaya Korneeva	4,5	61,6
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	3,7	50,1
Дубовская ранняя / Dubovskaya rannaya	3,7	50,7
♀ Ордината / Ordinata		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	4,8	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	2,5	52,1
Юбилейная Корнеева / Yubileynaya Korneeva	7,5	156,2
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	4,5	93,7
Дубовская ранняя / Dubovskaya rannaya	5,5	114,6
♀ Фермата 1130 / Fermata 1130		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	5,8	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	4,2	72,4
Юбилейная Корнеева / Yubileynaya Korneeva	7,2	124,1
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	6,1	105,2
Дубовская ранняя / Dubovskaya rannaya	5,1	87,9
♀ Ракета дубовская 1647 / Raketa dubovskaya 1647		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	9,7	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	1,9	19,6
Юбилейная Корнеева / Yubileynaya Korneeva	8,0	82,5
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	10,3	106,2
Дубовская ранняя / Dubovskaya rannaya	7,4	76,3
♀ Память Корнеева / Pamyat' Korneeva		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	15,3	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	10,7	69,9
Юбилейная Корнеева / Yubileynaya Korneeva	14,7	96,1
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	15,1	98,7
Дубовская ранняя / Dubovskaya rannaya	9,0	58,8
♀ Банкетная / Banketnaya		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	21,8	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	16,1	73,8
Юбилейная Корнеева / Yubileynaya Korneeva	13,5	61,9

Окончание таблицы 1

1	2	3
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	3,8	17,4
Дубовская ранняя / Dubovskaya rannaya	9,7	44,5
♀ Зональная / Zonal'naya		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	11,5	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	5,3	46,1
Юбилейная Корнеева / Yubileynaya Korneeva	10,5	91,3
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	11,0	95,6
Дубовская ранняя / Dubovskaya rannaya	8,0	69,6
♀ Омега / Omega		
Свободное опыление (st.) / Free pollination	14,5	-
Искусственное самоопыление / Artificial self-pollination	3,3	22,7
Юбилейная Корнеева / Yubileynaya Korneeva	13,7	94,5
Лесная красавица / Lesnaya krasavitsa	10,0	69,0
Дубовская ранняя / Dubovskaya rannaya	9,0	62,1

Многочисленными исследованиями установлено, что самоплодным может считаться сорт при завязывании более 10 % плодов от самоопыления, или более 70 % относительно свободного опыления. Частично самоплодным считается сорт при завязывании более 5 % от самоопыления и более 50 % относительно свободного опыления. Более низкий процент говорит о самобесплодности сорта (Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, 1999 г.). Лучшими опылителями можно считать сорта, которые обеспечивают процент завязавшихся плодов выше свободного опыления или близкий к нему (≤ 80 %), допустимыми опылителями являются сорта, обеспечивающие завязываемость плодов на уровне 60-80 % по отношению к свободному опылению и плохие опылители – сорта, завязываемость плодов которых менее 60 % по отношению к свободному опылению [7].

На основании общепринятых данных из всех изучаемых сортов к самоплодным можно отнести лишь три сорта: Юбилейная Корнеева, Память Корнеева и Банкетная. У этих сортов завязывание плодов при самоопылении составило от 10,7 до 24,2 %, а завязываемость плодов относительно свободного опыления составила от 69,9 до 126 % (таблица 1). Но, несмотря на самоплодность, более высокие и качественные урожаи получаются при наличии сорта-опылителя [7]. В случае с нашими сортами лучшими опылителями для сорта Юбилейная Корнеева являются сорта Бессемянка, Лесная красавица и Бергамот Волжский, для сорта Память Корнеева – сорта Юбилейная Корнеева и Лесная красавица. Данные сорта показали завязываемость плодов относительно свободного опыления от 91,1 до 114,6 %. У сорта Банкетная при подборе опылителя выделился лишь один сорт в качестве допустимого опылителя – Юбилейная Корнеева – с минимальным процентом завязывания плодов относительно свободного опыления (таблица 1).

К частично самоплодным можно отнести также лишь три сорта: Людмила, Лаванда и Фермата. Абсолютное завязывание плодов при самоопылении у этих сортов составило от 4,2 до 15,1 %, а завязываемость плодов относительно свободного опыления – от 31,8 до 72,4 % (таблица 1). В качестве лучших опылителей для сортов Фермата и Лаванда выделились Лесная красавица, Юбилейная Корнеева и Дубовская ранняя. У сорта Людмила выделились лишь допустимые сорта-опылители – Лесная красавица, Белолистка и Бессемянка.

Остальные изучаемые сорта оказались самобесплодными (стерильными), с минимальным завязыванием плодов при самоопылении как в абсолютной величине, так и относительно свободного опыления (таблица 1). У большинства самобесплодных сортов в ка-

честве лучшего опылителя выделились сорта Юбилейная Корнеева и Лесная красавица. Но при этом у сорта Капелла сорт Юбилейная Корнеева оказался допустимым опылителем (61,7 %), а Лесная красавица – плохим опылителем (50,1 %), у сорта Омега сорт Лесная красавица выделился лишь в качестве допустимого опылителя (69,0 %).

Помимо определения степени самоплодности и подбора лучших опылителей для новых перспективных сортов груши селекции ФНЦ агроэкологии РАН по общепринятым методикам, нами на основе предварительной селекции (пребридинга) решалась задача выделения источников вышеназванного признака [5, 6]. Нашими исследованиями подтверждается возможность передачи признака самоплодности от генотипа, обладающего данным признаком, последующим поколениям. В данном случае в сортах Юбилейная Корнеева и Банкетная присутствуют родительские формы, являющиеся носителями признака самоплодности, а именно сорта Сеянец Киффера и Оливье де Серр [8, 15]. У сорта Память Корнеева, так как он получен от свободного опыления сорта Бахмал, также среди родительских форм может присутствовать генотип, обладающий признаком автофертильности [6, 15].

Выводы. В результате многолетних исследований новых и перспективных сортов груши селекции ФНЦ агроэкологии РАН, были определены самоплодные, частично самоплодные и самобесплодные генотипы, а также подобраны лучшие сорта-опылители для них, позволяющие получать высокие и стабильные урожаи. К самоплодным сортам относятся: Юбилейная Корнеева (24,2 %), Банкетная (16,1 %), Память Корнеева (10,7 %). Частично самоплодными, по данным, полученным в ходе проведенных исследований, можно считать сорта Людмила (15,1 %), Лаванда (7 %) и Фермата (4,2 %), остальные сорта показали себя как самобесплодные. На основании полученных данных была подтверждена возможность передачи признака автофертильности от родительских и прародительских форм последующим поколениям, выделены доноры и источники признака самоплодности. В качестве донора вышеназванного признака можно считать сорт Юбилейная Корнеева, так как его потомство (сорт Банкетная) тоже обладает признаком автофертильности. Источником данного признака можно считать сорта Память Корнеева и Банкетная. Вышеперечисленные сорта могут использоваться в качестве исходного материала для селекции груши на самоплодность.

Библиографический список

1. Васильев А. А., Гасымов Ф. М. О., Глаз Н. В. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов груши в условиях Челябинской области // АПК России. 2019. Т. 26. № 3. С. 333-337.
2. Долматов Е. А., Седов Е. Н. Итоги селекции груши во ВНИИСПК // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2019. Т. 6. № 2. С. 11-16.
3. Палфитов В. Ф. Прогнозирование плодovitости сортов яблони и выбор лучших среди них опылителей по содержанию флавоноидов в репродуктивных структурах их цветков: монография. Мичуринский государственный аграрный университет. Мичуринск, 2017. 160 с.
4. Панова М. А., Мережко О. Е. Результаты изучения интродуцированных сортов груши в условиях Южного Урала // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/MAP-2019-4.pdf>.
5. Предварительная селекция (пребридинг) - важный этап в создании новых сортов яблони / Е. Н. Седов, Н. Г. Красова, З. М. Серова, М. А. Макаркина // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 2. С. 75-77.
6. Предварительная селекция плодовых культур / Г. В. Еремин, И. В. Дубравина, Н. Н. Коваленко, Т. А. Гасанова. Краснодар: КубГАУ, 2016. 335 с.
7. Рекомендации по подбору сортов-опылителей для современного сортимента плодовых культур и фундука / В. В. Васеха, З. А. Козловская, М. Н. Васильева, А. А. Таранов, О. А. Якимович, Н. Л. Рудницкая, Н. В. Луговцова // Плодоводство: сб. науч. трудов. Самохваловичи: Институт плодоводства, 2016. С. 346-355.

8. Седов Е. Н., Долматов Е. А., Красова Н. Г. Оценка исходных форм и результаты селекции груши во ВНИИСПК // Аграрный научный журнал. 2017. № 8. С. 29-32.
9. Современные методология, инструментарий оценки и отбора селекционного материала садовых культур и винограда: монография / Е. А. Егоров [и др.]. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2017. 282 с.
10. Солонкин А. В., Дубравина И. В. Выделение нового исходного материала в селекции сортов сливы на самоплодность // Успехи современного естествознания. 2018. № 3. С. 76-81.
11. Солонкин А. В., Дубравина И. В. Изучение самоплодности перспективных сортов вишни в Нижнем Поволжье для целенаправленной селекции и создания моносортных насаждений // Агроэкоинфо. 2018. № 1 (31). С. 24.
12. Тарасова Г. Н. Компоненты продуктивности новых сортов и селекционных форм груши на Среднем Урале // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 2. С. 101-107.
13. Якимович О. А., Богдан Т. Н. Взаимоопыляемость сортов груши в Беларуси // Плодоводство: сборник научных трудов. Минск, 2017. С. 34-40.
14. Pástor M., Jakubec B. B., Uherková A. International scientific conference: Wooded Rural Landscapes in Central and Eastern Europe: Biodiversity, Cultural Legacy and Conservation. Poland. Book of Abstracts, 2017. 76 p.
15. Solonkin A. V., Nikolskaya O. A., Kikteva E. N. Selection improvement of pear (pyrus communis L.) in the lower Volga region // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 548(8). Retrieved from www.scopus.com

Conclusions. As a result of many years of research on new and promising pear varieties of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, self-fertile, partially self-fertile and self-infertile genotypes were identified, as well as the best pollinator varieties were selected for them, allowing to obtain high and stable yields. Self-fertile varieties include: Yubileynaya Korneeva (24.2%), Banquet (16.1%), Pamyat Korneeva (10.7%). Partially self-fertile, according to the data obtained in the course of the research, the varieties Ludmila (15.1%), Lavender (7%) and Fermata (4.2%) can be considered, the rest of the varieties showed themselves as self-fertile. On the basis of the data obtained, the possibility of transferring the trait of autofertility from parental and grandparent forms to subsequent generations was confirmed, donors and sources of the trait of self-fertility were identified. The Yubileynaya Korneeva variety can be considered as a donor of the above trait, since its offspring (Banquetnaya variety) also has the autofertility trait. The cultivars Pamyat Korneeva and Banquetnaya can be considered the source of this trait. The above listed varieties can be used as a starting material for breeding pears for self-fertility.

References

1. Vasil'ev A. A., Gasymov F. M. O., Glaz N. V. Ocenka jkologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti sortov grushi v usloviyah Chelyabinskoy oblasti // APK Rossii. 2019. Т. 26. № 3. Р. 333-337.
2. Dolmatov E. A., Sedov E. N. Itogi selekcii grushi vo VNIISPK // Selekcija i sortovazvedenie sadovyh kul'tur. 2019. Т. 6. № 2. Р. 11-16.
3. Palfitov V. F. Prognozirovanie plodovitosti sortov yabloni i vybor luchshih sredi nih opylitelej po sodержaniyu flavonoidov v reproduktivnyh strukturah ih cvetkov: monografiya. Michurinskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. Michurinsk, 2017. 160 p.
4. Panova M. A., Merezko O. E. Rezul'taty izucheniya introducirovannyh sortov grushi v usloviyah Yuzhnogo Urala // Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo centra UrO RAN. 2019. URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/MAP-2019-4.pdf>.
5. Predvaritel'naya selekcija (prebridging) - vazhnyj etap v sozdanii novyh sortov yabloni / E. N. Sedov, N. G. Krasova, Z. M. Serova, M. A. Makarkina // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2016. Т. 30. № 2. Р. 75-77.

6. Predvaritel'naya selekciya plodovyh kul'tur / G. V. Eremin, I. V. Dubravina, N. N. Kovalenko, T. A. Gasanova. Krasnodar: KubGAU, 2016. 335 p.
7. Rekomendacii po podboru sortov-opylitelej dlya sovremennogo sortimenta plodovyh kul'tur i funduka / V. V. Vaseha, Z. A. Kozlovskaya, M. N. Vasil'eva, A. A. Taranov, O. A. Yakimovich, N. L. Rudnickaya, N. V. Lugovcova // Plodovodstvo: sb. nauch. trudov. Samohvalovichi: Institut plodovodstva, 2016. P. 346-355.
8. Sedov E. N., Dolmatov E. A., Krasova N. G. Ocenka isxodnyh form i rezul'taty selekcii grushi vo VNIISPK // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2017. № 8. P. 29-32.
9. Sovremennye metodologiya, instrumentarij ocenki i otbora selekcionnogo materiala sadovyh kul'tur i vinograda: monografiya / E. A. Egorov [i dr.]. Krasnodar: FGBNU SKFNCSSV, 2017. 282 p.
10. Solonkin A. V., Dubravina I. V. Vydelenie novogo isxodnogo materiala v selekcii sortov slivy na samoplodnost' // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2018. № 3. P. 76-81.
11. Solonkin A. V., Dubravina I. V. Izuchenie samoplodnosti perspektivnyh sortov vishni v Nizhnem Povolzh'e dlya celenapravlennoj selekcii i sozdaniya monosortnyh nasazhdenij // AgroJkoinfo. 2018. № 1 (31). P. 24.
12. Tarasova G. N. Komponenty produktivnosti novyh sortov i selekcionnyh form grushi na Srednem Urale // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2020. T. 181. № 2. P. 101-107.
13. Yakimovich O. A., Bogdan T. N. Vzaimootpylyaemost' sortov grushi v Belarusi // Plodovodstvo: sbornik nauchnyh trudov. Minsk, 2017. P. 34-40.
14. Pástor M., Jakubec B. B., Uherková A. International scientific conference: Wooded Rural Landscapes in Central and Eastern Europe: Biodiversity, Cultural Legacy and Conservation. Poland. Book of Abstracts, 2017. 76 p.
15. Solonkin A. V., Nikolskaya O. A., Kikteva E. N. Selection improvement of pear (pyrus communis L.) in the lower Volga region // Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. 548(8). Retrieved from www.scopus.com

Authors Information

Solonkin Andrey Valerievich, Deputy Head of the Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, (RF, 400062, Volgograd, Prospect University, 97), Doctor of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-7824>, solonkin-a@vfanc.ru

Nikolskaya Olga Alekseevna, Senior Researcher, Laboratory of Breeding, Seed Production and Nursery, Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), ORCID: 0000-0002-1337-7101, solonkin-a@vfanc.ru

Elena Nikolaevna Kikteva, Junior Researcher, Laboratory of Breeding, Seed Production and Nursery Breeding of the Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, (RF, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 97), ORCID: 0000-0002-3095-2884, solonkin-a@vfanc.ru

Информация об авторах

Солонкин Андрей Валерьевич, заместитель директора Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, (РФ, 400062, Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-7824>, solonkin-a@vfanc.ru

Никольская Ольга Алексеевна, старший научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, (РФ, 400062, Волгоград, пр. Университетский, 97), ORCID: 0000-0002-1337-7101, solonkin-a@vfanc.ru

Киктева Елена Николаевна, научный сотрудник лаборатории селекции, семеноводства и питомниководства Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, (РФ, 400062, Волгоград, пр. Университетский, 97), ORCID: 0000-0002-3095-2884, solonkin-a@vfanc.ru

USE OF GROWTH-STIMULATING DRUGS IN CULTIVATION OF ONION AND TABLE BEET IN THE CONDITIONS OF DRIP IRRIGATION

N.V. Tyutyuma, A. N. Bondarenko, O. V. Kostyrenko, E. N. Petrov

*Federal State Budget Scientific Institution
«Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»,
Astrakhan region, Chernoyarsky district, the village of Salty Zaymishche*

Received 09.10.2020

Submitted 25.02.2021

The research was carried out in the framework of research in 2018-2020. "Improve zonal agricultural technologies for crop cultivation in order to effectively use the natural resource potential of agricultural landscapes of the Northern Caspian region" Topic № 0722-2019-0016

Summary

The article presents the results of cultivation of red beet and onion with the use of sheet-treatments in conditions of light-chestnut soil under drip method of irrigation. The optimal options that contribute to the formation of a high yield of the studied crops are determined.

Abstract

Introduction. Expert estimates show that the Astrakhan region can become one of the leading regions of the country for the production of onions and table beets, providing up to 300 - 500 thousand tons of products annually. At the same time, the average yield of these crops in the Astrakhan region remains quite low. One of the reasons for this is the lack of scientifically based resource-saving irrigation technologies. **Object.** Onion: Sima, Kristina, Gordion and hybrid Bayram F₁; table beet: Ethiopka, Mulatka, Khutoryanka, Bona F₁. **Materials and methods.** For the first time for the conditions of light chestnut soils on the land use territory of the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» during 2018-2019 years the study was carried out of the effect of foliar treatments with modern growth-stimulating drugs aimed at increasing the yield of onions and beets with drip irrigation. In the course of research work, by the method of split plots with systematic placement, 2 two-factor field experiments on the culture of onion and beet were laid. Studies on the effect of the antistress agrochemical Aminofol Plus, the growth stimulator Novosil, the complex mineral fertilizer for foliar feeding Zdraven turbo (universal for vegetable crops), the complex mineral fertilizer Aminovit on the yield and economic efficiency in light chestnut soil conditions. **Results and conclusions.** According to the results of the study on the cultivation of onions and table beets, the leafy ones had a positive impact on the growth processes and yield of cultivated crops. Processing of the natural regulator of new crops according to the standards from the producer, positively affected the yield and economic indicators of this crop. Sima variety with an indicator of 206.9% was highly profitable in this processing option. Leaf treatments with the complex mineral fertilizer Aminovit and the anti-stress agrochemical Aminofol Plus had a positive impact on both the yield and economic efficiency of table beet cultivation. High profitability indicators were achieved in the Ethiopka Variety on these processing options and were equal to 129.1 - 131.0%.

Key words: onion; table beet; variety; hybrid; yield; growth-stimulating drugs.

Citation. Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N., Kostenko O. V., Petrov E. N. Use of growth-stimulating drugs in the cultivation of onion and table beet in the conditions of drip irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021.1 (61). 113-123 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-11.

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

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

УДК 635.649:635.26:631.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЛУКА РЕПЧАТОГО И СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ В УСЛОВИЯХ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

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

А. Н. Бондаренко, кандидат географических наук

О. В. Костыренко, младший научный сотрудник

Е. Н. Петров, младший научный сотрудник

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
Астраханская область, Черноярский район, село Солёное Займище

Дата поступления в редакцию 09.10.2020

Дата принятия к печати 25.02.2021

Исследования проведены в рамках тематики НИР 2018-2020гг.

«Усовершенствовать зональные агротехнологии возделывания сельскохозяйственных культур с целью эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов Северного Прикаспия» Тема № 0722-2019-0016

Актуальность. Экспертные оценки показывают, что Астраханская область может превратиться в один из ведущих регионов страны по производству лука репчатого и столовой свеклы, ежегодно обеспечивая до 300-500 тыс. тонн продукции. При этом средняя урожайность данных культур на территории Астраханской области остается сравнительно невысокой. Одной из причин этого является отсутствие научно обоснованных ресурсосберегающих технологий орошения. **Объект.** Лук репчатый: Сима, Кристина, Гордион и гибрид Байрам F₁; свекла столовая: Эфиопка, Мулатка, Хуторянка, Бона F₁. **Материалы и методы.** Впервые для условий светло-каштановых почв на территории землепользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный научный федеральный научный центр РАН» в течение 2018-2019 гг. было проведено изучение влияния внекорневых обработок современными ростостимулирующими препаратами, направленными на повышение урожайности лука репчатого и столовой свеклы при капельном способе полива. В ходе НИР методом расщепленных делянок с систематическим размещением были заложены два двухфакторных полевых опыта по культурам: лук репчатый и столовая свекла. Исследования по влиянию антистрессового агрохимиката Аминофол Плюс, ростостимулятора Новосил, комплексного минерального удобрения для листовой подкормки Здравень турбо (универсальный для овощных культур), комплексного минерального удобрения Аминовит на урожайность и экономическую эффективность в условиях светло-каштановой почвы. **Результаты и выводы.** Проведенные исследования по возделыванию лука репчатого и столовой свеклы показали, что листовые подкормки положительным образом повлияли на ростовые процессы и урожайность возделываемых культур. Обработки природным регулятором Новосил, согласно нормам от товаропроизводителя, положительно повлияли на урожайность и экономические показатели данной культуры. Высокорентабельным на данном варианте обработки оказался сорт Сима с показателем 206,9 %. Листовые обработки комплексным минеральным удобрением Аминовит и антистрессовым агрохимикатом Аминофол Плюс оказали положительное влияние как на урожайность, так и на экономическую эффективность при возделывании столовой свеклы. Высокие показатели рентабельности были достигнуты у сорта Эфиопка на данных вариантах обработки и были равны 129,1-131,0 %.

Ключевые слова: возделывание лука репчатого, возделывание столовой свеклы, сорта лука репчатого, гибриды лука репчатого, урожайность свеклы столовой, ростостимулирующие препараты.

Цитирование. Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н., Костыренко О. В., Петров Е. Н. Использование ростостимулирующих препаратов при возделывании лука репчатого и столовой свеклы в условиях капельного орошения. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 113-123. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-11.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На сегодняшний день объем сельскохозяйственной продукции и ее переработки ежегодно возрастает, но полностью не удовлетворяется.

Это связано, в первую очередь, с тем, что увеличение площадей, где выращивают столовую свеклу и лук репчатый, еще недостаточно [15, 24].

Приоритетным направлением в развитии растениеводства является внедрение инновационных ресурсосберегающих технологий и современной техники при возделывании как лука репчатого, так и столовой свеклы [8, 9, 16, 21-23, 25].

Лук репчатый является одной из наиболее ценных и распространенных овощных культур [15, 17-20].

К примеру, технологии возделывания лука репчатого в ряде КФХ Волгоградской области базируются на комплексном применении высокоурожайных гибридов отечественной и зарубежной селекции, внесении оптимальных доз минеральных удобрений, применении современных стимуляторов роста, высокоэффективных гербицидов, а также баковых смесей, новейшей техники, обеспечивающей проведение всех агрономических работ в установленные сроки [4, 7, 8, 10, 11].

Опыт по применению гуминового препарата Росток, проведенный Литвиненко Н. В. и соавторами в течение 2013-2014 гг., показал, что все три сорта (Сурон, Кармен и Стардаст) лука репчатого положительно отозвались на применении препарата Росток [5].

К примеру, на орошаемых землях Волгоградской области Городищенского района проводились исследования в течение 2015-2017 гг. А. Д. Ахмедовым. В соответствии с задачей исследований определялся оптимальный водно-питательный режим почвы при возделывании столовой свеклы сорта Бордо. В результате трехлетних исследований на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья при капельном способе полива результатами было установлено, что применяемые режимы орошения (до 70, 80 и 90 %) и нормы внесения минеральных удобрений ($N_{130}P_{80}K_{20}$; $N_{180}P_{130}K_{60}$; $N_{230}P_{180}K_{100}$) позволяют получать планируемый урожай столовой свеклы на уровне 60-80 т/га [1].

По результатам проведенных исследований А. О. Сюбаевой и В. И. Титовой в Нижегородской ГСХА в 2013-2014 гг. было доказано, что использование биопрепарата Азофобактерин-АФ под столовую свеклу на почве с повышенной и высокой обеспеченностью фосфором и калием дает прибавку урожайности корнеплодов на 30-69 %, с максимальным эффектом при комплексном применении биопрепарата [9].

Вопрос по возделыванию лука репчатого и столовой свеклы с использованием ростостимулирующих препаратов применительно к зональным условиям Астраханской области остается открытым. Одной из причин этого является отсутствие научно обоснованных ресурсосберегающих технологий.

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

Материалы и методы. В ходе НИР методом расщепленных делянок были заложены два двухфакторных полевых опыта по культуре лук репчатый и столовая свекла. Повторность опыта – трехкратная. Размещение делянок – систематическое [3].

В полевом опыте **фактором А** являлись сорта и гибрид лука репчатого среднего срока созревания: Байрам F₁, Кристина, Сима, Гордион, а также сорта столовой свеклы Эфиопка, Хуторянка, Мулатка и гибрид Бона F₁.

Фактором В являлись антистрессовый агрохимикат Аминофол Плюс, ростостимулятор Новосил, комплексное минеральное удобрение для листовой подкормки Здравень турбо (универсальный для овощных), минеральное удобрение Аминовит.

Общая площадь под изучением лука репчатого – 240,0 м². Площадь делянки под сорт – 60,0 м²; площадь делянки под вариантами – 20,0 м². Площадь учётной делянки – 5,0 м². Норма высева семян – 1200 тыс. шт./га с расстоянием между семенами в ряду 3-4 см. Схема посева (многорядная) – 0,10 м х 0,08 м (отступ от капельной ленты 0,10 м с расстоянием между рядками 0,08 м) на гряде шириной 0,7 м.

Общая площадь под изучением **столовой свеклы** – 240,0 м². Площадь делянки под сорт – 60,0 м²; площадь делянки под вариантами – 20,0 м². Площадь учётной делянки – 5,0 м². Норма высева – 600,0-700,0 тыс. шт./га. Расстояние между семенами 6-7 см. Схема посева (многорядная) – 0,10 м х 0,08 м (отступ от капельной ленты 0,10 м с расстоянием в рядке 0,08 м).

Варианты опыта для лука репчатого: контроль – без обработки; Аминофол Плюс; Новосил; Здравень турбо. **Варианты опыта для столовой свеклы:** контроль (без обработки); Новосил; Аминофол Плюс; Аминовит.

Для выполнения поставленных задач проводились полевые учеты, наблюдения и измерения с использованием методики полевого опыта Доспехова Б. А. [3], а также методики опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве под редакцией Белика В. Ф., Литвинова С. С. [2, 6].

Экономическая эффективность возделывания изучаемых сортов и гибридов овощных культур рассчитана согласно технологической карте и методическим рекомендациям [13, 14].

Результаты и обсуждение. В результате полученных данных по возделыванию различных сортов и гибрида столовой свеклы при капельном способе полива за период изучения 2018-2019 гг., проведенные исследования позволили выделить наиболее рентабельный для производства сорт Эфиопка (таблица 1).

Рентабельность производства на контрольных вариантах (без обработки) по всем изучаемым гибридам и сорту столовой свеклы имела также и отрицательное значение, при этом варьировала от минимального -25,0 до максимального 126,5 %. Экономическая эффективность составляла от 0,8 до 2,3 р./р. вложенных затрат.

На варианте с использованием листовой обработки препаратом Новосил товарная урожайность составляла от 62,8 т/га, себестоимость 1 т была равна 4,5 тыс. р., экономическая эффективность – 2,2 р./на р. Следует также отметить, что наибольший эффект был получен у данного сорта на вариантах с использованием листовой обработки препаратом Аминовит и Аминофол Плюс. Товарная урожайность на данных вариантах оказалась максимальной и отличалась друг от друга незначительно 65,6-66,0 т/га при общих затратах от 285,7 до 286,4 тыс. р. Себестоимость товарной продукции на 1 т варьировала от 4,3-4,4 тыс. р., рентабельность при таких показателях была равна на варианте с листовой обработкой препаратом Аминовит 129,1 %, а на варианте с использованием антистрессового агрохимиката Аминофол Плюс – 131,0 %. Экономическая эффективность по данным вариантам была равна 2,3 р./на р. вложенных затрат.

Районированный Гибрид столовой свеклы Бона F₁ за годы исследования несколько не уступал сорту Эфиопка и оказался на уровне среднего среди изучаемых сортов. При общих затратах на производстве 285,2 тыс. р. Урожайность на контрольном варианте была равна 46,2 т/га, рентабельность 62,0 %, экономическая эффективность 1,6 р./на р.

Таблица 1 – Экономическая эффективность столовой свеклы, 2018-2019 гг.

Table 1 – Economic efficiency of table beet, 2018-2019

Сорт, гибрид / Variety, hybrid	Вариант / Option	Урожайность, т/га / Yield, t / ha	Общие затраты, тыс. р. / Total costs, thousand rubles.	Себестоимость, тыс. р./т / Cost price, thousand rubles / t	Стоимость реализованной продукции, тыс. р. / Cost of products sold, thousand rubles.	Чистый доход, тыс. р./га / Net income, thousand rubles / ha	Рентабельность, % / Profitability, %	Экономическая эффективность, р. / на р. вложенных затрат / Economic efficiency, p. / per p. of invested costs
Муллатка / Mulatto	Контроль / Control	21,4	285,2	13,3	214,0	-71,2	-25,0	0,8
	Аминовит / Aminovit	43,0	286,4	6,7	430,0	143,6	50,1	1,5
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	28,4	285,7	10,1	284,0	-1,7	-0,6	1,0
	Новосил / Novosil	30,0	285,5	9,5	300,0	14,5	5,1	1,1
Хуторянка / Khutoryanka	Контроль / Control	21,4	285,2	13,3	214,0	-71,2	-25,0	0,8
	Аминовит / Aminovit	30,4	286,4	9,4	304,0	17,6	6,1	1,1
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	26,4	285,7	10,8	264,0	-21,7	-7,6	0,9
	Новосил / Novosil	25,0	285,5	11,4	250,0	-35,5	-12,4	0,9
Бона F1 / Bona F1	Контроль / Control	46,2	285,2	6,2	462,0	176,8	62,0	1,6
	Аминовит / Aminovit	57,2	286,4	5,0	572,0	285,6	99,7	2,0
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	53,4	285,7	5,4	534,0	248,3	86,9	1,9
	Новосил / Novosil	52,8	285,5	5,4	528,0	242,5	84,9	1,8
Эфиопка / Ethiopian	Контроль / Control	64,6	285,2	4,4	646,0	360,8	126,5	2,3
	Аминовит / Aminovit	65,6	286,4	4,4	656,0	369,6	129,1	2,3
	Аминофол Плюс / Aminobol Plus	66,0	285,7	4,3	660,0	374,3	131,0	2,3
	Новосил / Novosil	62,8	285,5	4,5	628,0	342,5	120,0	2,2

Таблица 2 – Экономическая эффективность лука репчатого в зависимости от вариантов обработки за 2018-2019 гг.

Table 2 – Economic efficiency of onions depending on from processing options for 2018-2019

Сорт, гибриды / Variety, hybrid	Вариант / Option	Урожайность, т/га / Yield, t / ha	Общие затраты, тыс. р. / Total costs, thousand rubles.	Себестоимость, тыс. р./т / Cost price, thousand rubles / t	Стоимость реализованной продукции, тыс. р. / Cost of products sold, thousand rubles.	Чистый доход, тыс. р./га / Net income, thousand rubles / ha	Рентабельность, % / Profitability, %	Экономическая эффективность, р./на р. вложенных затрат / Economic efficiency, p. / per efficiency, p. of invested costs
Байрам F1 / Bayram F1	Контроль / Control	82,0	289,1	3,53	656,0	366,9	126,94	2,27
	Аминофол Плюс / Aminofol Plus	99,0	289,6	2,92	792,0	502,4	173,52	2,74
	Новосил / Novosil	99,0	289,3	2,92	792,0	502,7	173,73	2,74
	Здравень Турбо / Zdraven Turbo	86,0	289,8	3,37	688,0	398,2	137,37	2,37
Кристина / Christina	Контроль / Control	66,0	289,1	4,38	528,0	238,9	82,66	1,83
	Аминофол Плюс / Aminofol Plus	88,0	289,6	3,29	704,0	414,4	143,13	2,43
	Новосил / Novosil	92,0	289,3	3,15	736,0	446,7	154,37	2,54
	Здравень Турбо / Zdraven Turbo	70,0	289,8	4,14	560,0	270,2	93,21	1,93
Сима / Sima	Контроль / Control	85,0	289,1	3,40	680,0	390,9	135,24	2,35
	Аминофол Плюс / Aminofol Plus	95,0	289,6	3,05	760,0	470,4	162,47	2,62
	Новосил / Novosil	111,0	289,3	2,61	888,0	598,7	206,91	3,07
	Здравень Турбо / Zdraven Turbo	87,0	289,8	3,33	696,0	406,2	140,14	2,40
Гордион / Gordion	Контроль / Control	84,0	289,1	3,44	672,0	382,9	132,47	2,32
	Аминофол Плюс / Aminofol Plus	90,0	289,6	3,22	720,0	430,4	148,65	2,49
	Новосил / Novosil	92,0	289,3	3,15	736,0	446,7	154,37	2,54
	Здравень Турбо / Zdraven Turbo	87,0	289,8	3,33	696,0	406,2	140,14	2,40



Рисунок 1 – Опытные делянки по возделыванию свеклы столовой

Figure 1 – Experimental plots for cultivating dining beet

Сорта столовой свеклы Хуторянка и Мулатка не выделились среди изучаемых сортов и гибрида. Так, при общих затратах на 1 га (285,2 тыс. р.) на контрольном варианте рентабельность производства была отрицательной -25,0 %, что, в первую очередь, зависело от низкой урожайности. Себестоимость товарной продукции на 1 т у обоих сортов составляла 13,3 тыс. р. При таких показателях экономическая эффективность была равна 0,8 р./на р. вложенных затрат. Варианты с использованием трехкратных листовых обработок препаратами Аминовит, Аминофол Плюс и Новосил оказались с очень низкими результатами у сорта Хуторянка.

Так, рентабельность производства у данного сорта была отрицательная на всех вариантах опыта, находящихся в изучении, и варьировала от -35,5 % до -17,6 % при общих затратах от 285,5 до 286,4 тыс. р., экономическая эффективность изменялась незначительно от 0,9 до 1,1 р./на р. вложенных затрат. У сорта Мулатка рентабельность производства изменялась от -0,6 до 50,1 % в зависимости от вариантов обработки, находящихся в изучении.

Себестоимость товарной продукции на 1 т от 6,7 до 10,1 тыс. руб. Экономическая эффективность – от 1,0 до 1,5 р./на р. при товарной урожайности от 28,4 до 43,0 т/га.

Проведенный анализ экономической эффективности показал, что применение природного регулятора роста Новосил оказалось в изучении высокорентабельным вариантом. Урожайность у всех изучаемых сортов и гибрида лука репчатого превышала порог 90,0 т/га. Высокодоходным в изучении оказался сорт Сима с урожайностью 111,0 т/га. Стоимость реализованной продукции составила в среднем 888,0 тыс. р., чистый доход 598,7 р./га, рентабельность производства 206,9 %, экономическая эффективность 3,07 р./р. вложенных затрат (таблица 2).



Рисунок 2 – Опытные деланки по возделыванию лука репчатого

Figure 2 – Experimental plots for cultivation of bulb onions

Выводы:

1. Практическая эффективность и значимость предлагаемых агроприемов позволяет выбрать более перспективный вариант ростостимулирования, способствующий значительному повышению урожайности и экономической эффективности.
2. Самым продуктивным оказался сорт лука репчатого Сима с урожайностью 111,0 т/га. Стоимость реализованной продукции составила в среднем 888,0 тыс. р., чистый доход – 598,7 р./га, рентабельность производства – 206,9 %, экономическая эффективность – 3,07 р./р. вложенных затрат.
3. Среди изучаемых вариантов ростостимулирования при возделывании столовой свеклы выделился высокоурожайный сорт Эфиопка на вариантах Аминовит и Аминофол Плюс. При этом урожайность составляла 65,6-66,0 т/га. Чистый доход на 1 га был равен 369,6-374,3 тыс.р., экономическая эффективность – 2,3 р./р. вложенных затрат.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Джамалетдинова Е. Э., Засимов А. Е. Продуктивность овощных культур при капельном поливе в условиях Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1(49). С. 161-167.
2. Белик В. Ф. Методика в овощеводстве и бахчеводстве. М.: Колос, 1982. С. 32-35.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агроальянс, 2011. 315 с.
4. Зизина Я. Ф. Влияние регуляторов роста на урожайность и качество лука репчатого в однолетней культуре в лесостепи Новосибирского Приобья // Аграрный вестник Урала. 2014. № 5 (123). С. 66-68.
5. Литвиненко Н. В. Рост и развитие лука репчатого при применении гуминового препарата // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № с1 (61). Т. 4. С. 22-23.
6. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: ВНИИ овощеводства, 2011. 648 с.

7. Петров Н. Ю. Эффективные элементы возделывания репчатого лука при капельном орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 51-58.
8. Петров Н. Ю. Комплексные водорастворимые удобрения в технологии возделывания овощных культур в условиях Нижнего Поволжья // Известия Оренбургского ГАУ. 2017. С. 29-31.
9. Сюбаева А. О., Титова В. И. Эффективность биологического удобрения Азобактерин-АФ на столовой свекле // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 1. С. 36-38.
10. Улимбашев А. М. Применение регуляторов роста при выгонке репчатого лука // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 37. С. 29-32.
11. Фомина Л. В. Эффективность применения природных биостимуляторов при формировании хозяйственно ценных признаков зеленого лука // Вестник КрасГАУ. 2017. № 12. С. 34-43.
12. Челобанов Н. В. Земледелие в Астраханской области. Астрахань: Изд-во «Факел», 1998. 432 с.
13. Шпилько А. В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Часть 1. Методические указания. М.: РИЦ ГОСНИТИ, 1998. 331 с.
14. Эффективность сельскохозяйственного производства (методические рекомендации) / под ред. И. С. Санду, В. А. Свободина, В. И. Нечаева, М. В. Косолаповой, В. Ф. Федоренко. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. С. 46-50.
15. A Guide for the Cultivation of Onion under Controlled Environment Conditions / J. Khosa [et al.] // Hort Science. 53. Acta agronomica sinica. 2018. P. 1746-1749.
16. Complex machines for the production of onions on resource-saving technologies / N. Larushin [et al.] // Vegetable crops of Russia. 2019. Pp. 141-145.
17. Feryal Bahjat Hermize Effect of sowing dates and planting density on the infestation of onion maggot (*Delia alliarum* fonseca) in onion (*Allium cepa* L.) crops. 2015. 40 p.
18. Gosselin J., Gosselin A. Optimal Irrigation for Onion and Celery Production and Spinach Seed Germination in Histic soils // Agron. J. 2014. V. 106. P. 981-994.
19. Havey M. Onion Breeding // Plant Breeding Reviews. 2018. V. 42. Pp. 39-85.
20. Khvan O. V., Podkovyrov I. Y. Definition of the criteria influencing on cultivation conditions of onions // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Science. 2016. P. 15-20.
21. Moretti E. A., Nault B. A. Onion Thrips Control in Onion // Agronomy journal. 2019. № 44(1). Pp. 1-2.
22. Nitrogen Effects on Onion Yield Under Drip and Furrow Irrigation / Ardell D. Halvorson [et al.] // Agronomy Journal. 2008. V. 100. N 4. Pp. 1062-1069.
23. Regulated Deficit Irrigation as a Water-Saving Strategy for Onion Cultivation in Mediterranean Conditions / Ab. Abdelkhalik, B. Pascual, I. Nájera, C. Baixauli, N. Pascual-Seva. 2019. P. 67.
24. Vegetative growth response of beets and lettuce to stored human urine / J. A. Chávez [et al.] // Agronomy Research. 2019. V. 17(6). P. 2220-2232.
25. Yield and quality of densely cultivated onion cultivars as function of nitrogen fertilization / Francisco das C. Gonçalves [et al.] // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2019. V. 23(11). Pp. 847-851.

Conclusions:

1. The practical effectiveness and significance of the proposed agricultural practices makes it possible to choose a more promising option of growth stimulation, which contributes to a significant increase in productivity and economic efficiency.
2. The most productive was the Sima onion variety with a yield of 111.0 t / ha. The cost of products sold averaged 888.0 thousand rubles, net income-598.7 rubles / ha, profitability of production-206.9 %, economic efficiency-3.07 rubles / p of invested costs.
3. Among the studied variants of growth stimulation in the cultivation of table beet, the high-yielding variety of Ethiopian on the variants Aminovit and Aminofol Plus stood out. At the same time, the yield was 65.6-66.0 t / ha. Net income per 1 ha was equal to 369.6-374.3 thousand rubles, economic efficiency – 2.3 rubles / p. of invested costs.

References

1. Ahmedov A. D., Dzhamaletdinova E. Je., Zasimov A. E. Produktivnost' ovoschnyh kul'tur pri kapel'nom polive v usloviyah Volgo-Donskogo mezhdurech'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1(49). P. 161-167.
2. Belik V. F. Metodika v ovoshevodstve i bahchevodstve. M.: Kolos, 1982. P. 32-35.
3. Dospheov B. A. Metodika polevogo opyta. M.: Agroal'yans, 2011. 315 p.
4. Zizina Ya. F. Vliyanie regulyatorov rosta na urozhajnost' i kachestvo luka repchatogo v odnoletnej kul'ture v lesostepi Novosibirskogo Priob'ya // Agrarnyj vestnik Urala. 2014. № 5 (123). P. 66-68.
5. Litvinenko N. V. Rost i razvitie luka repchatogo pri primenenii guminovogo preparata // Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № s1 (61). T. 4. P. 22-23.
6. Litvinov S. S. Metodika polevogo opyta v ovoshevodstve. M.: VNII ovoshevodstva, 2011. 648 p.
7. Petrov N. Yu. }ffektivnye }lementy vzdelyvaniya repchatogo luka pri kapel'nom oroshenii // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 1 (49). P. 51-58.
8. Petrov N. Yu. Kompleksnye vodorastvorimye udobreniya v tehnologii vzdelyvaniya ovoschnyh kul'tur v usloviyah Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya Orenburgskogo GAU. 2017. P. 29-31.
9. Syubaeva A. O., Titova V. I. }ffektivnost' biologicheskogo udobreniya Azofobakterin-AF na stolovoj svekle // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2015. T. 29. № 1. P. 36-38.
10. Ulimbashev A. M. Primenenie regulyatorov rosta pri vygonke repchatogo luka // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 37. P. 29-32.
11. Fomina L. V. }ffektivnost' primeneniya prirodnyh biostimulyatorov pri formirovanii hozyajstvenno cennyh priznakov zelenogo luka // Vestnik KrasGAU. 2017. № 12. P. 34-43.
12. Chelobanov N. V. Zemledelie v Astrahanskoj oblasti. Astrahan': Izd-vo "Fakel", 1998. 432 p.
13. Shpil'ko A. V. Metodika opredeleniya }konomicheskoy }ffektivnosti tehnologij i sel'skohozyajstvennoj tehniki. Chast' 1. Metodicheskie ukazaniya. M.: RIC GOSNITI, 1998. 331 p.
14. }ffektivnost' sel'skohozyajstvennogo proizvodstva (metodicheskie rekomendacii) / pod red. I. S. Sandu, V. A. Svobodina, V. I. Nechaeva, M. V. Kosolapovoj, V. F. Fedorenko. M.: FGBNU "Rosinformagroteh", 2013. P. 46-50.
15. A Guide for the Cultivation of Onion under Controlled Environment Conditions / J. Khosa [et al.] // Hort Science. 53. Acta agronomica sinica. 2018. P. 1746-1749.
16. Complex machines for the production of onions on resource-saving technologies / N. Larushin [et al.] // Vegetable crops of Russia. 2019. Pp. 141-145.
17. Feryal Bahjat Hermize Effect of sowing dates and planting density on the infestation of onion maggot (*Delia alliarum* fonseca) in onion (*Allium cepa* L.) crops. 2015. 40 p.
18. Gosselin J., Gosselin A. Optimal Irrigation for Onion and Celery Production and Spinach Seed Germination in Histosols // Agron. J. 2014. V. 106. P. 981-994.
19. Havey M. Onion Breeding // Plant Breeding Reviews. 2018. V. 42. Pp. 39-85.
20. Khvan O. V., Podkovyrov I. Y. Definition of the criteria influencing on cultivation conditions of onions // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Science. 2016. P. 15-20.
21. Moretti E. A., Nault B. A. Onion Thrips Control in Onion // Agronomy journal. 2019. № 44(1). Pp. 1-2.
22. Nitrogen Effects on Onion Yield Under Drip and Furrow Irrigation / Ardell D. Halvorson [et al.] // Agronomy Journal. 2008. V. 100. N 4. Pp. 1062-1069.
23. Regulated Deficit Irrigation as a Water-Saving Strategy for Onion Cultivation in Mediterranean Conditions / Ab. Abdelkhalik, B. Pascual, I. Nájera, C. Baixauli, N. Pascual-Seva. 2019. P. 67.
24. Vegetative growth response of beets and lettuce to stored human urine / J. A. Chávez [et al.] // Agronomy Research. 2019. V. 17(6). P. 2220-2232.
25. Yield and quality of densely cultivated onion cultivars as function of nitrogen fertilization / Francisco das C. Gonçalves [et al.] // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2019. V. 23(11). Pp. 847-851.

Authors Information

Tyutyuma Natalya Vladimirovna, Doctor of Medical Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director of FSBNU PAFNTS RAS. 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. North 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru ORSID ID № 0000-0001-6582-2628.

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

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

Petrov Evgeny Nikolaevich, m.n.s. Laboratories of agricultural technologies of vegetable crops. FSBNU PAFNTS RAS 416251. Astrakhan region, Chernoyarsky district, sq. North 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru ORCID. ID /0000-0001-9704-9991.

Информация об авторах

Тютюма Наталья Владимировна, д.с.-х.н., профессор РАН, директор ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». 416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8. E-mail. pniiiaz@mail.ru

ORSID ID № 0000-0001-6582-2628.

Бондаренко Анастасия Николаевна, 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. ORSID ID № 0000-0003-4816-5667.

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 ORSID 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.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-12

MAIN DIRECTIONS OF CREATION OF A FODDER BASE IN DRY CONDITIONS OF KALMYKIA

S. B. Adyaev¹, B.A. Goldvarg²

¹ *All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land
Reclamation named after A.N. Kostyakov, Moscow*

² *Kalmyk Research Institute of Agriculture named after M.B. Narmaeva – the branch
of the Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Elista*

Received 11.01.2021

Submitted 10.03.2021

Abstract

Introduction. The production of high-quality feed and the creation of a solid feed base is very important for the further development of animal husbandry in the Republic of Kalmykia. **Object.** The object of research is technologies for the cultivation of forage crops in conditions of natural moisture and on irrigated lands, including estuary hayfields. **Materials and methods.** Field research was carried out using generally accepted field experience techniques by B.A. Dospekhov., «All-Russian Research Institute of Feed», «All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoyt», «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture». **Results and Conclusions.** Rangelands in the Republic of Kalmykia occupy about 80% of the territory and are the main source of grazing. The anthropogenic factor is the main reason for the decline in productivity and degradation of pastures. The productivity of pastures in the semi-desert zone is 1.4-1.7 centners of fodder units per hectare, and in the dry steppe zone it is 1.7-2.1 centners. Of the perennial grasses tested, the most productive among legumes are alfalfa, and among cereals, wheatgrass is 75.3 c / ha) and wheatgrass (67.3 c / ha). In the central zone, in the early spring period, forage comes from sowing winter crops. Winter crops rye Saratovskaya 7 (8.08 t / ha) and triticale from Uralan village (7.61 t / ha). These crops can be used from the stemming phase to the earing phase. Sudanese grass is an important reserve for obtaining

high quality forage on irrigated lands. Sowing Sudanese grass in the dry conditions of the Black Lands guarantees a yield of 5-7 tons per hectare of high quality hay. Alfalfa is usually sown under the cover of spring barley and produces up to 3 t / ha of high quality hay. Under favorable conditions, in the next 2-3 years, up to 4 mows of alfalfa are annually obtained. At the Agricultural Production Cooperative - Breeding plant «Pervomaisky», with an area of more than 100 hectares, has yielded over 7 t / ha. The annual harvesting area of alfalfa in the past years is about 700-800 hectares, and the productivity is at the level of up to 8-9 t / ha. To obtain additional fodder, a prominent place in Kalmykia should be given to the herbage of estuaries. The possible area of estuary irrigation at the local runoff is over 50 thousand hectares. Meadow-type associations develop in optimally wetted areas, among them the leading position is occupied by the non-grass-wheatgrass association / Agropyron intermedia-Puccinellaisrans /. The basis of the harvest is provided by medium wheatgrass and a kilnless set apart. Mineral fertilizers significantly increased the yield of the unclean wheatgrass meadow when applied in spring by 2.5-3.2 times compared to the control, and when applied in autumn by 1.7-2.5 times.

Key words: *pastures, alfalfa, Sudanese grass, irrigation, forage, grass, estuaries, fertilizer.*

Citation: Adyaev S.B., Goldvarg B.A. The main directions of creating a forage base in arid conditions of Kalmykia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 123-135 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-12.

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

Conflict of interests. The authors declare no conflicts of interest

УДК 633.214(470/47)

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЯ КОРМОВОЙ БАЗЫ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ КАЛМЫКИИ

С. Б. Адьяев¹, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Б. А. Гольдварг², кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФГБНУ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, г. Москва

²Калмыцкий НИИ сельского хозяйства, филиал Прикаспийского аграрного ФНЦ РАН,
г. Элиста

Дата поступления в редакцию 11.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность. Производство высококачественных кормов и создание прочной кормовой базы весьма актуально для дальнейшего развития животноводства в Республике Калмыкии. **Объект.** Объектом исследований являются технологии возделывания кормовых культур в условиях естественного увлажнения и на орошаемых землях, включая лиманные сенокосы. **Материалы и методы.** Проведение полевых исследований осуществлялось с использованием общепринятых методик полевого опыта Б. А. Доспехова, ВНИИ кормов, ВНИИ масличных культур им. В. С. Пустовойта, ВНИИОЗ. **Результаты и выводы.** Пастбищные угодья в Республике Калмыкия занимают около 80 % территории и являются основным источником получения подножного корма. Антропогенный фактор – основная причина снижения продуктивности и деградации пастбищ. Продуктивность пастбищ в полупустынной зоне составляет 1,4-1,7 ц кормовых единиц с гектара, а в сухостепной – 1,7-2,1 ц. Из испытываемых многолетних трав наиболее продуктивные среди бобовых – люцерна, а среди злаковых культур – житняк (75,3 ц/га) и пырей (67,3 ц/га). В центральной зоне в ранневесенний период корма поступают за счет посевов озимых культур. Озимые культуры рожь Саратовская 7 (8,08 т/га) и тритикале с. Уралан (7,61 т/га). Эти культуры могут быть использованы с фазы выхода в трубку до фазы колошения. Важным резервом получения высококачественных кормов на орошаемых землях является суданская трава. Посевы суданской травы в засушливых условиях Черных земель гарантируют получение урожая в пределах 5-7 тонн с гектара сена высокого качества. Люцерну обычно высевают под покров ярового ячменя и получают до 3 т/га высоко-

качественного сена. При благоприятных условиях в последующие 2-3 года ежегодно получают до 4-х укосов люцерны. В СПК «Первомайский» с площади более 100 га получен урожай свыше 7 т/га. Ежегодно в хозяйстве уборочная площадь люцерны прошлых лет составляет порядка 700-800 га, а продуктивность находится на уровне до 8-9 т/га. Для получения дополнительных кормов видное место в Калмыкии должно быть отведено травостоям лиманов. Возможная площадь лиманного орошения на местном стоке составляет свыше 50 тыс. га. Ассоциации лугового типа развиваются на оптимально увлажняемых участках, среди них ведущее положение занимает бескильницево-пырейная ассоциация (*Agropyron intermedia-Puccinell aihrans*). Основу урожая дают пырей средний и бескильница расставленная. Минеральные удобрения значительно увеличили урожай бескильницево-пырейного луга при внесении весной в 2,5-3,2 раза по сравнению с контролем, при осеннем внесении – в 1,7-2,5 раза.

Ключевые слова: возделывание кормовых культур, условия возделывания кормовых культур, орошение кормовых культур, травостой лиманов.

Цитирование: Адьяев С. Б., Гольдварг Б. А. Основные направления создания кормовой базы в засушливых условиях Калмыкии. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 123-135. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-12.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Животноводство Калмыкии – основная отрасль экономики и основа жизнедеятельности населения. В современной России 20 % мясного скота и более 10 % овец сосредоточено в данном регионе. Калмыцкая порода мясного скота – основная в структуре стада мясных пород России, которая наиболее приспособлена к аридным условиям Юга России. В последние годы поголовье животных достигло уровня советского периода и составило: крупного рогатого скота около 500 тыс. голов, овец превысило 2,5 млн голов [3].

Российский период животноводства в Калмыкии связывают с переводом животных на пастбищное содержание, очень сокращая стойловый период. Это связывают как с изменением структуры посевных площадей в пользу расширения зерновых культур и сокращением кормового клина, так и с аридизацией климата. Только за последнее десятилетие отмечается существенное потепление климата в республике более чем на 8 градусов по сравнению со среднепогодными значениями. В то же время засуха становится непреложным явлением в зоне сухих степей. Так, за последние 20 лет засухи в той или иной степени на территории Калмыкии наблюдались в течение 8 лет, т.е. это явление сопровождает сельское хозяйство и в той или иной мере отражается на развитии основной отрасли животноводства [2, 9]. В этих условиях только восстановление исторического опыта землепользования, т.е. сочетание пастбищного содержания с организацией высококачественного кормопроизводства, в том числе для откормочных комплексов и площадок, может стать переломным этапом в развитии животноводства.

Современная система кормопроизводства осуществляется по следующим направлениям:

- естественные кормовые угодья – основа пастбищного содержания животных;
- полевое кормопроизводство на богарной пашне;
- интенсивное использование орошаемых земель для производства кормов;
- развитие лиманного орошения с целью производства высококлассных кормов;
- проведение фитомелиоративных работ на деградированных кормовых угодьях [2, 3, 4, 6].

Материалы и методы. Объектом исследований являются природные пастбища и методы рационального их использования по природным зонам, способы повышения продуктивности за счет поверхностного и коренного улучшения, а также производство кормов на богарных землях, технология выращивания кормовых культур. Интенсивное использование орошаемых земель для стабилизации производства кормов при содержании на откормочных комплексах и площадках. Способы использования лиманных сенокосов с целью повышения их продуктивности. Полевые исследования проводились в соответствии с общепринятыми методиками (Доспехов Б. А., 1979; Веденяпин Г. В, 1973; ВНИИ кормов, 1987).

Результаты и обсуждение. Пастбищные угодья в Республике Калмыкия занимают около 80 % территории и являются основным источником получения подножного корма. Антропогенный фактор – основная причина снижения продуктивности и деградации пастбищ. Продуктивность пастбищ в полупустынной зоне составляет 1,4-1,7 ц кормовых единиц с гектара, а в сухостепной – 1,7-2,1 ц [9, 10, 13, 14].

Наибольшее распространение имеют 2 типа пастбищ: белополынные и чернополынные, которые занимают до 70-80 %. Остальная часть урожая формируется типчаком, ковылем, мятликом луковичным, прутняком и другими видами трав [8].

В этих условиях экологически безопасным и экономически оправданным направлением повышения продуктивности пастбищных угодий является переход к адаптивным системам использования и восстановления пастбищ.

Нами совместно с сотрудниками КалмНИИСХ разработаны рекомендации по применению 3-х основных систем выпаса: 1. Задержанный выпас используется в системе пастбищеоборота для обсеменения ценных растений, для чего определяются сроки пастбы, маршруты перемещения стада. Такой выпас является эффективным приемом повышения долгодетия, верховых злаков. 2. Традиционный загонный выпас, который используется при разбивке пастбищ на 4 (реже на 3 загона), один из которых не используется для выпаса, а предназначен для длительного отдыха сроком до 12 месяцев.

3. Использование сезонных пастбищ строго по сезонам года: идет перемещение стада.

Основа эксплуатации природных пастбищ – рациональный выпас. Система выпаса определяет не только продуктивность пастбищ, но и влияет на формирование растительного покрова, выход животноводческой продукции, что определяет экономическую эффективность животноводства.

Особенно необходимо внедрение пастбищеоборотов на деградированных пастбищах региона Черные земли. Адаптивные технологии использования этих пастбищ позволяют обеспечить равновесие в системе «пастбище – животное», при котором животное получает необходимое количество корма в разное время пастбищного периода, при этом сохраняется возможность семенного возобновления, оберегаются травы от чрезмерного вытаптывания и уплотнения почвы.

Калмыцким НИИСХ им. М. Б. Нармаева изучены приемы поверхностного и коренного улучшения природных пастбищ с целью повышения их продуктивности и качества кормов.

Поверхностное улучшение пастбищ. Приемы поверхностного улучшения включают комплекс мероприятий, обеспечивающих оптимизацию водно-воздушного и пищевого режима почвы. Для улучшения водного режима почвы эффективным приемом является щелевание. После прекращения вегетации трав проводится щелевание на глубину 35-45 см. В случае пересыхания почвы осенью и отсутствия осадков – переносится на ранневесенний период.

Щели нарезают через 60-70 см на глинистых почвах, а на суглинистых – через 90-120 см. Направление щелей должно быть поперек уклона местности. В опытах института проведение щелевания обеспечивало повышение продуктивной влаги в зависимости от условий года от 25 до 50 %.

Проведенные опыты по улучшению пищевого режима почвы за счет внесения азотных удобрений показали высокую эффективность в начале весенней вегетации трав. Из изучаемых доз аммиачной селитры наиболее эффективны в дозе 30 кг действующего вещества, что обеспечило прибавку урожая от 30 до 60 % в зависимости от условий влагообеспеченности.

Комплексное применение приемов поверхностного улучшения показало, что их применение позволило повысить урожайность в 1,6-1,8 раза и содержание переваримого протеина – на 13 %.

Многочисленные данные научно-исследовательских учреждений аридных регионов России показывают, что посредством коренного улучшения урожайность пастбищ на солонцовых комплексах может быть повышена в 2-3 раза и более при одновременно резком улучшении качества травостоя (И. В. Ларин, В. И. Евсеев, П. П. Бегучев, Н. Г. Андреев, И. И. Тереножкин и многие другие).

Основным агротехническим приемом при коренном улучшении является правильно выбранный способ обработки почвы [1, 10]. Учитывая важность этого, провели опыты по изучению различных способов обработки почвы. Опыты закладывались на склоне юго-западной экспозиции 3-5°. Урожайность естественных пастбищ составляла 1,5-1,8 ц/га сухого вещества. Почвы опытного участка – светло-каштановые, различной степени солонцеватости в комплексе с солонцами, причем мелкие и средние солонцы занимают 45 % площади. Изучались следующие варианты: 1. Вспашка на глубину 20-22 см (контроль); 2. Трехъярусная вспашка на 35-40 см; 3. Вспашка на 20-22 см с почвоуглублением на 15 см; 4. Безотвальная обработка на 20-22 см; 5. Плоскорезная обработка на 20-22 см. Размеры делянок – 600 м², повторность 4-х кратная. В течение года проводилось парование почвы. Ранней весной проведено боронование в 2 следа и посев. Перед посевом и после посева проведено прикатывание почвы кольчатыми катками. В опыте высевался донник желтый местный и житняк «Ростовский-10» с нормой высева 5 млн штук всхожих семян на 1 гектар.

Определение влажности почвы перед посевом показало, что на всех вариантах вспашки в слое 0-40 см влажность почвы выше, чем на целине, на 2,5-2,7 %, а на вариантах с рыхлением – на 1,1-1,2 %. Проведенный подсчет густоты стояния растений на посевах донника и житняка показал, что по сравнению с контролем густота травостоя в 1,2-1,6 раза выше по ярусной вспашке и вариантах безотвальной и плоскорезной обработки. Наилучший урожай сена донника был получен по ярусной вспашке – 15,7 ц/га и вспашке с почвоуглублением – 15,3 ц/га, а на контроле урожай составил 11,3 ц/га. По безотвальной и плоскорезной обработкам урожай был соответственно ниже контроля на 3,5 и 3,9 ц/га (НСР₀₅ = 1,1 ц/га). Учеты урожая житняка также статистически подтвердили в преимущество ярусной мелиоративной обработки (таблица 1).

Как видим, наиболее эффективной является ярусная обработка, которая превысила контроль в 2,4 раза. Следует отметить также достоверную разницу прибавки урожая при безотвальной обработке почвы. Что касается вспашки с почвоуглублением и плоскорезной обработки, то на этих вариантах существенных различий в урожае по сравнению с контролем не было. Таким образом, при коренном улучшении солонцовых комплексов преимущество необходимо отдавать глубокой мелиоративной ярусной вспашке.

Таблица 1 – Влияние способов основной обработки солонцовых комплексов на урожай сена житняка, ц/га

Table 1 – Influence of the methods of the main processing of solonetz complexes on the hay yield of grain crops, c / ha

Способ обработки / Processing method	Средний урожай / Average yield	Разность с контролем / Difference with control
Вспашка на 20-22 см (контроль) / Plowing 20-22 cm (control)	13,9	-
Трехъярусная вспашка на 35-40 см / Three-level plowing 35-40 cm	33,3	+19,4
Вспашка на 20-22 см с почвоуглублением на 15 см / Plowing 20-22 cm with 15 cm soil deepening	17,5	+3,6
Безотвальная обработка на 20-22 см / Moldless processing by 20-22 cm	20,1	+6,2
Плоскорезная обработка на 20-22 см / Plane cutting for 20-22 cm	12,7	+1,2

Значительную прибавку урожая зерна и зеленой массы дает использование ряда культур в качестве сопутствующих в рисовых севооборотах [2, 5, 9]. В деле получения дополнительных кормов для животноводства видное место в Калмыкии должно быть отведено травостоям лиманов. Возможная площадь лиманного орошения на местном стоке в республике составляет свыше 50 тыс. га [1, 11, 12].

Для получения с лиманов максимального количества кормов необходимо не только правильно организованное орошение, но и применение минеральных удобрений. В связи с этим нужно знать, какие виды удобрений, в каком количестве и в какие сроки следует вносить на лиманы для получения высоких урожаев сена хорошего качества [8].

В республике проведен ряд опытов по влиянию удобрений на лиманные сенокосы, однако эти материалы не могут дать исчерпывающего ответа на вышеперечисленные вопросы. Поэтому нами проведены опыты по влиянию разового внесения минеральных удобрений на продуктивность кратковременно затопляемого нерегулируемого лимана.

Растительный покров лимана имеет гетерогенную структуру вследствие неоднородности экотонических условий, прежде всего рельефа и зависящих от него глубины и продолжительности затопления. Неравномерное затопление территории лимана привело к тому, что растительный покров представлен здесь как луговыми, так и степными ассоциациями.

Ассоциации лугового типа развиваются на оптимально увлажняемых участках, среди них ведущее положение занимает бескильницево-пырейная ассоциация (*Agropyron intermedia*-*Puccinellia* *aisrans*) [7]. Схема опыта включает следующие варианты: без удобрений (контроль), N_{60} , N_{120} , $N_{60}P_{60}$, $N_{120}P_{120}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$. Удобрения вносились в два срока: на одни делянки – 15 ноября, на другие – 15 марта.

Использовались следующие виды удобрений: азотные – аммиачная селитра; фосфорные – двойной гранулированный суперфосфат; калийные – калийная соль. Большая часть учетов и наблюдений проводилась перед и во время уборки урожая – 19-20 июня.

Фракционный анализ травостоя показал преобладающее значение фракции злаков: от 85,7 % до 100 %. Закономерных изменений в количественном соотношении фракций и видов растений от разового внесения удобрений не прослеживается. Основу урожая дают пырей средний и бескильница расставленная.

Анализ изменения густоты стеблестоя у различных видов растений показал, что увеличение численности побегов на единицу площади на всех делянках наблюдается только у бескильницы. У пырея густота стеблестоя увеличилась при весеннем внесении удобрений, а при осеннем – уменьшилась. Такое уменьшение численности побегов на делянках осеннего внесения удобрений произошло потому, что эффективное действие минеральных удобрений на этих делянках способствовало более интенсивному развитию генеративных побегов, что по Т. А. Работнову [10] в фазах колошения-цветения ведет к депрессии в числе побегов за счет отмирания части вегетативных побегов. Внесение удобрений способствовало увеличению роста всех анализируемых популяций.

Исследования показали, что минеральные удобрения значительно увеличили урожай бескильничево-пырейного луга по всем вариантам опыта, а именно при внесении весной в 2,5-3,2 раза по сравнению с контролем, при осеннем внесении – в 1,7-2,5 раза. Такое увеличение урожая объясняется не только влиянием удобрений, но и благоприятными погодными условиями года, хотя сумма осадков, выпавших с сентября по июнь (в июне - уборка урожая), составила 263,9 мм, что мало отличается от средних многолетних данных за эти же месяцы. Но в мае этого года во время особенно интенсивного роста и развития растений, осадков выпало 56,4 мм против 39,0 мм средних многолетних.

Для суждения о влиянии минеральных удобрений осеннего срока внесения на урожай сена обратимся к данным таблицы 2.

Таблица 2 – Влияние осеннего срока внесения удобрений на урожай сена
бескильничево-пырейного луга, ц/га

Table 2 – Influence of the autumn period of fertilization on the hay yield of the unclean
wheatgrass meadow, c / ha

Вариант опыта / Experience option	Урожай, ц/га / Yield, c / ha	Отклонение от контроля / Deviation from control
Контроль / The control	27,1	0
N ₆₀	57,3	30,2
N ₁₂₀	68,4	41,3
N ₆₀ P ₆₀	60,1	33,0
N ₁₂₀ P ₁₂₀	56,1	29,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	46,5	19,4

S_x-5,65% НСР₀₅ / LSD₀₅ – 8,95 ц/га

Доказано что большое влияние на продуктивность луга оказали азотные удобрения в чистом виде: на вариантах N₆₀ и N₁₂₀ урожай увеличился по сравнению с контролем в 2,1- 2,5 раза. Нужно сказать, что от увеличения дозы азотных удобрений с 60 кг/га действующего вещества до 120 кг/га, урожай повысился существенно, прибавка 11,2 ц/га статистически достоверна. Добавление к 60 кг действующего вещества азота такого же количества фосфора не привело к дополнительному повышению урожая, а на делянках применения азотно-фосфорных удобрений по 120 кг/га действующего начала урожай сена по сравнению с вариантом N₁₂₀ был ниже.. Снижение продуктивности бескильничево-пырейного луга наблюдается также при добавлении к фосфорным удобрениям калийных. Так, если с делянок варианта N₆₀P₆₀ собрали в среднем по 60,1 ц/га сена, то делянки варианта N₆₀P₆₀K₆₀ дали на 13,6 ц/га сена меньше. Как показали данные дисперсионного анализа, такая разность между средними на 5%-ном уровне значимости является существенной. Таким образом, увеличение урожая на всех делянках, удобренных осенью, произошло под влиянием азотных удобрений.

При весеннем внесении удобрений увеличение дозы азотных удобрений с 60 кг/га действующего вещества до 120 кг/га не обеспечило получения дополнительной прибавки урожая. Следовательно, при весеннем внесении удобрений травостой был не в состоянии усвоить более 60 кг/га действующего вещества азота. Совместное применение азотных и фосфорных удобрений в дозах по 60 кг/га действующего вещества увеличило продуктивность бескильницево-пырейного луга в такой же мере, как и на варианте N_{60} . На делянках, где азотные удобрения применялись в сочетании с фосфорными по 120 кг/га действующего начала, наблюдалась существенная разница в урожае.

Таблица 3 – Влияние удобрений весеннего срока внесения на урожай сена бескильницево-пырейного луга ц/га

Table 3 – Influence of fertilizers of the spring application period on the hay yield of the unclean wheatgrass meadow, c / ha

Вариант опыта / Experience option	Средний урожай / Average yield	Отклонение от контроля / Deviation from control
Контроль / The control	24,2	0
N_{60}	60,4	36,2
N_{120}	61,0	36,8
$N_{60}P_{60}$	61,3	37,1
$N_{120}P_{120}$	76,6	52,4
$N_{60}P_{60}K_{60}$	71,6	47,4

$S_x=4,18\%$ НСР₀₅, LSD₀₅-10,98 ц/га

По сравнению с вариантом N_{120} , которая составила 15,6 ц/га при НСР₀₅ – 10,98 ц/га. От добавления к азотно-фосфорным удобрениям калийных урожай повысился, но все-таки разность по сравнению с $N_{60}P_{60}$ не превышает наименьшей существенной. Таким образом, при весеннем внесении удобрений прибавку урожая обеспечивают не только азотные, но и большие дозы фосфорных удобрений.

Сравнение материалов по влиянию сроков внесения удобрений на травостой по каждому варианту опыта показывает, что при внесении N_{60} , N_{120} и $N_{60}P_{60}F$ факт < А теор., т.е. различия в урожайности травостоя при осеннем и весеннем внесении удобрений на указанных вариантах незначительны. При внесении азотно-фосфорных удобрений по 120 кг действующего вещества на делянках весеннего внесения средний урожай составил 76,6 ц/га против 56,7 ц/га осеннего внесения, НСР₀₅ - 11,8 ц/га, т.е. в данном варианте имеются существенные различия в пользу весеннего внесения удобрений по сравнению с осенним, показал также вариант $N_{60}P_{60}K_{60}$; средний урожай делянок, удобренных весной, составляет 71,5 ц/га, осенью – 47,5 ц/га, НСР₀₅ – 8,3 ц/га. Применение минеральных удобрений для повышения продуктивности лиманных сенокосов экономически выгодно.

Полевое кормопроизводство на богарных землях определяет подавляющее большинство поступающих кормов для зимовки скота. Изучение большого количества различных групп культур позволяет выделить несколько групп. В центральной зоне в ранневесенний период корма поступают за счет посевов озимых культур [5, 11]. Изучены озимые культуры: рожь и тритикале. Эти культуры могут быть использованы с фазы выхода в трубку до фазы колошения. Необходимо отметить среди изученных культур новое направление – культура тритикале, которая по сравнению с пшеницей нуждается в меньшем количестве питательных веществ и влаги для формирования урожая, от ржи приобретена адаптивность к местным условиям и устойчивость к неблагоприятным климатическим факторам [3].

Таблица 4 – Урожайность и качество зеленой массы озимых культур
(данные Калмыцкого НИИСХ) за 2017-2019 гг.

Table 4 – Productivity and quality of green mass of winter crops
(data of the Kalmyk Research Institute of Agriculture) for 2017-2019

Культура, сорт / Culture, variety	Урожай в аб- солютно- сухом вещ-ве, т/га / Yield in absolutely dry matter, t / ha	Переваримый протеин, т/га / Digestible protein, t / ha	Кормовые единиц, т/га / Feed units, t / ha	Обменная энергия, ГДж/га / Exchange energy, GJ / ha
Озимая рожь, с. Саратовская 7 / Winter rye, s. Saratovskaya 7	8,08	0,29	5,65	72,3
Озимая тритикале, с. Уралан / Winter triticale, p. Uralan	7,61	0,42	6,09	71,1

Если по урожаю среди изучаемых культур наблюдается некоторое преимущество озимой ржи, то по качеству корма озимое тритикале превосходит озимую рожь. К тому же озимое тритикале имеет более длительный период заготовки кормов по сравнению с озимой рожью, что важно для производства. Период использования озимых культур совпадает с укосной спелостью многолетних трав. Проведенное сравнительное испытание многолетних трав выявило, что наиболее продуктивные среди бобовых – донник и люцерна, а среди злаковых трав – житняк и пырей. Наибольшее количество питательных кормов может быть получено от бобовых трав в фазу ветвления – бутонизации до начала цветения, а злаковые – с выхода в трубку и до полного колошения.

Данные по продуктивности многолетних трав приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Урожай и питательная ценность многолетних трав
(опытное поле КНИИСХ ц/га)

Table 5 – Yield and nutritional value of perennial grasses
(experimental field KNIISH c / ha)

Культура / Culture	Урожай, ц/га / Yield, c / ha			Содержание листь- ев в массе, % / Leaf content in mass, %
	Зеленая масса / Green mass	Сухое вещество / Dry matter	Кормовых еди- ниц / Feed units	
Донник / Donnik	53,6	17,4	14,4	34,88
Люцерна / Alfalfa	50,8	21,6	10,6	43,34
Житняк / Zhitnyak	75,3	36,7	26,4	17,58
Кострец / Rump	32,9	11,8	10,3	23,54
Пырей / Wheatgrass	67,3	28,0	17,4	34,51

Sx- % 9,7 НСР₀₅, LSD₀₅ – 11,8 ц/га зеленой массы

Из испытываемых многолетних трав наиболее продуктивна среди бобовых люцерна, а среди злаковых культур – житняк и пырей. Многолетние травы обеспечивают поступление сена в период со второй декады мая – до начала июля.

С начала июля идет заготовка кормов за счет сорговых культур с учетом сокращения посевных площадей кукурузы в республике.

Наш опыт показывает, что для продления сроков заготовки суданской травы можно рекомендовать использование двух сроков сева: первый – конец апреля – начало мая и второй в конце мая – начале июня, продуктивность этой культуры в зависимости от сроков сева не снижается и позволяет продлить сроки заготовки высококачественного сена.

Таблица 6 – Продуктивность сортов суданской травы на Башантинском ГСУ
за 2018-2020гг. (сухое вещество, ц/га)

Table 6 – Productivity of varieties of Sudan grass at Bashantinsky GSU
for 2018-2020. (dry matter, c / ha)

Сорт / Variety	2018	2019	2020	Средний за 2018-2020гг. / Average for 2018-2020
Камышинская 51 / Kamyshinskaya 51	52,6	91,4	14,2	52,7
Грация / Grace	68,0	87,2	38,0	64,7

Урожайность суданской травы в Центральной зоне за последние 3 года составила 18 ц/га. В годы с засушливым периодом во второй половине лета (2020 г.) урожайность поздних культур резко снижается и во многом зависит от выпадающих осадков. В такие годы продуктивность суданской травы снижается в 2-3 раза.

В условиях Калмыкии орошение является основным стабилизирующим фактором кормопроизводства, особенно для организации откорма скота на комплексах и площадках. Исследования, проведенные нами, показывают, что наиболее продуктивными культурами севооборота в условиях сухой степи являются люцерны и суданская трава.

Технология выращивания люцерны как в опытах, так и в производственных условиях – общепринятая зональная с оптимальным режимом орошения и минимальными дозами азотных удобрений под каждый укос. Водный режим почвы в установленных пределах в последние годы поддерживается за счет использования высококачественных дождевальных установок «Бауэр». Производственные опыты по выращиванию люцерны проводились в одном из самых засушливых хозяйств Республики СПК «Первомайский» Черноземельского района. Культура обладает высокой пластичностью, продуктивностью, положительно влияет на формирование физико-химических свойств почвы. К тому же по питательности – это одна из самых качественных культур [1, 2, 8].

Ежегодно в хозяйстве уборочная площадь люцерны прошлых лет составляет порядка 700-800 гектар, а продуктивность находится на уровне до 80-90 ц/га.

Люцерну обычно высевают под покров ярового ячменя. В первый год в фазе колошения проводится укос на сено. В условиях СПК «Первомайский» Черноземельского района обычно получают до 3-х тонн с гектара высококачественного сена.

При благоприятных условиях в конце лета получают укос сена люцерны до 2-х тонн с гектара. В последующие 2-3 года ежегодно получают до 4-х укосов высококачественного сена люцерны.

В 2019 году средняя урожайность сена люцерны составила 9,6 т/га за 3 укоса. Анализы заготовленного сена люцерны показали высокую кормовую ценность полученного корма. Достаточно отметить, что обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином находится в пределах 160-180 грамм, т.е. соответствует зоотехническим нормам кормления сельскохозяйственных животных.

Важным резервом получения высококачественных кормов на орошаемых землях является суданская трава.

Посевы суданской травы в засушливых условиях Черных земель гарантируют получение урожая в пределах 5-7 тонн с гектара сена высокого качества.

В 2020 году с каждого из 60 га суданской травы в СПК «Полынный» Юстинского района получено свыше 5 т/га сена, в СПК Гагарина Черноземельского района каждый гектар суданской травы обеспечил продуктивность свыше 6 тонн с гектара, в СПК «Первомайский» с площади более 100 гектар получен урожай свыше 7 тонн с гектара. Суданская трава отличается не только высокими урожаями, но и повышенным содержанием питательных веществ. Необходимо отметить, что суданская трава в условиях орошения обеспечивает максимальную продуктивность за 2 укоса, а в отдельные годы при благоприятной продолжительной осени может быть получено и три укоса.

Орошение в Калмыкии является стабилизирующим фактором производства кормов, поэтому в последние годы большое внимание уделяется развитию орошаемого кормопроизводства, повышению продуктивности каждого гектара за счет технологии возделывания, соблюдение режимов полива.

Выводы. В агроклиматических условиях сухостепной и полупустынной зон Калмыкии урожайность кормовых культур ограничивается, прежде всего, дефицитом продуктивной влаги, усвояемых форм питательных веществ в почвах. Рациональное использование пастбищных угодий в системе пастбищеоборотов позволяет повысить выход животноводческой продукции, обеспечить равновесие в системе «пастбище-животное». Поверхностное улучшение деградированных пастбищ позволяет за счет щелевания не только улучшить водный режим пастбищ, но и повысить продуктивность в 1,6-1,8 раза.

При коренном улучшении солонцовых комплексов необходимо отдавать предпочтение глубоким обработкам. Из изученных видов многолетних трав предпочтение в условиях Калмыкии необходимо отдать житняку, пырею и кострецу, среди бобовых – доннику и люцерне.

Применение минеральных удобрений значительно повышает урожай лиманного сенокоса.

При осеннем сроке внесения увеличение кормовой массы происходит за счет азотных удобрений, а при весеннем сроке внесения не только азотных, но и фосфорных в большой дозе.

За счет полевого кормопроизводства на богарной пашне можно обеспечить значительное поступление кормов.

Орошение в условиях Калмыкии является стабилизирующим фактором заготовки кормов для откормочных комплексов и площадок.

Библиографический список

1. Агроэкологическое сортоизучение многолетних кормовых культур в подзоне светло-каштановых почв Астраханской области / Н. В. Тютюма, Н. И. Кудряшова, Г. К. Булахтина, А. В. Кудряшов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2020. № 4 (60). С. 79-85.
2. Адаптивные технологии возделывания сопутствующих культур рисовых севооборотов сарпинской низменности / В. В. Бородычев, Э. Б. Дедова, С. Б. Адьяев, Г. Н. Кониева, И. А. Ниджляева. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. 224 с.
3. Бородычев В. В., Шевченко В. А., Лытов М. Н. Концептуальные подходы к оценке участков неиспользованных земель для создания проектов органического сельского хозяйства // Новые технологии. 2020. Т. 16. № 6. С. 58-70.
4. Гольдварг Б. А., Боктаев М. В., Филиппов Е. Г. Формирование урожая ярового ячменя в аридной зоне юга России // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5. С. 31-34.
5. Гольдварг Б. А., Боктаев М. В. Новый сорт тритикале озимой Уралан для аридной зоны Республики Калмыкия // Зерновое хозяйство России. 2020. № 5 (71). С. 59.
6. Дубенок Н. Н., Бородычев В. В., Кузнецова В. В. Яровой ячмень – перспективная культура рисового севооборота // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2013. № 4. С. 60-67.
7. Ибрагимов К. М., Умаханов М. А. Продуктивность пырея удлиненного солончакового при ярусном возделывании аридных кормовых культур // Кормопроизводство. 2020. № 9. С. 29-33.
8. Максимова Х. И. Влияние удобрений на формирование продуктивности кормовых культур в севооборотах // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 6. С. 59-62.
9. Новые сопутствующие культуры в рисовых севооборотах / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов, Т. В. Репенко, А. В. Кравченко // Мелиорация и водное хозяйство. 2007. № 3. С. 19-21.
10. Роль приёмов основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя / С. И. Воронов, В. П. Зволинский, Ю. Н. Плескачев, Н. И. Матвеева, Р. С. Грабов // Земледелие. 2020. № 2. С. 24-26.

11. Dotsenko S. M., Kryuchkova L. G., Burmaga A. V. Development of technology for the production of multicomponent feed supplement // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. V. 11. № 6. P. 11A06B.

12. Niemann H., Kuhla B., Flachowsky G. Perspectives for feed-efficient animal production // Journal of Animal Science. 2011. V. 89. № 12. P. 4344-4363.

13. Response of sorghum bicolor varieties to soil salinity for feed and food production in karakalpakstan, Uzbekistan / T. E. Begdullayeva, K. M. Kienzler, J. P. A. Lamers, E. Kan, N. Ibragimov // Irrigation and Drainage Systems. 2007. V. 21. № 3-4. P. 237-250.

14. Study of production processes of feed additives using natural minerals and plant by-products / Z. S. Alimkulov, S. T. Zhiyenbayeva, N. B. Batyrbayeva, A. P. Krasteva // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2015. V. 21. № 4. P. 872-876.

15. Suleimenov M., Oram P. Trends in feed, Livestock production, and rangelands during the transition period in three central asian countries // Food Policy. 2000. V. 25. № 6. P. 681-700.

Conclusion. In the agroclimatic conditions of the dry steppe and semi-desert zones of the Republic of Kalmykia, the yield of forage crops is limited, first of all, by the deficit of productive moisture, assimilable forms of nutrients in soils. Rational use of pasture land in the system of pasture rotation makes it possible to increase the yield of livestock products, to ensure a balance in the “pasture-animal” system. The superficial improvement of degraded pastures allows not only to improve the water regime of pastures, but also to increase productivity by 1.6-1.8 times due to crevice. With a radical improvement of solonetz complexes, it is necessary to give preference to deep treatments. Of the studied species of perennial grasses, under the conditions of Kalmykia, preference should be given to wheatgrass, wheatgrass, and rump, and among legumes, melilot and alfalfa. The use of mineral fertilizers significantly increases the yield of estuary haymaking. During the autumn period of application, an increase in the fodder mass occurs due to nitrogen fertilizers, and during the spring period of application, not only nitrogen, but also phosphorus in a large Due to field fodder production on rainfed arable land, a significant supply of fodder can be ensured. Irrigation in Kalmykia is a stabilizing factor in the procurement of feed for feedlots and areas.

References

1. Agrojekologicheskoe sortoizuchenie mnogoletnih kormovyh kul'tur v podzone svetlo-kashtanovyh pochv Astrahanskoj oblasti / N. V. Tyutyuma, N. I. Kudryashova, G. K. Bulahtina, A. V. Kudryashov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2020. № 4 (60). P. 79-85.

2. Adaptivnye tehnologii vozdeleyvaniya sopushtvuyuschih kul'tur risovyh sevooborotov sarpinskoy nizmennosti / V. V. Borodychev, Je. B. Dedova, S. B. Ad'yaev, G. N. Konieva, I. A. Nidzhlyayeva. Volgograd: FGBOU VPO Volgogradskij GAU, 2012. 224 p.

3. Borodychev V. V., Shevchenko V. A., Lytov M. N. Konceptual'nye podhody k ocnke uchastkov neispol'zovannyh zemel' dlya sozdaniya proektov organicheskogo sel'skogo hozyajstva // Noveye tehnologii. 2020. T. 16. № 6. P. 58-70.

4. Gol'dvarg B. A., Boktaev M. V., Filippov E. G. Formirovanie urozhaya yarovogo yachmenya v aridnoj zone yuga Rossii // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2018. № 5. P. 31-34.

5. Gol'dvarg B. A., Boktaev M. V. Novyj sort tritikale ozimoy Uralan dlya aridnoj zony Respubliki Kalmykiya // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 5 (71). P. 59.

6. Dubenok N. N., Borodychev V. V., Kuznecova V. V. Yarovoj yachmen' - perspektivnaya kul'tura risovogo sevooborota // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2013. № 4. P. 60-67.

7. Ibragimov K. M., Umahanov M. A. Produktivnost' pyreya udlinennogo solonchakovogo pri yarusnom vozdeleyvanii aridnyh kormovyh kul'tur // Kormoproizvodstvo. 2020. № 9. P. 29-33.

8. Maksimova H. I. Vliyanie udobrenij na formirovanie produktivnosti kormovyh kul'tur v sevooborotah // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2020. № 6. P. 59-62.

9. Noveye sopushtvuyuschie kul'tury v risovyh sevooborotah / V. V. Borodychev, M. N. Lytov, T. V. Repenko, A. V. Kravchenko // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2007. № 3. P. 19-21.

10. Rol' prijomov osnovnoj obrabotki pochvy pri vozdeleyvanii yarovogo yachmenya / S. I. Voronov, V. P. Zvolinskij, Yu. N. Pleskachev, N. I. Matveeva, R. S. Grabov // Zemledelie. 2020. № 2. P. 24-26.

11. Dotsenko S. M., Kryuchkova L. G., Burmaga A. V. Development of technology for the production of multicomponent feed supplement // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. V. 11. № 6. P. 11A06B.

12. Niemann H., Kuhla B., Flachowsky G. Perspectives for feed-efficient animal production // Journal of Animal Science. 2011. V. 89. № 12. P. 4344-4363.

13. Response of sorghum bicolor varieties to soil salinity for feed and food production in karakalpakstan, Uzbekistan / T. E. Begdullayeva, K. M. Kienzler, J. P. A. Lamers, E. Kan, N. Ibragimov // Irrigation and Drainage Systems. 2007. V. 21. № 3-4. P. 237-250.

14. Study of production processes of feed additives using natural minerals and plant by-products / Z. S. Alimkulov, S. T. Zhiyenbayeva, N. B. Batyrbayeva, A. P. Krasteva // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2015. V. 21. № 4. P. 872-876.

15. Suleimenov M., Oram P. Trends in feed, Livestock production, and rangelands during the transition period in three central asian countries // Food Policy. 2000. V. 25. № 6. P. 681-700.

Author's Information

Adyaev Sanal Borisovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Mechanization of Land Reclamation, FSBSI All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after V.I. A.N. Kostyakova "(RF, 125434, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya, 44, building 2) email a.s.b08@mail.ru

Goldvarg Boris Aizikovich, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Arid Agriculture, Seed Production and Forage Production Kalmyk Research Institute of Agriculture, a branch of the Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (RF, Republic of Kalmykia, Elista, Gorodovikova st., 1 email gb_kniish@mail.ru

Информация об авторах

Адьяев Санал Борисович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела механизации мелиоративных работ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова» (РФ, 125434, г. Москва, Большая академическая, д.44, корп.2) э/почта a.s.b08@mail.ru

Гольдварг Борис Айзикович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом аридного земледелия, семеноводства и кормопроизводства Калмыцкий НИИ сельского хозяйства, филиал «Прикаспийского аграрного ФНЦ РАН» (РФ, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Городовикова, 1). э/почта gb_kniish@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13

THE STUDY OF THE ADAPTIVE POTENTIAL OF FODDER SHRUBS FOR CREATING ZOOMELIORATIVE PLANTS IN SEMI-DESERT PASTURE ECOSYSTEMS

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

Federal Public Budget Scientific Institution

*«Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»,
Astrakhan region, Chernoyarsky district, the village of Salty Zaymishche*

Received 17.12.2020

Submitted 10.03.2021

Summary

The article presents the results of a study of arid fodder shrubs for the restoration of degraded pasture ecosystems by creating zoomeliorative plantations on them in the arid zone of southern Russia. The studied plants were highly resistant to air and soil drought. Accounting for the yield of green mass showed that in the second year of life, the most productive were the Kalmyk Kochia phenotype (2.9 t / ha) and the local Ceratoides phenotype (2.3 t / ha). We also identified the local Calligonum phenotype as promising, due to the fact that under the stressful conditions of the study period it had good germination (48%) and an increase in green mass.

Abstract

Introduction. To rehabilitate and maintain the ecological balance of semi-desert pasture ecosystems, it is necessary not only to use them rationally, but also to regularly carry out reclamation measures, including the creation of protective forest plantations, which form a favorable abiotic environment, in

which not only species diversity, but also the productivity of the pasture phytocenosis increases.

Objects of research - perennial forage dwarf shrubs and shrubs, including: wild Kochia and Ceratoides gray, (the village of Solyanoye Zaymishche); wild-growing Kochia prostrate, (Kalmykia, Yashkul district); wild leafless Calligonum (vk - 14, 17, 18, 20) and black Haloxylon (Aral OS, Kazakhstan - under an agreement on scientific cooperation); wild leafless Calligonum (Astrakhan region, Narimanovsky district). **Materials and methods.** Soil studies were carried out in accordance with the relevant GOST in the Agrochemical Center «Astrakhansky», visual assessment of the state of sowing on a 5-point scale according to the method of B.A. Dospekhova, assessment of plant response to drought on a 9-point scale - according to the method of Waterproofing works, primary assessment of samples - according to the methodological instructions «Study of the collection of perennial forage plants». **Results and Conclusions.** The studied plants had a high resistance to air and soil drought (0-5 points), and during the entire growing season had a good sowing condition (4-5 points); by the end of 1 year of life, the Ceratoides had an average height of 0.38, and the twigs of 0.47 m. In the second year, the increase was no more than 0.30 m. dry winds and high daytime temperatures in summer), not only sprouted, but the seedlings gave an average growth of 0.34 m; Accounting for the yield of green mass showed that in the second year of life, the most productive were the Kalmyk Kochia phenotype (2.9t / ha) and the local Ceratoides phenotype (2.3t / ha). We also identified the local Calligonum phenotype as promising, due to the fact that under the stressful conditions of the study period it had good germination (48%) and an increase in green mass.

Key words: forage shrubs, semi-desert pastures, arid conditions, productivity, protective plantations.

Citation. Bulakhtina G.K., Kudryashova N.I., Podoprigrorov Y.N. The study of the adaptive potential of fodder shrubs for creating of zoomeliorative plants in semi-desert pasture ecosystems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 135-144 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13.

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

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

УДК 631.547.15

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА КОРМОВЫХ КУСТАРНИКОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗООМЕЛИОРАТИВНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ПОЛУПУСТЫННЫХ ПАСТИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Г. К. Булахтина, кандидат сельскохозяйственных наук

Н. И. Кудряшова, кандидат сельскохозяйственных наук

Ю. Н. Подопрigorov, младший научный сотрудник

ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Астраханская область, Чернышевский район, с. Солёное Займище

Дата поступления в редакцию 17.12.2020

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность. Для рекультивации и поддержания экологического равновесия полупустынных пастбищных экосистем необходимо не только рационально их использовать, но и регулярно проводить мелиоративные мероприятия, в том числе создавать защитные лесные насаждения, которые формируют благоприятную абиотическую среду, в которой увеличивается не только видовое разнообразие, но и продуктивность фитоценоза пастбища. **Объекты исследования** – многолетние кормовые полукустарники и кустарники, в том числе дикорастущие прутняк простертый и терескен серый (с. Солёное Займище); дикорастущий прутняк простертый (Калмыкия, Яшкульский р-н); дикорастущие жужгуны безлистные (vk - 14, 17, 18, 20) и саксаул чёрный (Приаральская ОС, Казахстан – по договору о научном сотрудничестве); дикорастущий жужгун безлистный (Астраханская обл., Наримановский р-н). **Материалы и методы.** Исследования почвы проводились по соответствующим ГОСТ в Агрохимцентре «Астраханский», визуальная оценка состояния посева

по 5-балльной шкале по методике Б. А. Доспехова, оценка реакции растений на засуху – по 9-балльной шкале – по методике ВИР, первичная оценка образцов – по методическим указаниям «Изучение коллекции многолетних кормовых растений». **Результаты и выводы.** Исследуемые растения имели высокую устойчивость к воздушной и почвенной засухам (0-5 баллов) и в течение всего периода вегетации имели хорошее состояние посева (4-5 баллов). К концу первого года жизни терескен имел среднюю высоту 0,38, а прутняки – 0,47 м. На второй год прибавка составила не более 0,30 м. Семена жуггуна (местный фенотип) даже в самых тяжелых погодных условиях (отсутствие осадков, постоянные суховеи и высокие дневные температуры в летний период) проросли, а сеянцы дали прирост в среднем 0,34 м. Учет урожайности зеленой массы показал, что на второй год жизни наиболее продуктивными оказались калмыцкий фенотип прутняка (2,9 т/га) и местный фенотип терескена (2,3 т/га). Местный фенотип жуггуна нами был также выделен как перспективный, в связи с тем что в стрессовых условиях периода исследования имел хорошую всхожесть (48 %) и прирост зеленой массы.

Ключевые слова: кормовые кустарники, зоомелиоративные насаждения, полупустынные пастбища, аридные условия, продуктивность пастбищ, защитные насаждения.

Цитирование. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подопригоров Ю. Н. Исследование адаптивного потенциала кормовых кустарников для создания зоомелиоративных насаждений в полупустынных пастбищных экосистемах. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 135-144. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-13.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Полупустынные пастбища – это наиболее уязвимые природные экосистемы. Их экологическое состояние подвержено не только климатической, но и антропогенной нагрузке [2, 4, 13].

Для рекультивации и поддержания экологического равновесия полупустынных пастбищных экосистем необходимо не только рационально их использовать, но и регулярно проводить мелиоративные мероприятия, в том числе создавать защитные лесные насаждения (ЗЛН) [7-10].

Исследования пастбищ с ЗЛН привели физиков к понятию «сложных открытых систем», которые развиваются своеобразно и где в основе понимания складывающейся структуры условий на межполосной клетке лежат более общие фундаментальные законы, а именно законы синергетики и неравновесной термодинамики [5, 11, 13].

Созданные пастбищные экосистемы с лесными защитными насаждениями формируют благоприятную абиотическую среду, в которой увеличивается не только видовое разнообразие, но и продуктивность фитоценоза пастбища [3, 6, 12].

Однако в современных условиях аридизации климата древесные насаждения являются крайне неустойчивыми. В наших исследованиях по определению влияния кустарниковых защитных полос на аридные пастбищные экосистемы были получены результаты, доказывающие позитивное мелиоративное влияние этих кулис на пастбищные фитоценозы. В их числе: ветроломный эффект, равномерное распределение снега по прилегающему пастбищу, увеличение запаса влаги в почве, а также увеличение продуктивности и питательной ценности пастбища, поскольку эти кустарники сами служат дополнительным источником кормов [1].

Целью нашей работы являлось подбор и мобилизация аридных кормовых кустарниковых растений для реставрации деградированных пастбищных экосистем способом создания на них зоомелиоративных насаждений в аридной зоне юга России.

Материалы и методы. Опытный участок расположен на землях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в северном районе Астраханской области. Рельеф участка – выровненный с микрозападинами до 0,15 м. Почвы участка светло-каштановые. Подготовка участка: основная осенняя обработка почвы плугом ПЛН-3-35 на глубину 0,20-0,25 м и предпосевная обработка – фрезерование фрезой Ф-200, проводящиеся непосредственно перед посевом с применением трактора МТЗ- 82.

Всего было отобрано 10 образцов кормовых полукустарников и кустарников, в том числе дикорастущие прутняк простертый и терескен серый (Астраханская обл., с. Соленое Займище); дикорастущий прутняк простертый (Калмыкия, Яшкульский р-н); дикорастущие жужгуны безлистные (вк - 14, 17, 18, 20) и саксаул черный (Приаральская ОС, Казахстан – по договору о научном сотрудничестве); дикорастущий жужгун безлистный (Астраханская обл., Наримановский р-н). Общая площадь делянки под один вид – 35 м², учетная – 30 м². Посев семенами рядовой с междурядьем – 1,4 м. Повторность трехкратная. Площадь делянки под одну повторность – 10 м². Техника посева – ручная. Глубина заделки семян терескена, прутняка и саксаула – 1 см, жужгуна – 3-4 см. Норма высева терескена и прутняка – 10 кг/га, жужгуна – 15 кг/га, саксаула – 60 кг/га.

Исследования почвы проводились по соответствующим ГОСТ в Агрохимцентре «Астраханский», визуальная оценка состояния посева – по 5-балльной шкале по методике Б. А. Доспехова (1985), оценка реакции растений на засуху – по 9-балльной шкале – по методике ВИР (1985), первичная оценка образцов – по методическим указаниям «Изучение коллекции многолетних кормовых растений» (Иванов А. И. и др., 1985).

Результаты и обсуждение. На первом этапе был проведен анализ почвы опытного участка и для сравнения - природного пастбища региона исследования (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты агрохимического анализа почвы опытного участка и природного пастбища, 2019г., ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»

Table 1 – Results of agrochemical analysis of the soil of the experimental site and natural pasture, 2019, FGBNU "PAFNTs RAS"

Показатель / Indicator	Единица измерения / unit of measurement	Результат анализа / Analysis result	
		Природное пастбище/ Natural pasture	Опытный участок/ Experimental plot
рН водный/ pH water	Ед.рН	8,0	8,2
Органическое в-во (гумус)/ Organic matter (humus)	%	0,74	0,68
Азот щелочногидролизующий/ Azot shchelochnogidrolizuyemyy	мг/кг mg / kg	21	21
Фосфор подвижный/ Mobile phosphorus	мг/кг mg / kg	27	28
Калий подвижный/ Mobile kaliy	мг/кг mg / kg	264	298

По результатам анализа и по данным группировок почв по обеспеченности анализируемых показателей было выявлено, что почва участков идентична и имеет обеспеченность по содержанию: гумуса – очень низкую (по методике Тюрина); азота щелочногидролизующего – очень низкое (по методике Корнфилда); фосфора подвижного – высокое (по методике Мачигина); калия подвижного – высокое (по методике Мачигина).

Также почва опытного участка определялась на засоленность. Установлено, что почва участка под многолетние кормовые растения имеет слабощелочную реакцию, низкий уровень плодородия и является незасоленной, что соответствует показателям естественных пастбищ региона.

Анализ полученных метеорологических данных показал, что годы исследования в сравнении со среднемноголетними данными характеризовались как более теплые и засушливые. Особенно обращает на себя внимание зимний период, который отмечен был в основном положительными температурами. Среднегодовые температуры увеличены на 2-3 градуса, а годовая сумма осадков уменьшилась на 30-60 мм. В 2019 году осадки достаточно равномерно распределялись по всему вегетационному периоду. В 2020 году отмечена жесткая засуха в летний период, когда с марта по сентябрь выпало всего 78,7 мм осадков. Отсутствие влаги, регулярные суховеи и высокие дневные температуры (45-50 °С) – все это негативно отразилось на посевах жужгуна, когда всходы дал только местный фенотип. Отсутствие влаги в верхних слоях почвы показано на графике (рисунок), где наглядно видно, что уже в марте сумма продуктивной влаги в слое почвы 0-0,5 м была в пределах 26 мм. Этой влаги оказалось недостаточно для прорастания семян жужгуна и саксаула из Казахстана.

По результатам метеорологических данных был рассчитан показатель характеристики уровня влагообеспеченности территории (ГТК), который составил в апреле – 0,7, в мае – 0,8, а в остальные месяцы – 0. По классификации Селянинова Г. Т. регион исследования относится к сухой зоне. Таким образом, можно констатировать, что метеоусловия периода вегетации растений отмечены как стрессовые в связи с воздушной и почвенной засухами, отсутствием осадков и продуктивной влаги в почве.

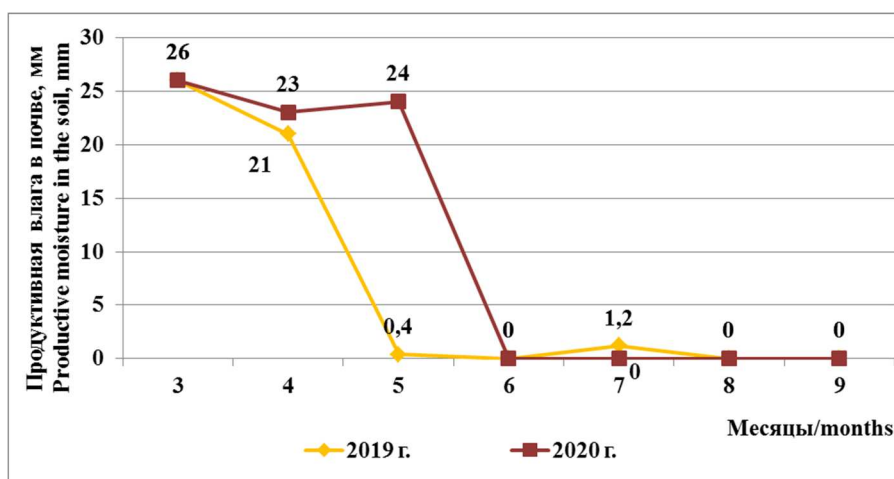


Рисунок – Динамика продуктивной влаги (мм) в слое почвы 0-0,5 м по годам исследования, 2019-2020 гг., ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»

Figure – Dynamics of productive moisture (mm) in the soil layer 0-0.5 m by years of study, 2019-2020, FGBNU «PAFNTs RAS»

Посев терескена и прутняка проводился 01.11.2018 года. Температура воздуха составила +1 °С, общий запас влаги в почве на глубине 0-0,3 м – 60 мм. Посев жужгуна и саксаула был проведен 16.10.19 г. Температура воздуха составила +7 °С, общий запас влаги в почве на глубине 0-0,3 м – 68 мм.

Начало всходов исследуемых растений в первый год отмечено 18.04.2019г. Всходы жужгуна (астраханский фенотип) были отмечены 5-10 мая 2020 года. Жужгуны и саксаул из Казахстана полностью не взошли. Такой результат был получен в связи с тем, что зима 2019-2020 гг. оказалась теплой и малоснежной, за март и апрель выпало всего 8,8 мм осадков, а выросший в местных условиях фенотип уже является адаптированным к условиям региона.

Состояние посевов растений по годам вегетации отражено в таблице 2.

Таблица 2 – Изучение многолетних кормовых растений, 2019-2020 гг., ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»

Table 2 – Study of perennial forage plants, 2019-2020, FGBNU «PAFNTs RAS»

Вид растений / Plant specie	Визуальная оценка / Visual assessment							
	Состояние посева, балл* / Sowing condition, ball				Реакция на засуху, балл** / Drought response, ball			
	2019 г.		2020 г.		2019 г.		2020 г.	
	14.05	12.09	13.05	20.09	14.05	12.09	13.05	20.09
Терескен, местный фенотип / Ceratoides, local phenotype	3	3	5	4	0	5	0	5
Прутняк, местный фенотип / Kóchia, local phenotype	4	5	5	5	0	0	0	3
Прутняк, фенотип Калмыкия / Kóchia, phenotype Kalmykia	4	5	5	5	0	0	0	3
Джужгун, местный фенотип / Calligonum, local phenotype	-	-	5	5	-	-	0	0

*Визуальная оценка состояния посева по 5-балльной шкале: 0- полная гибель, 1- очень плохое, 2- плохое, 3 – удовлетворительное, 4 – хорошее, 5 – отличное (Б. А. Доспехов, 1985).

** Оценка реакции растений на засуху по 9-балльной шкале: 1 - очень слабая (незначительное пожелтение некоторых прикорневых листьев), 3 - слабая (пожелтение всех прикорневых листьев), 5 – средняя (пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев), 7 – сильная (пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев и потеря тургора зелеными листьями), 9 – очень сильная (пожелтение листьев, потеря ими тургора и недоразвитие генеративных органов, т.е. соцветия не выходят из влагалищ верхнего листа) (методика ВИР, 1985).

Таким образом, можно отметить, что исследуемые растения имеют высокую устойчивость к воздушной и почвенной засухам и в течение всего периода вегетации имели хорошее состояние посева. Однако судить о зимостойкости по зиме 2019-2020 гг. нет возможности, поскольку зимние температуры в среднем на 10-12 градусов превышали среднемноголетние, т.е. погода соответствовала осеннему или ранневесеннему периоду. В конце вегетационного периода были проведены измерения высоты растений (таблица 3).

Таблица 3 – Изменение высоты исследуемых растений за период вегетации, 2019-2020 гг., ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»

Table 3 – Change in the height of the studied plants during the growing season, 2019-2020, FGBNU «PAFNTS RAS»

Вид растений / Plant specie	Высота растений, м / Plant height, m		Прирост, м / Growth, m	
	2019 г.	2020 г.	За 1-й год / For the 1st year	За 2-й год / For the 2nd year
Терескен, местный фенотип / Ceratoides, local phenotype	0,38± 0,04	0,65± 0,03	0,38	0,27
Прутняк, местный фенотип / Kóchia, local phenotype	0,48± 0,03	0,78± 0,03	0,48	0,30
Прутняк, фенотип Калмыкия / Kóchia, phenotype Kalmykia	0,47± 0,03	0,77± 0,04	0,47	0,30
Джужгун, местный фенотип / Calligonum, local phenotype	-	0,34± 0,02	0,34	-

К концу вегетации 1 года жизни терескен имел среднюю высоту 0,38, а прутняки – 0,47 м. На второй год прибавка составила не более 0,30 м. Семена жужгуна (местный фенотип) даже в самых тяжелых погодных условиях (отсутствие осадков, постоянные суховеи и высокие дневные температуры в летний период) проросли (полевая всхожесть – 48 %), а сеянцы дали прирост в среднем 0,34 м.

Учет урожайности был произведен у терескена и прутняка в фазу бутонизации растений, а у жузгуна – в фазу ветвления (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность кормовых кустарников, 2020 г., ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»

Table 4 – Productivity of fodder shrubs, 2020, FGBNU «PAFNTs RAS»

Вид растений / Plant specie	Год вегетации / Vegetation year	Урожайность, т/га / Productivity, t / ha		Выход СВ / dry matter yield, %
		Зеленая масса / Green mass	Сухая масса / Dry weight	
Терескен, местный фенотип / Ceratoides, local phenotype	2-й	2,3	1,2	53
Прутняк, местный фенотип / Kóchia, local phenotype	2-й	2,3	1,1	47
Прутняк, фенотип Калмыкия / Kóchia, phenotype Kalmykia	2-й	2,9	1,4	47
Джузгун, местный фенотип / Calligonum, local phenotype	1-й	0,5	0,17	34

По результатам учета было выявлено, что на второй год жизни наиболее продуктивным оказался калмыцкий фенотип прутняка и местный фенотип терескена. Местный фенотип жузгуна нами был также выделен как перспективный в связи с тем, что в стрессовых условиях периода исследования имел хорошую всхожесть и прирост зеленой массы.

Выводы. По результатам проведенных исследований были сделаны следующие выводы: метеоусловия периода вегетации растений отмечены как стрессовые в связи с воздушной и почвенной засухой, отсутствием осадков и продуктивной влаги в почве; почва участка под многолетние кормовые растения имеет слабощелочную реакцию, низкий уровень плодородия и является незасоленной, что соответствует показателям естественных пастбищ региона; исследуемые растения имели высокую устойчивость к воздушной и почвенной засухе (0-5 баллов) и в течение всего периода вегетации имели хорошее состояние посева (4-5 баллов); к концу 1 года жизни терескен имел среднюю высоту 0,38, а прутняки – 0,47 м. На второй год прибавка составила не более 0,30 м. Семена жузгуна (местный фенотип) даже в самых тяжелых погодных условиях (отсутствие осадков, постоянные суховеи и высокие дневные температуры в летний период) проросли, а сеянцы дали прирост в среднем 0,34 м; учет урожайности зеленой массы показал, что на второй год жизни наиболее продуктивными оказались калмыцкий фенотип прутняка (2,9 т/га) и местный фенотип терескена (2,3 т/га). Местный фенотип жузгуна нами был также выделен как перспективный в связи с тем, что в стрессовых условиях периода исследования имел хорошую всхожесть (48 %) и прирост зеленой массы.

Библиографический список

1. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подопрigorov Ю. Н. Влияние кустарниковых защитных полос с использованием Тамарикса многоветвистого (*Tamarix Ramosissima* Led.) на полупустынную пастбищную экосистему // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1(57). С. 105-113.
2. Власенко М. В., Кулик А. К. Современное состояние степной растительности Придонских песчаных массивов // Аграрная Россия. 2017. № 9. С. 22-29.
3. Воронина В. П., Шубнова М. В., Вдовенко А. В. Биогеоценотическая роль *Chamaecytisus borysthenicus* на песках Нижнего Поволжья. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.. 2020. № 3(59). С. 79-91.
4. Джанибекова Х. А., Аджиева М. М. Естественное возобновление горнолуговых ландшафтов плато Бийчесын // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2016. Т. 10. № 4. С. 111-117.

5. К вопросу об использовании понятия «энтропия» в агролесомелиорации / К. Н. Кулик, В. В. Бородычев, Ю. И. Васильев, С. Н. Крючков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4(56). С. 42-47.
6. О концепции экологической ниши и ее роли в практике конструирования адаптивных аридных пастбищных агроэкосистем / З. Ш. Шамсутдинов, В. М. Косолапов, Э. З. Шамсутдинова, М. В. Благоразумова, Н. З. Шамсутдинов // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 2. С. 270-281.
7. Радочинская Л. П. Сохранение видового и популяционного биоразнообразия на лесопастбищах Черных Земель как фактор экологической стабильности в регионе // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 4 (68). С. 161-167.
8. Рыбашлыкова Л. П. Лекарственные растения в восстановленном растительном покрове очагов дефляции на пастбищах Северо-Западного Прикаспия // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2018. Т. 21. № 10. С. 98-103.
9. Турко С. Ю., Вдовенко А. В., Сивцева С. Н. Устойчивость и долговечность кормовых фитоценозов деградированных пастбищ // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 2 (98). С. 176-186.
10. Demutation of Arid Pastures Different in Degree of Pasqual Digression in Isolation from Grazing / A. F. Tumanyan, N. I. Khairova, V. V. Vvedenskiy, N. V. Tyutyuma, G. K. Bulahtina // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. V. 10. № 12. P. 3198-3200.
11. France J. Mathematical Modelling in Agriculture // Weed Research. 2006. Vol. 28 (6). P. 419-423.
12. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Productions potential of restored pastures of the Northwestern Caspian // Arid Ecosystems. 2019. V. 9. № 1. P. 51-58.
13. The National Wind Erosion Research Network: Building a standardized long-term data resource for aeolian research, modeling and land management / N. P. Webb, J. E. Herrick, J. W. Van Zee, E. M. Courtright, C. H. Hugenholtz, T. M. Zobeck, G. S. Okin, T. E. Barchyn // Aeolian Research. 2016. Vol. 22. P. 23-36.

Conclusions. Based on the results of the studies, the following conclusions were made: the meteorological conditions of the vegetation period of plants were noted as stressful due to air and soil drought, lack of precipitation and productive moisture in the soil; the soil of the site for perennial fodder plants has a slightly alkaline reaction, a low level of fertility and is non-saline, which corresponds to the indicators of natural pastures in the region; the studied plants had high resistance to air and soil drought (0-5 balls), and during the entire growing season had a good sowing state (4-5 balls); by the end of 1 year of life, *Ceratoides* had an average height of 0.38, and rods of 0.47 m. In the second year, the increase was no more than 0.30 m. *Calligonum* seeds (local phenotype), even in the most difficult weather conditions (lack of precipitation, constant dry winds and high daytime temperatures in summer), not only germinated, but the seedlings gave an average growth of 0.34 m; accounting for the yield of green mass showed that in the second year of life, the most productive were the Kalmyk phenotype of the cane (2.9 t / ha) and the local phenotype of *Ceratoides* (2.3 t / ha). We also identified the local *Calligonum* phenotype as promising, due to the fact that under the stressful conditions of the study period it had good germination (48%) and an increase in green mass.

References

1. Bulahtina G. K., Kudryashova N. I., Podoprigorov Yu. N. Vliyanie kustarnikovykh zaschitnykh polos s ispol'zovaniem Tamariksa mnogovetvistogo (*Tamarix Ramosissima* Led.) na polupustynnuyu pastbishnuyu jekosistemu // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 1(57). P. 105-113.
2. Vlasenko M. V., Kulik A. K. Sovremennoe sostoyanie stepnoj rastitel'nosti Pridonskih peschanykh massivov // Agrarnaya Rossiya. 2017. № 9. P. 22-29.
3. Voronina V. P., Shubnova M. V., Vdovenko A. V. Biogeocenoticheskaya rol' *Chamaecytisus borysthenicus* na peskah Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie 2020. № 3(59). P. 79-91.

4. Dzhanibekova H. A., Adzhieva M. M. Estestvennoe vozobnovlenie gornolugovykh landshaftov plato Bijchesyn // Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki. 2016. T. 10. № 4. P. 111-117.
5. K voprosu ob ispol'zovanii ponyatiya "jentropiya" v agrolesomelioracii / K. N. Kulik, V. V. Borodychev, Yu. I. Vasil'ev, S. N. Kryuchkov // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 4(56). P. 42-47.
6. O koncepcii jkologicheskoy nishi i ee roli v praktike konstruirovaniya adaptivnykh aridnykh pastbishnykh agrojkosistem / Z. Sh. Shamsutdinov, V. M. Kosolapov, Je. Z. Shamsutdinova, M. V. Blagorzumova, N. Z. Shamsutdinov // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2018. T. 53. № 2. P. 270-281.
7. Radochinskaya L. P. Sohranenie vidovogo i populyacionnogo bioraznoobraziya na lesopastbishchah Chernyh Zemel' kak faktor jekologicheskoy stabil'nosti v regione // Puti povysheniya jeffektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2017. № 4 (68). P. 161-167.
8. Rybashlykova L. P. Lekarstvennye rasteniya v vosstanovlennom rastitel'nom pokrove ochafov deflyacii na pastbishchah Severo-Zapadnogo Prikaspiya // Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevricheskoy himii. 2018. T. 21. № 10. P. 98-103.
9. Turko S. Yu., Vdovenko A. V., Sivceva S. N. Ustojchivost' i dolgovechnost' kormovykh fitocenozov degradirovannykh pastbishch // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2017. № 2 (98). P. 176-186.
10. Demutation of Arid Pastures Different in Degree of Pasqual Digression in Isolation from Grazing / A. F. Tumanyan, N. I. Khairova, V. V. Vvedenskiy, N. V. Tyutyuma, G. K. Bulahtina // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. V. 10. № 12. P. 3198-3200.
11. France J. Mathematical Modelling in Agriculture // Weed Research. 2006. Vol. 28 (6). P. 419-423.
12. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Productions potential of restored pastures of the Northwestern Caspian // Arid Ecosystems. 2019. V. 9. № 1. P. 51-58.
13. The National Wind Erosion Research Network: Building a standardized long-term data resource for aeolian research, modeling and land management / N. P. Webb, J. E. Herrick, J. W. Van Zee, E. M. Courtright, C. H. Hugenholtz, T. M. Zobeck, G. S. Okin, T. E. Barchyn // Aeolian Research. 2016. Vol. 22. P. 23-36.

Author's Information

Bulakhtina Galina Konstantinovna, Head of the Department of Environmental Management, FSBSI "Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of SolenoyeZaimishche, Severny block, house 8), candidate of agricultural sciences, gbulaht@mail.ru, tel. 89275532822, ORCID -0000-0001-8949-8666; SPIN code 4070-8492.

Kudryashova Natalia Ivanovna, head of the laboratory FSBSI "Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of SolenoyeZaimishche, Severny block, house 8), candidate of agricultural sciences, stone79.79@list.ru, tel. 89275594770, ORCID -0000-0003-0195-3869; SPIN code 2816-8178.

Podoprigorov Yury Nikolaevich, junior researcher FSBSI "Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of SolenoyeZaimishche, Severny block, house 8), тел. 89275534566, ORCID 0000-0003-0073-8702; SPIN code 8530-7666.

Информация об авторах

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

Кудряшова Наталья Ивановна, заведующий лабораторией ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, дом 8), кандидат сельскохозяйственных наук, stone79.79@list.ru, тел. 89275594770, ORCID-0000-0003-0195-3869; SPIN-код 2816-8178.

Подопригоров Юрий Николаевич, младший научный сотрудник ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), тел. 89275534566, ORCID 0000-0003-0073-8702; SPIN-код 8530-7666.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-14

BASIC PRINCIPLES OF ECOLOGICAL PROTECTION OF PLANTS IN IRRIGATED AGROLANDSCAPES

O. P. Komarova

All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 11.01.2021

Submitted 10.03.2021

Summary

The article presented methodological approaches to the creation of ecological plant protection systems, formulated the basic principles of ecological protection of plants in irrigated agrolandscapes. Approaches to the strategy of ecological protection of plants at three hierarchical levels (agrolandscape, crop rotation and agroecosis) are proposed.

Abstract

Introduction. Currently, the development of plant protection systems focuses on the transition from the suppression of the number of individual species of phytophages to the general stabilization of the phytosanitary situation in agrolandscapes by creating conditions for the self-regulation of entomocomplexes of agroecosis in the framework of the application of ecological plant protection systems. The most relevant in this regard is the focus not on the complete destruction of pests in agroecosystems, but on the management of the structure and number of biota not at the population, but at the biocenotic level. The purpose of protective measures is to curb the development of harmful components of agroecosystems at environmentally and economically acceptable levels. At the same time, a decrease in the pesticide load on agroecosis is achieved, which is especially important in modern conditions of updating organic agriculture. **Object.** Entomocomplexes of irrigated agricultural landscapes of the Lower Volga region. **The purpose** of the research is to develop methodological approaches and formulate the basic principles of ecological protection of plants in irrigated agricultural landscapes. **Results and conclusions.** Approaches to the strategy of ecological protection of plants at three hierarchical levels (agrolandscape, crop rotation and agroecosis) are proposed. At the agrolandscape level, the strategic objectives of ecological protection of plants are being solved to maintain the sustainability of the agroecosystem, preserve biological diversity and maintain the number of entomophages and entomopathogens that restrain the density of phytophages at an environmentally sound level. The tactical tasks for general improvement of phytosanitary state of crops are solved at the level of crop rotation, where phytosanitary stability is ensured primarily by optimized structure of crops during irrigation. Operational issues of direct management of populations of specific insect species are considered at the level of individual agroecosis, while priority is given to agrotechnical and organizational and economic techniques. The basic principles of development of a system of protection of field crops in irrigated agrolandscapes of the Lower Volga region are described. The methodological approach adopted by us to the creation of a system for the protection of field crops in agrolandscapes with irrigation in south-eastern European Russia is based on the principles of ecological safety of landscapes with the determination of the optimal level and criteria for anthropogenic load on them without negative consequences for biota with stable functioning of agrolandscapes.

Key words: *ecological plant protection, methodological approaches, principles, irrigated agrolandscapes.*

Citation. Komarova O. P. Basic principles of ecological protection of plants in irrigated agrolandscapes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1 (61). 144-152 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-14.

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

УДК 632.7:633.3:631.67

**ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ
В ОРОШАЕМЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ****О. П. Комарова**, кандидат сельскохозяйственных наук*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 11.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность. В настоящее время в создании систем защиты растений делается акцент на переходе от подавления численности отдельных видов фитофагов к общей стабилизации фитосанитарной обстановки в агроландшафтах за счет создания условий для саморегуляции энтомокомплексов агроценозов в рамках применения экологических систем защиты растений. Наиболее актуальной в этой связи является ориентация не на полное уничтожение вредителей в агроэкосистемах, а на управление структурой и численностью биоты не на популяционном, а на биоценотическом уровне. Целью защитных мероприятий является сдерживание развития вредных компонентов агроэкосистем на экологически и экономически допустимых уровнях. При этом достигается снижение пестицидной нагрузки на агроценозы, что особенно важно в современных условиях актуализации органического земледелия. **Объект.** Энтомокомплексы орошаемых агроландшафтов Нижнего Поволжья. **Цель исследований** – разработать методологические подходы и сформулировать основные принципы экологической защиты растений в орошаемых агроландшафтах. **Результаты и выводы.** Предложены подходы к стратегии экологической защиты растений на трех иерархических уровнях (агроландшафт, севооборот и агроценоз). На уровне агроландшафта решаются стратегические задачи экологической защиты растений по поддержанию устойчивости агроэкосистемы, сохранению биологического разнообразия и поддержанию численности энтомофагов и энтомопатогенов, сдерживающих плотность фитофагов на экологически безопасном уровне. Тактические задачи по общему оздоровлению фитосанитарного состояния посевов решаются на уровне севооборота, где фитосанитарная стабильность обеспечивается в первую очередь оптимизированной структурой посевов при орошении. Оперативные вопросы непосредственного управления популяциями отдельных видов насекомых рассматриваются на уровне отдельных агроценозов, при этом приоритет отдается агротехническим и организационно-хозяйственным приемам. Изложены основные принципы разработки системы защиты полевых культур в орошаемых агроландшафтах Нижнего Поволжья. Принятый нами методологический подход к созданию системы защиты полевых культур в агроландшафтах с орошением на юго-востоке европейской России основан на принципах экологической безопасности ландшафтов с определением оптимального уровня и критериев антропогенной нагрузки на них без отрицательных последствий для биоты при устойчивом функционировании агроландшафтов.

Ключевые слова: экологическая защита растений, саморегуляция энтомокомплексов, фитосанитарный мониторинг, орошаемые агроландшафты.

Цитирование. Комарова О. П. Основные принципы экологической защиты растений в орошаемых агроландшафтах. *Известия НВ АУК*. 2021. 1 (61). 144-152. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-14.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В текущем столетии, наряду с изучением фитосанитарной ситуации в однополевых агроценозах, актуализируется проблема фитосанитарного мониторинга и агробиоценологической диагностики целостных агроэкосистем [2, 7, 11].

Переход от подавления отдельных видов вредителей на посевах сельскохозяйственных культур к общей стабилизации фитосанитарной обстановки в агроландшафтах и созданию условий для саморегуляции энтомокомплексов агроценозов возможен лишь при использовании экологических систем защиты растений [8, 13].

Среди положений стратегии и тактики экологической защиты растений основополагающим принципом определено сохранение и поддержание собственной устойчивости агроэкосистемы и организация защиты на основе принципа естественного регулирования в исторически сложившихся биоценозах [3, 5, 12]. Ведущим концептуальным направлением экологической защиты растений является акцент не на полное уничтожение вредителей в агроэкосистемах, а на управление структурой и численностью биоты, переходя от популяционного к биоценозическому уровню [4, 9, 15].

Особую важность, особенно на текущем этапе реформирования сельскохозяйственного производства при недостаточном финансировании или полном его отсутствии, приобретают основные элементы интегрированной защиты, составной частью входящие в систему земледелия, – агротехнические и организационно-хозяйственные приемы (оптимизация сроков и способов посева, регулирование численности насекомых с помощью внесения удобрений и орошения, введение устойчивых сортов и очень ограниченное использование химических средств) [10, 14, 16].

В последние годы в рамках развития адаптивно-ландшафтных систем земледелия в защите растений актуален акцент на использование популяций энтомофагов и энтомопатогенов в управлении численностью вредных объектов в агроэкосистемах – агробиоценозов – на уровне, по крайней мере, полевых севооборотов [1, 4, 6]. При этом немаловажную роль играет фитосанитарный мониторинг в агроландшафтах.

Результаты и обсуждение. Исходя из концепции адаптивной интенсификации растениеводства и всего сельского хозяйства, экологическая защита растений в условиях орошения рассматривается нами в рамках агроландшафта, т.е. с учетом взаимовлияния обрабатываемых земель и прилегающих естественных стаций. По нашему мнению, подходы к стратегии экологической системы защиты растений должны быть различными для сельскохозяйственной культуры, севооборота и в целом для агроландшафта. Только при этих условиях возможно усиление собственной устойчивости энтомокомплексов (оптимизация соотношения «энтомофаг – фитофаг»), обеспечивающее минимальное использование средств оперативного сдерживания численности вредителей. При этом нами выделены три иерархических уровня (агроландшафт, севооборот, отдельный агроценоз). Цели и задачи защиты растений на каждом из этих уровней различны, однако окончательным итогом разработки экологических систем защиты растений должно стать сдерживание популяций фитофагов на экологически и экономически допустимом уровне (рисунок 1).

На иерархическом уровне агроландшафта решаются стратегические задачи экологической защиты растений. Целью является поддержание устойчивости агроэкосистемы, сохранение биологического разнообразия и поддержание численности энтомофагов и энтомопатогенов, сдерживающих плотность фитофагов на экологически безопасном уровне. Одной из ведущих составляющих экологической защиты, обеспечивающей стабилизацию энтомокомплексов, по нашему мнению, является оптимизация структуры агроландшафта в целом, реализуемая в рамках адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Последняя должна обеспечивать создание полимерных агроландшафтов, включающих в себя достаточно значительные по площади участки естественных ценозов, полеззащитные лесонасаждения, естественные и искусственные водоемы. Наличие таких элементов агроландшафта и минимизация антропогенного воздействия на них, с сохранением естественного биоразнообразия, обеспечивают благоприятные условия для обитания и выживания крупных популяций энтомофагов, в значительной степени способствующих стабилизации численности фитофагов на посевах. С этой точки зрения, в аридной зоне Юго-Востока европейской России одним из важнейших факторов, повышающих полимерность агроландшафта и разнообразие условий (экологических ниш), является орошение.

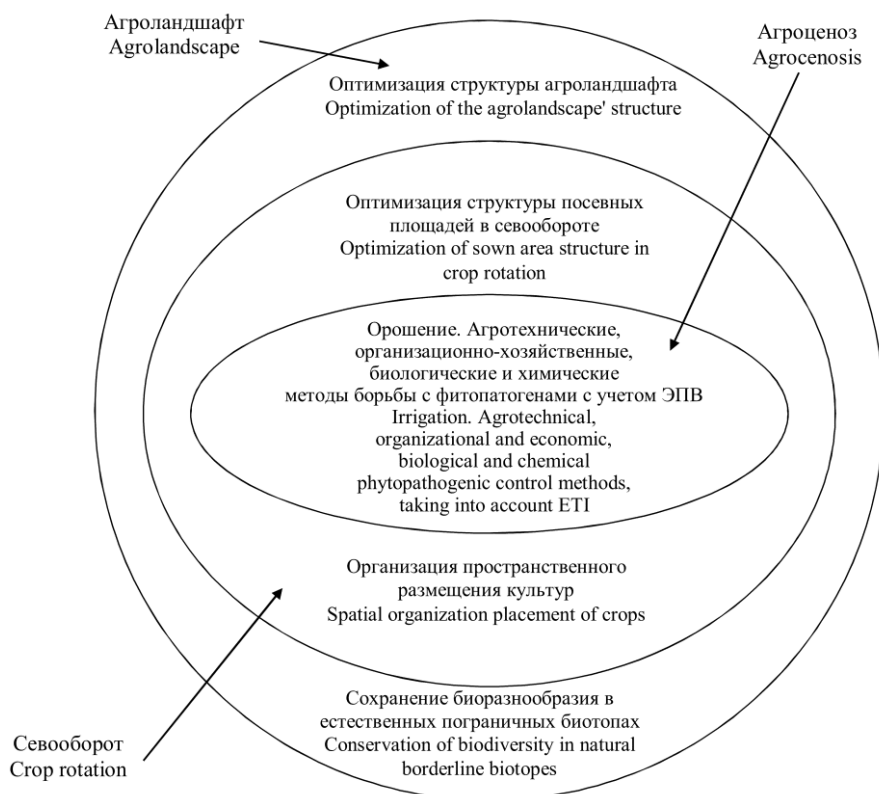


Рисунок 1 – Принципиальная схема уровней экологической системы защиты растений

Figure 1 – Schematic diagram of levels of ecological plant protection system

Тактические задачи по общему оздоровлению фитосанитарного состояния посевов решаются на уровне севооборота, где фитосанитарная стабильность обеспечивается в первую очередь оптимизированной структурой посевов при орошении. Многолетние (1982-2020 гг.) исследования, проведенные нами в Нижнем Поволжье, показывают, что фитосанитарное состояние орошаемых полевых севооборотов в значительной мере определяется долей участия в структуре севооборота многолетних трав и их равномерного пространственного распределения на севооборотном участке. Установлено, что при насыщении севооборотов многолетними травами до 43-57 % и их размещении вблизи полей культур, подвергающихся наиболее интенсивному технологическому прессингу, на последних существенно увеличиваются как общая численность энтомофагов (за счет горизонтальных миграций), так и общее разнообразие энтомокомплексов.

Оперативные вопросы непосредственного управления популяциями отдельных видов насекомых решаются на уровне отдельных агроценозов. Защита полевых культур в рамках конкретного поля основана на приоритете агротехнических и организационно-хозяйственных приемов. Это, главным образом, качественное и своевременное проведение комплекса предусмотренных зональной системой земледелия агротехнических мероприятий – оптимизация сроков и способов посева, системы обработки почвы, внесение удобрений и режим поливов, введение устойчивых сортов. Применение агротехнических и организационно-хозяйственных приемов, особенно в орошаемых условиях, позволяет обеспечить стабилизацию численности массовых видов фитофагов на посевах в пределах, не превышающих ЭПВ. Минимизация применения пестицидов достигается путем ведения постоянного мониторинга состояния популяций фито- и энтомо-

фагов, корректировки величин ЭПВ с учетом состояния посевов и соотношений численности видов в системах «фитофаг – энтомофаг», а также окончательного отказа от проведения химических обработок посевов по «календарному» принципу.

Комплексность проблемы фитосанитарной оценки сложных агроэкосистем, их многоуровневость и полисистемность подразумевают использование системного подхода для решения. Системный подход как методологическая основа создания систем защиты растений на адаптивно-ландшафтной основе позволяет выделить основные проблемы в решении научных и производственных задач и дает возможность спрогнозировать ситуацию, найти экологически безопасные направления управления численностью вредных объектов. Следует отметить, что при разработке экологических систем защиты растений невозможно обойтись без использования данных фитосанитарного мониторинга.

К проблемам управления энтомокомплексами в агроценозах относятся уточнение структуры энтомоценоза, определение функций элементов этой структуры, таких как фитофаги, энтомофаги, опылители, сапрофаги и др., и как результат – организация управляющей системы (экологической системы защиты растений), которая предотвратит ущерб от вредителей на экологически безопасном уровне с наибольшей экономической эффективностью.

В целом методологические положения стратегии и тактики экологической защиты растений основываются на поддержании собственной устойчивости агроэкосистемы и принципов естественного регулирования в энтомоценозах.

В основу исследований положены, прежде всего, биоценотические принципы, основанные на всестороннем изучении связей системы: «растение – вредитель – энтомофаг». Поскольку интегрированная защита растений заключается в ограничении численности вредных организмов при максимальном сохранении и усилении естественных механизмов регуляции численности фитофагов, большое значение имеет определение соотношения уровней численности вредных и полезных видов.

За концептуальную основу исследований нами принят принцип неразрывности экологических проблем и устойчивого получения продукции растениеводства в агроландшафтах с орошением.

Таким образом, выработанные нами основные методологические принципы разработки системы защиты полевых культур в орошаемых агроландшафтах Нижнего Поволжья включают ряд узловых сопрягающихся методологических и социально-экологических императивов, основанных на основных положениях целей, обозначенных ООН в 2015 г. в рамках Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года.

Основными принципами, следование которым обеспечит устойчивое функционирование агроландшафтов при минимизации пестицидной нагрузки, определены следующие:

Принцип фитосанитарной экранизации элементов системы земледелия. Система защиты растений от вредителей – важнейший блок системы земледелия, обеспечивающий регулирование и управление численностью фитофагов в почве, посевах сельскохозяйственных культур, семенном материале. Только в рамках адаптивно-ландшафтной системы земледелия возможно научно обоснованное сочетание агротехнических, организационно-хозяйственных, биологических и других методов борьбы с фитофагами. При разработке систем защиты растений каждый элемент системы земледелия важно оценивать с фитосанитарных позиций, строго ориентируясь на экологически и экономически обоснованные пороги вредоносности.

Принцип системности. Проблема сокращения численности фитофагов до хозяйственно безопасного уровня как основная задача блока защиты растений в рамках адаптивно-ландшафтных систем земледелия представляет собой узкую часть глобальной

проблемы создания устойчивых агроландшафтов, которая перекликается с общей проблемой устойчивого развития общества и требует системного подхода для рассмотрения во взаимосвязи с другими направлениями агроландшафтного земледелия.

Принцип экологичности. Составляет основу проектирования системы защиты растений. Его реализация включает использование экологических систем защиты растений, обеспечивающих саморегулирование энтомокомплексов в агроландшафтах за счет преимущественного применения нехимических способов защиты полевых культур в агроценозах; соблюдение экологических ограничений при применении пестицидов, среди которых важнейшим является использование химических средств при численности вредителей выше ЭПВ; соблюдение природоохранных зон вокруг водоемов; исключение попадания пестицидов в воду при орошении и т.д.

С этой точки зрения в экологических системах защиты растений основное внимание должен быть направлено на разработку способов и приемов по поддержанию экологического равновесия как в агроландшафтах, так и в прилегающих ландшафтах несельскохозяйственных угодий. В целом принцип экологичности систем защиты растений в рамках адаптивно-ландшафтных систем земледелия подразумевает сохранение среды обитания живых организмов как саморегулирующейся и саморазвивающейся системы.

Принцип целостности. Имеется в виду необходимость присутствия в структуре системы защиты растений отдельных элементов (факторов), находящихся во взаимодействии для получения эффективного результата защиты растений. При отсутствии составляющих ее элементов система защиты растений значительно снижает свою эффективность. Поэтому при разработке и реализации систем защиты растений необходимо учитывать все мероприятия, способствующие подавлению численности и снижению вредоносности фитофагов в течение всего периода нанесения вреда.

Принцип дифференциации. При разработке системы защиты растений предусматривают ее адаптацию к конкретным климатическим условиям, особенностям ландшафта, материальному обеспечению, а также к специализации хозяйства. Определяющим для выбора мероприятий в системах защиты растений в каждом конкретном хозяйстве должны стать результаты фитосанитарного мониторинга, учитывающие видовой состав фито- и энтомофагов, фазы их развития и соотношение численности.

Принцип адаптивности. Предполагает, что все элементы системы защиты растений необходимо соотносить с природными и организационно-экономическими условиями хозяйства (учитывать ландшафт, видовой состав, численность фитофагов, особенности используемых систем земледелия). Это служит дальнейшей конкретизацией принципа дифференциации систем защиты растений для каждого элемента (агроценоза) или группы элементов агроландшафта.

Принцип оптимизации. Представляет собой процесс выбора оптимального варианта из возможных (приведение системы в оптимальное состояние). Данный принцип указывает на необходимость научного обоснования методов и средств защиты растений в зависимости от биоэкологических особенностей развития насекомых, а также факторов антропогенного воздействия в рамках отдельных агроценозов.

В качестве важного элемента оптимизации блока защиты растений мы рассматриваем севообороты, в рамках которых предусматривается снижение пестицидной нагрузки за счет чередования культур и оптимизации состава культур с точки зрения оздоровления фитосанитарной обстановки.

Принцип альтернативности. При формировании системы защиты полевых культур в агроценозах возможно применение различных методов и средств для подавления вредных организмов. Принцип альтернативности позволяет выбрать наилучшую тактику подавления фитофагов в соответствии с принципами экологичности, адаптивности, дифференциации и оптимизации.

Принцип нормативности. Вытекает из требований научного подхода к обоснованию и разработке систем защиты растений и в значительной степени определяется энергоемкостью ландшафтов. В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства возникает острая необходимость строгого дозирования антропогенной нагрузки. Связано это с неоднозначным влиянием факторов интенсификации, поскольку каждый из факторов интенсификации может влиять на систему как положительно, так и отрицательно. Поэтому на каждом этапе проектирования систем защиты растений необходимо использовать нормативы. Следует иметь в виду, что их значения зависят от зональных особенностей и элементов агроландшафта.

Принцип сохранения биоразнообразия. Целью защитных мероприятий является создание такой саморегулирующейся системы, при которой не происходит полного уничтожения отдельных «вредных» для сельскохозяйственного производства видов. Исчезновение с лица земли любого «полезного», либо «вредного» для человека вида влечет необратимые экологические последствия. Для поддержания биоразнообразия в агроландшафтах необходимо оптимизировать соотношение природных и сельскохозяйственных угодий в целях сохранения насекомых в своих естественных условиях жизни.

Принцип планетарного единства. Так как циркуляция биосферных потоков (в том числе перенос химических средств защиты растений) носит глобальный (планетарный) характер, локальное действие источника, снижающего биоразнообразие, распространяется за пределы конкретного региона. Этот принцип важно учитывать на территориях, разделенных административными границами, но связанных генетически и являющихся единым биогеографическим комплексом.

Принцип предела (меры). Нельзя переходить границы, в пределах которых природная система способна к саморегуляции. Это значит, что только в рамках некоторых оптимальных размеров оправданы масштабы мероприятий по защите растений и отклонение от этих пределов снижает их эффективность. Несоблюдение данного принципа ведет к деградации природно-хозяйственных систем (конкретных агроландшафтов).

Принцип устойчивости в использовании агроландшафтов подразумевает использование управление процессами в агроландшафте щадящими методами и темпами.

Принцип экономической и экологической эффективности. Уровень продуктивности сельскохозяйственных культур, качество продукции, затраты ресурсов на единицу продукции должны экономически оправдывать применение систем (средств) защиты растений.

Параллельно с оценкой продуктивности системы необходимо учитывать степень поддержания экологического равновесия. Для этой цели в защите растений предполагается учитывать следующие показатели: количество видов энтомофауны (биоразнообразие), соотношение численности «полезных» и «вредных» видов, т.е. фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур.

Следует отметить, что реализация заявленных принципов экологической защиты растений возможна, с одной стороны, на основе детального изучения взаимосвязей биотических компонентов в различных типах агроландшафтов, а с другой – при наличии достаточного ресурсного и кадрового обеспечения сельскохозяйственного производства.

Выводы. Таким образом, принятый нами методологический подход к созданию системы защиты полевых культур в агроландшафтах с орошением на юго-востоке европейской России основан на принципах экологической безопасности ландшафтов с определением оптимального уровня и критериев антропогенной нагрузки на них без отрицательных последствий для биоты при устойчивом функционировании агроландшафтов.

Библиографический список

1. Власенко Н. Г. Основные методологические принципы формирования современных систем защиты растений // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С. 25-29.
2. Долженко В. И. Защита растений: настоящее и будущее // Плодородие. 2018. № 1 (100). С. 24-26.
3. Захаренко В. А. Пестициды в интегрированном управлении фитосанитарными рисками чрезвычайных ситуаций, вызываемых особо опасными вредителями в агроэкосистемах // Агрохимия. 2016. № 4. С. 25-36.
4. Зубков А. Ф. Развитие агробиоценологических исследований в России // American Scientific Journal. 2016. № 2-2. С. 20-27.
5. Коваленков В. Г. Биоценотический подход к управлению фитосанитарным состоянием агроэкосистем - наш приоритет // Защита и карантин растений. 2018. № 11. С. 3-8.
6. Коваленков В. Г. Научный и практический опыт построения биоценотического контроля фитосанитарного состояния агроэкосистем // Агрохимия. 2019. № 6. С. 50-63.
7. Мелихов В. В., Комаров Е. В., Комарова О. П. Орошение – основа повышения стабильности энтомоценозов в аридных условиях юго-востока России // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № 1 (52). С. 34-39.
8. Семеренко С. А. Экология и защита растений // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2015. № 4 (164). С. 103-137.
9. Технологические особенности почвозащитного ресурсосберегающего земледелия (в развитие концепции ФАО) / М. С. Соколов [и др.] // Агрохимия. 2019. № 5. С. 3-20.
10. Экологические аспекты формирования систем земледелия и защиты растений / И. В. Дудкин [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 7. С. 2-7.
11. 5-Point programme for sustainable plant protection / T. Friche [et al.] // Environmental Sciences Europe. 2018. Vol. 30. Article 8. URL: <https://enveurope.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s12302-018-0136-2>.
12. Agricultural Practice in Poland before and after Mandatory IPM Implementation by the European Union / Z. Sawinska [et al.] // Sustainability. 2020. V. 12. Iss. 3.
13. Matyjaszczyk E. Plant protection means used in organic farming throughout the European Union // Pest Management Science. 2018. V. 74. Iss. 3. Pp. 505-510.
14. Pandey G. Challenges and future prospects of agri-nanotechnology for sustainable agriculture in India // Environmental Technology & Innovation. 2018. V. 11. Pp. 299-307.
15. Recommended Regulated Non-Quarantine Pests: towards a wider and better application of the international concept in the EPPO region / C. Picard [et al.] // Biotechnologie Agronomie Societe et Environnement. 2019. V. 23. Iss. 1. Pp. 36-45.
16. Validation and implementation of principles of the Integrated Pest Management concept - sustainability and current challenges in pest endemic pulse bowl of India / O. P. Sharma [et al.] // Indian Journal of Agricultural Sciences. 2018. V. 88. Iss. 3. Pp. 474-481.

Conclusions. Thus, the methodological approach adopted by us to the creation of a system for the protection of field crops in agricultural landscapes with irrigation in southeastern European Russia is based on the principles of ecological safety of landscapes with the determination of the optimal level and criteria for anthropogenic load on them without negative consequences for biota with stable functioning of agricultural landscapes.

References

1. Vlasenko N. G. Basic methodological principles of the formation of modern plant protection systems // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2016. V. 30. № 4. Pp. 25-29.
2. Dolzhenko V. I. Plant protection: present and future // Plodorodie. 2018. № 1 (100). Pp. 24-26.
3. Zaharenko V. A. Pesticides in the integrated management of phytosanitary risks of emergencies caused by highly dangerous pests in agroecosystems // Agrohimiya. 2016. № 4. Pp. 25-36.
4. Zubkov A. F. Development of agrobiocenological research in Russia // American Scientific Journal. 2016. № 2-2. Pp. 20-27.

5. Kovalenkov V. G. Biocenotic approach to managing the phytosanitary state of agroecosystems is our priority // *Zashhita i karantin rastenij*. 2018. № 11. Pp. 3-8.
6. Kovalenkov V. G. Scientific and practical experience in constructing biocenotic control of the phytosanitary state of agroecosystems // *Agrohimija*. 2019. № 6. Pp. 50-63.
7. Melihov V. V., Komarov E. V., Komarova O. P. Irrigation is the basis for increasing the stability of entomocenoses in arid conditions of southeastern Russia // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019. V. 14. № 1 (52). Pp. 34-39.
8. Semerenko S. A. Ecology and plant protection // *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tehnicheskij bjulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnyh kul'tur*. 2015. № 4 (164). Pp. 103-137.
9. Technological features of soil conservation conservation agriculture (in the development of the FAO concept) / M. S. Sokolov [et al.] // *Agrohimija*. 2019. № 5. Pp. 3-20.
10. Environmental aspects of the formation of systems of farming and plant protection / I. V. Dudkin [et al.] // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*. 2017. № 7. Pp. 2-7.
11. 5-Point programme for sustainable plant protection / T. Friche [et al.] // *Environmental Sciences Europe*. 2018. Vol. 30. Article 8. URL: <https://enveurope.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s12302-018-0136-2>.
12. Agricultural Practice in Poland before and after Mandatory IPM Implementation by the European Union / Z. Sawinska [et al.] // *Sustainability*. 2020. V. 12. Iss. 3.
13. Matyjaszczyk E. Plant protection means used in organic farming throughout the European Union // *Pest Management Science*. 2018. V. 74. Iss. 3. Pp. 505-510.
14. Pandey G. Challenges and future prospects of agri-nanotechnology for sustainable agriculture in India // *Environmental Technology & Innovation*. 2018. V. 11. Pp. 299-307.
15. Recommended Regulated Non-Quarantine Pests: towards a wider and better application of the international concept in the EPPO region / C. Picard [et al.] // *Biotechnologie Agronomie Societe et Environnement*. 2019. V. 23. Iss. 1. Pp. 36-45.
16. Validation and implementation of principles of the Integrated Pest Management concept - sustainability and current challenges in pest endemic pulse bowl of India / O. P. Sharma [et al.] // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2018. V. 88. Iss. 3. Pp. 474-481.

Author's Information

Komarova Olga Petrovna, Leading researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture» (400002, Volgograd, Timirjaseva Street, 9), Candidate of agricultural sciences,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9129-6932>, e-mail: komarova62@rambler.ru, тел. +79047729774

Информация об авторе

Комарова Ольга Петровна, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9129-6932>, e-mail: komarova62@rambler.ru, тел. +79047729774

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-15

PERENNIAL LEGUME-CEREAL HERBS AS PRECEDURES FOR SPRING BARLEY

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

*Federal Public Budget Scientific Institution
«Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»
Astrakhan Region. Chernoyarsky district, the village of Salty Zaymishche*

Received 11.01.2021

Submitted 10.03.2021

Summary

The article presents the results of studying the influence of cultivation of perennial fodder legume-cereal grass mixtures on the content of humus and basic nutrients in the soil, as well as clarifying their aftereffect on the yield of subsequent crops using the example of spring barley. The research results

showed that the cultivation of perennial legume-grass mixtures in the soil and climatic conditions of the Astrakhan region increases soil fertility and makes it possible to recommend using them as precursors for spring barley in rainfed conditions.

Abstract

Introduction. At the moment, farmers are trying to use biological resources to restore soil fertility. To improve soil conditions in modern conditions, it is necessary to use the symbiotic nitrogen-fixing ability of legumes, rationally use stubble and root residues of grasses, and cultivation of various crops to obtain green fertilizer. Many scientists believe that the cultivation of perennial legumes and grasses and their mixtures has a beneficial effect on soil fertility. Their cultivation increases the content of humus and basic nutrients (N, P, K) in the soil. Therefore, the study of the effect of cultivation of perennial grass mixtures on soil fertility is relevant for the Northern Caspian region. In 2020, at the Federal Public Budget Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», studies were carried out, the purpose of which was to study the effect of the cultivation of perennial forage legumes and grass mixtures on the content of humus and basic nutrients in the soil, as well as to clarify their aftereffect on the yield of subsequent crops using the example spring barley. **Object.** The objects of research were the soil of the plots from under perennial legume-cereal mixtures, crops of spring barley, the Ratnik variety, on different predecessors. **Materials and methods.** The studies were carried out at the experimental site of the Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. The experiment and subsequent observations were carried out in accordance with the methods of Nikitenko G.F., Dospekhov B.A. and State variety testing of agricultural crops. **Results and Conclusions.** The content of humus, phosphorus and potassium in the soil slightly increased after the cultivation of barley in all variants of the experiment, except for the variant where black fallow was the predecessor of cereals. In this variant, the content of humus, alkaline hydrolysable nitrogen, mobile phosphorus and potassium decreased. In the variants of the experiment, where the predecessors of barley were perennial legume-cereal grass mixtures, the humus content increased on average by 0.03%, mobile phosphorus by 0.7 mg / kg, mobile potassium by 0.9 mg / kg. The content of alkaline hydrolyzable nitrogen in the soil did not change in all variants of the experiment. Sheaf analysis shows that the largest number of plants and barley stalks was observed in the variant of the experiment, where the predecessor was black fallow - 254.8 and 738.7 pcs, respectively. But in terms of such indicators as productive bushiness, grain weight per ear and 1000 grains, this option is significantly inferior to those options where perennial legume-cereal grass mixtures on irrigation were the predecessor of barley. The maximum values of tillering were noted in the variants of the experiment, where the predecessors were perennial legume-cereal grass mixtures of the 3rd year of life on sprinkler and drip irrigation - 3.5 and 3.4, respectively. Such an indicator as the mass of 1000 grains turned out to be the highest on the variant with the predecessor perennial legume-cereal grass mixtures of the 4th year of life, cultivated on drip irrigation and amounted to 41.9 g. The yield of barley grain in the variants of the experiment, where its predecessors are perennial legumes - cereal grass mixtures, significantly higher than in the control (black steam). The maximum yield of barley and straw grain was recorded in the variant of the experiment, where the predecessor was perennial legume-grass mixtures of the 3rd year of life, cultivated on drip irrigation, and amounted to 3.2 and 5.9 t / ha, respectively. Grain yield exceeded control by 1.6 t / ha, and straw by 2.2 t / ha.

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

Citation. Kudryashova N.I., Bulakhtina G.K., Kudryashov A.V. Perennial legume-grass mixtures as precursors for spring barley. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1 (61). 152-161 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-15.

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

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

УДК 633.26/.29

**МНОГОЛЕТНИЕ БОБОВО-ЗЛАКОВЫЕ ТРАВОСМЕСИ
КАК ПРЕДШЕСТВЕННИКИ ДЛЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ****Н. И. Кудряшова**, кандидат сельскохозяйственных наук**Г. К. Булахтина**, кандидат сельскохозяйственных наук**А. В. Кудряшов**, младший научный сотрудник*ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище*

Дата поступления в редакцию 11.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность. В настоящий момент аграрии стараются использовать биологические ресурсы для восстановления почвенного плодородия. Для улучшения почвенных условий в современных условиях необходимо использовать симбиотическую азотофиксирующую способность бобовых культур, рационально применять пожнивные и корневые остатки трав, возделывание различных культур для получения зеленого удобрения. Многие ученые считают, что возделывание многолетних бобовых и злаковых трав и их травосмесей оказывает благоприятное воздействие на почвенное плодородие. Их выращивание увеличивает содержание в почве гумуса и основных питательных элементов (N, P, K). Поэтому изучение влияния возделывания многолетних травосмесей на плодородие почвы является актуальным для Северного Прикаспия. В 2020 году в ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» были проведены исследования, целью которых было изучение влияния возделывания многолетних кормовых бобово-злаковых травосмесей на содержание в почве гумуса и основных питательных элементов, а также выяснение их последствий на урожайность последующих культур на примере ячменя ярового. **Объект.** Объектами исследований являлись почва участков из-под многолетних бобово-злаковых травосмесей, посевы ярового ячменя сорт Ратник на разных предшественниках. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН». Закладка опыта и последующие наблюдения проведены в соответствии с методиками Никитенко Г. Ф., Доспехова Б. А. и Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур. **Результаты и выводы.** Содержание в почве гумуса, фосфора и калия незначительно увеличилось после возделывания ячменя на всех вариантах опыта, за исключением варианта, где предшественником зерновых был пар черный. На данном варианте содержание гумуса, щелочногидролизующего азота, подвижных фосфора и калия уменьшилось. На вариантах опыта, где предшественниками ячменя были многолетние бобово-злаковые травосмеси, содержание гумуса увеличилось в среднем на 0,03 %, фосфора подвижного – на 0,7 мг/кг, калия подвижного – на 0,9 мг/кг. Содержание в почве щелочногидролизующего азота на всех вариантах опыта не изменилось. Сноповой анализ показывает, что самое большое количество растений и стеблей ячменя было отмечено на варианте опыта, где предшественником являлся пар черный – 254,8 и 738,7 шт., соответственно. Но по таким показателям, как продуктивная кустистость, вес зерна с колоса и 1000 зерен этот вариант значительно уступает тем вариантам, где предшественником ячменя были многолетние бобово-злаковые травосмеси на орошении. Максимальные значения кустистости были отмечены на вариантах опыта, где предшественниками были многолетние бобово-злаковые травосмеси 3-го года жизни на sprinkлерном и капельном орошении – 3,5 и 3,4 соответственно. Такой показатель, как масса 1000 зерен, самым высоким оказался на варианте с предшественником «многолетние бобово-злаковые травосмеси 4-го года жизни», которые возделывались на капельном орошении, и составил 41,9 г. Урожайность зерна ячменя на вариантах опыта, где его предшественниками являются многолетние бобово-злаковые травосмеси, значительно выше, чем на контроле (пар черный). Максимальная урожайность зерна ячменя и соломы зафиксирована на варианте опыта, где предшественником являлись многолетние бобово-злаковые травосмеси 3-го года жизни, возделываемые на капельном орошении, и составила 3,2 и 5,9 т/га, соответственно. Урожайность зерна превысила контроль на 1,6 т/га, а соломы на 2,2 т/га.

Ключевые слова: бобово-злаковые травосмеси, яровой ячмень, предшественники ярового ячменя, гумус, подвижный фосфор, подвижный калий.

Цитирование. Кудряшова Н. И., Булахтина Г. К., Кудряшов А. В. Многолетние бобово-злаковые травосмеси как предшественники для ярового ячменя. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 152-161. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-15.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сохранение и воспроизводство плодородия почв представляют интерес населения всей нашей планеты. От почвенного плодородия зависят и продовольственная безопасность отдельных стран, и глобальная экологическая ситуация во всем мире. Все эти проблемы становятся особенно актуальными в настоящий момент, так как сейчас возросли техногенные нагрузки на биосферу [8].

В XXI веке в нашей стране увеличилась стоимость минеральных удобрений, органических удобрений недостаточно. Поэтому современные аграрии стараются использовать биологические ресурсы для восстановления почвенного плодородия [1-3, 6]. Для улучшения почвенных условий в современных условиях необходимо использовать симбиотическую азотфиксирующую способность бобовых культур, рационально применять пожнивные и корневые остатки трав, возделывание различных культур для получения зеленого удобрения. Эти процессы увеличивают количество азота и питательных элементов в почве, что, в свою очередь, увеличивает содержание в ней гумуса. Многие ученые считают, что возделывание многолетних бобовых и злаковых трав и их травосмесей оказывает благоприятное воздействие на почвенное плодородие [4, 5, 7, 9, 10]. Их выращивание увеличивает содержание в почве гумуса и основных питательных элементов (N, P, K). Поэтому изучение влияния возделывания многолетних травосмесей на плодородие почвы является актуальным для Северного Прикаспия.

В 2020 году в ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» были проведены исследования, **целью** которых было изучение влияния возделывания многолетних кормовых бобово-злаковых травосмесей на содержание в почве гумуса и основных питательных элементов, а также выяснение их последствий на урожайность последующих культур на примере ячменя ярового. В **задачи** исследований входило изучение влияния возделывания многолетних бобово-злаковых травосмесей на: содержание гумуса и основных питательных элементов (N, P, K) в почве; элементы структуры урожайности ячменя ярового, возделываемого после многолетних бобово-злаковых травосмесей; урожайность ячменя ярового, возделываемого после многолетних бобово-злаковых травосмесей.

Материалы и методы. Объектами исследований являлись почва участков из-под многолетних бобово-злаковых травосмесей, посеvy ярового ячменя сорта Ратник на разных предшественниках.

Исследования проводились на опытном участке ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН». Почва участка светло-каштановая слабосолонцеватая. Содержание гумуса в пахотном слое почвы колеблется от 0,91 % до 1,1 %, pH – 6,9. Количество подвижных форм азота в почве среднее (44 мг/кг), фосфора – среднее (73 мг/кг), калия – высокое (383 мг/кг). Климат района исследований резко континентальный, острозасушливый, изменчивый.

Год проведения исследований по степени увлажнения за вегетацию оценивается как засушливый – ГТК составляет 0,01. За всю вегетацию ячменя осадков выпало 70,8 мм. Максимальное количество их за месяц было отмечено в мае – 41,5 мм.

Система обработки почвы опытного участка на всех вариантах опыта, кроме черного пара, включала в себя: осеннюю вспашку отавы бобово-злаковых травосмесей (осень 2019 г.) на глубину 22-24 см, весеннее боронование (2020 г.), культивацию с боронованием.

На варианте опыта, где предшественником ячменя был пар черный, осенняя вспашка была проведена в сентябре 2018 года. Затем поле поддерживалось в чистоте при помощи культиваций. Весной 2020 года была проведена предпосевная культивация и посев. Сев ячменя был проведен агрегатом МТЗ-82+СЗ-5,4 10.03.2020 г. с последующим прикатыванием.

Закладка опыта и последующие наблюдения проведены в соответствии с методиками Никитенко Г. Ф., Доспехова Б. А. и Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур.

Однофакторный полевой опыт был заложен на участках, где возделывались многолетние бобово-злаковые травосмеси трех и четырех лет жизни на орошении, на посевах ярового ячменя сорта Ратник по разным предшественникам:

Вариант 1 (контроль) – предшественник пар черный.

Вариант 2 – предшественник многолетние бобово-злаковые травосмеси 4-го года жизни, возделываемые на капельном орошении.

Вариант 3 – предшественник многолетние бобово-злаковые травосмеси 3-го года жизни, возделываемые на спринклерном орошении.

Вариант 4 – предшественник многолетние бобово-злаковые травосмеси 3-го года жизни, возделываемые на капельном орошении.

Повторность опыта – трехкратная. Площадь учетной делянки 30,0 м². Расположение делянок систематическое. Общая площадь под опытом – 360,0 м². Под каждым вариантом опыта было занято 90 м².

Результаты и обсуждение. Для оценки содержания питательных элементов в почве до и после возделывания ячменя был проведен химический анализ почвы (таблица 1). Как видно из данных таблицы, содержание гумуса, фосфора и калия незначительно увеличилось после возделывания ячменя на всех вариантах опыта, за исключением варианта, где предшественником зерновых был пар черный. На данном варианте содержание гумуса, щелочногидролизующего азота, подвижных фосфора и калия уменьшилось.

На вариантах опыта, где предшественниками ячменя были многолетние бобово-злаковые травосмеси, содержание гумуса увеличилось в среднем на 0,03 %, фосфора подвижного – на 0,7 мг/кг, калия подвижного – на 0,9 мг/кг. Содержание в почве щелочногидролизующего азота на всех вариантах опыта не изменилось.

Наиболее значительно увеличилось содержание гумуса, фосфора и калия на варианте опыта, где предшественником являлись многолетние бобово-злаковые травосмеси, возделываемые на спринклерном орошении. Так, содержание гумуса повысилось на 0,04 %, подвижного фосфора – на 1,0 мг/кг, подвижного калия – на 1,0 мг/кг.

Увеличение содержания в почве гумуса, подвижных фосфора и калия на вариантах опыта, где предшественниками являлись многолетние бобово-злаковые травосмеси, на орошении можно объяснить тем, что после заделки отавы осенью 2019 года растительные остатки из-за малоснежной зимы 2109-2020 гг. не разложились в почве. Но весной и летом 2020 года процесс гумификации продолжился и количество питательных элементов и гумуса в почве возросло.

Для определения урожайности на опытных делянках 26 июня 2020 года была проведена уборка урожая и сделан сноповый анализ.

Таблица 1 – Химический состав почвы по вариантам опыта, ФГБНУ ПАФНЦ РАН, 2020 г.

Table 1 – Chemical composition of the soil according to the variants of the experiment, FSBSI PAFNC RAS, 2020

Вариант / Variant	Дата отбора / Selection date	
	10.03.2020	08.07.2020
Гумус, % / Humus, %		
1 вариант (контроль) / 1 variant (control)	1,01	0,71
2 вариант / 2 variant	0,88	0,92
3 вариант / 3 variant	0,84	0,85
4 вариант / 4 variant	0,92	0,97
Фосфор подвижный, мг/кг / Mobile phosphorus, mg/kg		
1 вариант (контроль) / 1 variant (control)	65,0	41,0
2 вариант / 2 variant	38,0	39,0
3 вариант / 3 variant	29,0	30,1
4 вариант / 4 variant	38,0	38,0
Калий подвижный, мг/кг / Potassium mobile, mg/kg		
1 вариант (контроль) / 1 variant (control)	777,0	742,0
2 вариант / 2 variant	239,0	240,0
3 вариант / 3 variant	200,0	201,3
4 вариант / 4 variant	196,0	196,3
Азот щелочногидролизующий, мг/кг / Alkaline hydrolysable nitrogen, mg/kg		
1 вариант (контроль) / 1 variant (control)	28,0	12,0
2 вариант / 2 variant	21,0	21,0
3 вариант / 3 variant	21,0	21,0
4 вариант / 4 variant	21,0	21,0

В таблице 2 приведен анализ сноповых образцов ячменя по вариантам опыта. На варианте опыта с предшественником пар черный было зафиксировано самое большое количество растений (254,8 шт.) и стеблей (738,7 шт.). Продуктивная кустистость, вес зерна с 1 колоса и масса 1000 зерен на этом варианте значительно ниже, чем на тех вариантах опыта, где предшественниками являлись многолетние бобово-злаковые травосмеси.

Таблица 2 – Сноповый анализ образцов ячменя по вариантам опыта, ФГБНУ ПАФНЦ РАН, 2020 г.

Table 2 – Sheaf analysis of barley samples by variants of the experiment, FSBSI PAFNC RAS, 2020.

Вариант опыта / Experience Option	Кол-во на 1м ² , шт. / Quantity per 1m ² , pcs			Кустистость / Bushiness		Колос / Ear			Масса (в г на 1 м ²) / Weight (in g per 1 m ²)		Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g
	Растений / plants	стеблей / stems		Общая / general	Продуктивная / productive	Длина, см / Length, cm	Числозерен, шт / Number of grains, pcs	Масса зерна, г / Grain weight, g	Растений / plants	Зерна / grains	
		Всего / Total	с колосом / with ear								
1 вариант (контроль) / 1 variant (control)	254,8	738,7	402,7	2,9	1,6	7,1	16,5	0,60	526,0	160,3	33,0
2 вариант / 2 variant	218,7	536,0	464,0	2,5	2,1	6,2	15,8	0,72	615,9	256,7	41,9
3 вариант / 3 variant	164,0	568,0	380,0	3,5	2,3	6,7	17,1	0,65	575,5	247,5	39,3
4 вариант / 4 variant	193,3	656,0	522,7	3,4	2,7	7,5	19,0	0,77	908,3	320,9	39,7

По таким показателям, как вес зерна с одного колоса и масса 1000 зерен, варианты с предшественниками многолетними бобово-злаковыми травосмесями разных лет жизни превысили контроль в среднем на 0,71 и 7,3 г соответственно. Максимальное значение веса зерна с колоса и продуктивной кустистости было зафиксировано на варианте 4 (предшественник многолетние бобово-злаковые травосмеси 3-го года жизни, возделываемые на капельном орошении) и составило 0,77 г и 2,7 соответственно. На варианте 2 (предшественник многолетние бобово-злаковые травосмеси 4-го года жизни, возделываемые на капельном орошении) было отмечено самое высокое значение массы 1000 зерен – 41,9 г.

Данные по урожайности зерна и соломы ячменя приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Урожайность зерна ячменя по вариантам опыта, т/га,
ФГБНУ «ПАФНЦРАН», 2020 г.

Table 3 - Productivity of barley grain by variants of the experiment, t/ha,
FSBSI «PAFNC RAS», 2020.

Урожайность, т/га / Productivity, t/ha	1 вариант (контроль) / 1 variant (control)	2 вариант / 2 variant	3 вариант / 3 variant	4 вариант / 4 variant	НСП 05 (абс.) / NSR 05 (abs.)
Зерно / grain	1,6	2,6	2,5	3,2	0,9
Солома / Straw	3,7	3,6	3,5	5,9	0,1

Из полученных данных видно, что урожайность зерна ячменя на вариантах опыта, где его предшественниками являются многолетние бобово-злаковые травосмеси, превысила урожайность на контрольном варианте (пар черный) в среднем в 1,8 раза или на 1,2 т/га. Максимальная урожайность зерна ячменя и соломы зафиксирована на варианте опыта, где предшественником являлись многолетние бобово-злаковые травосмеси 3-го года жизни, возделываемые на капельном орошении, и составила 3,2 и 5,9 т/га, соответственно.

Урожайность зерна ячменя на вариантах опыта, где предшественниками являлись бобово-злаковые травосмеси 4-го и 3-го годов жизни, превысила этот же показатель, полученный на варианте, где предшественником был пар черный, на 1,0 и 0,7 т/га соответственно. Урожайность соломы варьировала от 3,5 т/га на варианте с предшественником пар черный до 5,9 т/га на варианте с предшественником бобово-злаковые травосмеси 3-го года жизни на капельном орошении.

Выводы. Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Содержание в почве гумуса, фосфора и калия незначительно увеличилось после возделывания ячменя на всех вариантах опыта, за исключением варианта, где предшественником зерновых был пар черный. На данном варианте содержание гумуса, щелочногидролизующего азота, подвижных фосфора и калия уменьшилось. На вариантах опыта, где предшественниками ячменя были многолетние бобово-злаковые травосмеси, содержание гумуса увеличилось в среднем на 0,03 %, фосфора подвижного – на 0,7 мг/кг, калия подвижного – на 0,9 мг/кг. Содержание в почве щелочногидролизующего азота на всех вариантах опыта не изменилось.

Сноповой анализ показывает, что самое большое количество растений и стеблей ячменя было отмечено на варианте опыта, где предшественником являлся пар черный – 254,8 и 738,7 шт. соответственно. Но по таким показателям, как продуктивная кустистость, вес зерна с колоса и 1000 зерен, этот вариант значительно уступает тем вариантам, где предшественником ячменя были многолетние бобово-злаковые травосмеси на

орошении. Максимальные значения кустистости были отмечены на вариантах опыта, где предшественниками были многолетние бобово-злаковые травосмеси 3-го года жизни на спринклерном и капельном орошении – 3,5 и 3,4 соответственно. Такой показатель, как масса 1000 зерен, самым высоким оказался на варианте с предшественником многолетние бобово-злаковые травосмеси 4-го года жизни, возделываемыми на капельном орошении, и составил 41,9 г.

Урожайность зерна ячменя на вариантах опыта, где его предшественниками являются многолетние бобово-злаковые травосмеси, значительно выше, чем на контроле (пар черный). Максимальная урожайность зерна ячменя и соломы зафиксирована на варианте опыта, где предшественником являлись многолетние бобово-злаковые травосмеси 3-го года жизни, возделываемые на капельном орошении, и составила 3,2 и 5,9 т/га, соответственно. Урожайность зерна превысила контроль на 1,6 т/га, а соломы – на 2,2 т/га.

Возделывание многолетних бобово-злаковых травосмесей в почвенно-климатических условиях Астраханской области повышает плодородие почвы и позволяет рекомендовать их в качестве предшественников для ярового ячменя в богарных условиях.

Библиографический список

1. Альжанова Б. С. Роль адаптированных культур в восстановлении плодородия нарушенных почв // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 1(39). С. 20-23.
2. Бойко А. В., Епифанов В. С., Вельмисева Л. Е. Травопольные севообороты в лесостепном Поволжье // Земледелие. 2009. № 1. С. 13-15.
3. Борисова Е. Е. Роль в севооборотах многолетних трав // Вестник НГИЭИ. 2015. № 8(51). С. 12-19.
4. Дедов А. В., Несмеянова М. А. Влияние многолетних трав на плодородие почв // Агрохимический вестник. 2012. № 4. С. 7-9.
5. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. К вопросу о роли многолетних трав в сохранении плодородия почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2(42). С. 63-71.
6. Тойгильдин А. Л., Морозов В. И., Подсевалов М. И. Средообразующие функции многолетних фитоценозов в севооборотах лесостепи Поволжья // Вестник Ульяновской ГСХА. 2014. № 4(28). С. 35-43.
7. Хасанова Р. Ф., Суюндуков Я. Т., Сальманова Э. Ф. Оптимизация гумусного состояния почв степных агроэкосистем // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 10 (185). С. 195-197.
8. Шпаков А. С., Бычков Г. Н. Полевое кормопроизводство: состояние и задачи научно-го обеспечения // Кормопроизводство. 2010. № 10. С. 3.
9. Шрамко Н. В., Вихорева Г. В. Роль бобовых трав в изменении гумусированности дерново-подзолистых почв Верхневолжья // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 3(19). С. 125-132.
10. Mitt J. Untersuchungen zum Futterwert von Almweiden bei Unterschiedlicher Bewirtschaftung // Bauer. Landw. 2011. № 58. P. 442-450.

Conclusions. The studies conducted allow us to draw the following conclusions:

The content of humus, phosphorus and potassium in the soil slightly increased after the cultivation of barley in all variants of the experiment, except for the variant where black fallow was the predecessor of cereals. In this variant, the content of humus, alkaline hydrolysable nitrogen, mobile phosphorus and potassium decreased. In the variants of the experiment, where the predecessors of barley were perennial legume-cereal grass mixtures, the humus content increased on average by 0.03%, mobile phosphorus by 0.7 mg / kg, mobile potassium by 0.9 mg / kg. The content of alkaline hydrolyzable nitrogen in the soil did not change in all variants of the experiment.

Sheaf analysis shows that the largest number of plants and barley stalks was observed in the variant of the experiment, where the predecessor was black fallow - 254.8 and 738.7 pcs, respectively. But in terms of such indicators as productive bushiness, grain weight per ear and 1000 grains, this option is significantly inferior to those options where perennial legume-cereal grass mixtures on irrigation were the predecessor of barley. The maximum values of tillering were noted in the variants of the experiment, where the predecessors were perennial legume-cereal grass mixtures of the 3rd year of life on sprinkler and drip irrigation - 3.5 and 3.4, respectively. Such an indicator as the mass of 1000 grains turned out to be the highest on the variant with the predecessor of perennial legume-grass mixtures of the 4th year of life, cultivated on drip irrigation and amounted to 41.9 g.

The yield of barley grain in the variants of the experiment, where its predecessors are perennial legume-cereal grass mixtures, is significantly higher than in the control (black fallow). The maximum yield of barley and straw grain was recorded in the variant of the experiment, where the predecessor was perennial legume-grass mixtures of the 3rd year of life, cultivated on drip irrigation, and amounted to 3.2 and 5.9 t / ha, respectively. Grain yield exceeded control by 1.6 t / ha, and straw by 2.2 t / ha.

The cultivation of perennial legume-cereal grass mixtures in the soil and climatic conditions of the Astrakhan region increases soil fertility and makes it possible to recommend using them as precursors for spring barley in rainfed conditions.

References

1. Al'zhanova B. S. Rol' adaptirovannykh kul'tur v vosstanovlenii plodorodiya narushennykh pochv // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013. № 1(39). P. 20-23.
2. Bojko A. V., Epifanov V. S., Vell'miseva L. E. Travopol'nye sevooboroty v lesostepnom Povolzh'e // Zemledelie. 2009. № 1. P. 13-15.
3. Borisova E. E. Rol' v sevooborotakh mnogoletnih trav // Vestnik NGIJeI. 2015. № 8(51). P. 12-19.
4. Dedov A. V., Nesmeyanova M. A. Vliyanie mnogoletnih trav na plodorodie pochv // Agrohimicheskij vestnik. 2012. № 4. P. 7-9.
5. Dronova T. N., Burceva N. I. K voprosu o roli mnogoletnih trav v sohranении plodorodiya pochv // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 2(42). P. 63-71.
6. Tojgil'din A. L., Morozov V. I., Podsevalov M. I. Sredoobrazuyushchie funktsii mnogoletnih fitotsenozov v sevooborotakh lesostepi Povolzh'ya // Vestnik Ul'yanovskoj GSXA. 2014. № 4(28). P. 35-43.
7. Hasanova R. F., Suyundukov Ya. T., Sal'manova }. F. Optimizatsiya gumusnogo sostoyaniya pochv stepnykh agro]kosistem // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 10 (185). P. 195-197.
8. Shpakov A. S., Bychkov G. N. Polevoe kormoproizvodstvo: sostoyanie i zadachi nauchnogo obespecheniya // Kormoproizvodstvo. 2010. № 10. P. 3.
9. Shramko N. V., Vihoreva G. V. Rol' bobovykh trav v izmenenii gumusirovannosti dernovopodzolistykh pochv Verhnevolzh'ya // Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2016. № 3(19). P. 125-132.
10. Mitt J. Untersuchungen zum Futterwert von Almweiden bei Unterschiedlicher Bewirtschaftung // Bauer. Landw. 2011. № 58. P. 442-450.

Author's Information

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

Bulakhtina Galina Konstantinovna, Head of the Department of Environmental Management, FSBSI "Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences" (416251, Russia, Astrakhan region, Chernoyarsk district, village of Solenoye Zaimishche, Severny block, house 8), candidate of agricultural sciences, gbulaht@mail.ru, tel. 89275532822, ORCID -0000-0001-8949-8666; SPIN code 4070-8492.

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

Информация об авторах

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

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

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-16

INFLUENCE OF IRRIGATION METHODS ON EFFICIENCY OF CULTIVATION OF VEGETABLE CROPS

M. A. Likhomanova, O. A. Solovyova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 25.11.2020

Submitted 01.03.2021

Summary

Research is devoted to substantiating the effectiveness of growing vegetable crops with various irrigation methods. The paper presents an analysis of some parameters of the technology of cultivation of varieties of cabbage plants and onions, an assessment of irrigation regimes of cabbage and onion plants with different irrigation methods.

Abstract

Introduction. In the current soil-climatic and economic-technical conditions, the use of drip and intra-soil irrigation in our region can become a worthy competitor to sprinkling. The development of a science-based system that allows increasing the efficiency of vegetable production through the use of improved traditional methods of growing vegetable crops using different irrigation methods is relevant. **Object.** The object of the study was several types of cabbage plants, including white cabbage, cauliflower and broccoli of different maturation periods, as well as hybrids of early-maturing, medium-maturing and late-maturing onions. **Materials and methods.** A comparative analysis of the effectiveness of growing vegetable crops with different methods of irrigation was carried out, some parameters of the technology of cultivation of varieties of cabbage plants and onions were established, including effective pest control schemes were selected. The result set of experiments proved that the method of watering while maintaining a given water regime of soils in combination with mineral fertilizers under the planned harvest and selection of agrotechnical methods of cultivation of vegetable products, it is possible to create ecologically adapted modes and technologies of irrigation with more efficient watering techniques, to regulate costly articles, to quality competitive on the market the products of local production. **Results and conclusions.** After the research, it was

found that the use of a differentiated irrigation regime on cabbage crops of different species composition on drip irrigation, namely, maintaining high soil humidity (not less than 85 % HB) in the middle of the growing season and moderate humidity (at least 75 % HB) at the beginning and end of the growing season allows you to economically spend irrigation water, while obtaining quality products at a level of not less than 35 t / ha. The study determined that maintaining pre-irrigation threshold soil moisture level not less than 80 % HB during the period of the 1st half the growing season of onions 6-8 irrigations the rate of 150 m3/ha, in the 2nd half of the growing season - 5-7 irrigation by norm of 240 m3/ha on option with differentiated depth of soil moisture in combination with fertilizers allow to obtain the planned yields and water savings.

Key words: *water regime of soil, irrigation regime, vegetable crops, drip irrigation, intra-soil irrigation, sprinkling, species diversity of cabbage plants, onion crops.*

Citation. Likhomanova, M. A., Solovyova, O. A. Influence of irrigation methods on efficiency of cultivation of vegetable crops. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1 (61). 161-173 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-16.

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

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

УДК 631.674:635

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПОЛИВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

М. А. Лихоманова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

О. А. Соловьева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 25.11.2020

Дата принятия к печати 01.03.2021

Актуальность. В сложившихся почвенно-климатических и хозяйственно-технических условиях применение капельного и внутрипочвенного орошения в нашем регионе может стать достойным конкурентом дождеванию. Разработка научно обоснованной системы, позволяющей повысить эффективность производства овощной продукции за счёт применения усовершенствованных традиционных методов выращивания овощных культур с использованием разных способов полива является актуальной. **Объект.** Объектом исследования являлись несколько видов капустных растений, в том числе белокочанной капусты, цветной и брокколи разных сроков созревания, а также гибриды репчатого лука раннеспелого, среднеспелого и позднеспелого сроков созревания. **Материалы и методы.** Проведен сравнительный анализ эффективности выращивания овощных культур при различных способах полива, установлены некоторые параметры технологии возделывания разновидностей капустных растений и репчатого лука, в том числе подобраны эффективные схемы борьбы с вредителями. В результате поставленных опытов доказано, что способом полива при поддержании заданного водного режима почв в сочетании с внесением минеральных удобрений под планируемый урожай и подбором агротехнических приемов возделывания овощной продукции возможно создать экологически адаптированные режимы и технологии орошения с применением высокопроизводительной поливальной техники, регулировать затратные статьи, получать качественную конкурентоспособную на рынке продукцию местного производства. **Результаты и выводы.** После проведенных исследований было установлено, что применение дифференцированного режима орошения на культуре капусты разного видового состава на капельном орошении, а именно поддержание высокой влажности почвы (не ниже 85 % HB) в середине вегетации и умеренная влажность (на уровне не ниже 75 % HB) в начале и конце вегетационного периода позволяют экономно расходовать поливную воду, при этом получая качественную продукцию на уровне не ниже 35 т/га. Исследованиями определено, что поддержание предполивного порога влажности почвы на уровне не менее 80 % HB при проведении в период 1-й половины вегетации репчатого лука 6-8

поливов нормой 150 м³/га, во 2-й половине вегетации – 5-7 поливов нормой 240 м³/га на варианте с дифференцированной глубиной увлажнения почвы в сочетании с внесением удобрений позволяет получать запланированную урожайность и экономию воды.

Ключевые слова: возделывание овощных культур, орошение овощных культур, капельное орошение овощных культур, внутрипочвенное орошение овощных культур, видовое разнообразие капустных растений, луковые культуры.

Цитирование: Лихоманова М. А., Соловьева О. А. Влияние способов полива на эффективность возделывания овощных культур. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 161-173. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-16.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В Нижнем Поволжье получение качественных и устойчивых урожаев овощных культур в любых погодных условиях возможно только при орошении. Основным способом полива длительное время остаётся дождевание.

Ранее проведенные исследования с 1996 по 2007 годы по изучению дифференцированных режимов орошения овощных культур, в частности лука-репки и белокочанной капусты, на дождевании показали эффективность применения этого способа полива в условиях засушливого климата Волгоградской области. Данные культуры отличаются высокой обводнёностью листьев, поэтому хорошо отзываются на микроклимат, созданный в приземном слое формирования продуктивной части растения [8].

Наши опыты подтверждают, что на дождевании возделывание белокочанной капусты эффективно достигается дифференцированием режимов орошения на уровне от 70 до 90 % наименьшей влагоёмкости, выдаваемых за 12-22 полива оросительной нормой 4700-5100 м³/га с промежутками 7-5 дней соответственно (таблица 1).

Опыты при поливе дождеванием репчатого лука также позволяют утверждать, что этот способ эффективен при поддержании наименьшей влагоёмкости не ниже 80 % при глубине увлажнения почвы от 0,3 до 0,5 м, обеспечиваемой за 9-13 поливов оросительной нормой 2640-4290 м³/га (таблица 2).

Проведённые исследования подтверждают эффективность дождевания на овощных культурах, чувствительных к низкой влажности воздуха, а формирование режимов орошения с учётом гидротермических условий каждого конкретного года при верном подборе глубины увлажняемого слоя, оптимальном уровне поддержания наименьшей влагоёмкости с учётом фенологических фаз развития растений, безусловно, повышает эффективность использования оросительной воды растениями с получением запланированных урожаев хорошего качества.

Однако мы считаем, что в сложившихся почвенно-климатических и хозяйственно-технических условиях применение капельного и внутрипочвенного орошения в нашем регионе может стать достойным конкурентом дождеванию [5].

Задачей настоящих исследований является разработка научно обоснованной системы, позволяющей повысить эффективность производства овощной продукции, в частности, капусты разного видового состава (белокочанной, брокколи, цветной), различных гибридов лука-репки (раннеспелого, среднеспелого и позднеспелого) за счёт применения усовершенствованных традиционных методов выращивания овощных культур с использованием разных способов полива.

Таблица 1 – Поливной режим капустных растений при орошении дождеванием

Table 1 – irrigation regime of cabbage plants under irrigation by sprinkling

Вариант/ Option	После-посадочный полив / Post-planting irrigation		Предполивной порог, % НВ и норма полива на определенной фазе роста растения, м ³ /га / Prewatering threshold, % HB and irrigation rate at a certain phase of plant growth, m ³ / ha						Общее число поливов / Total number of waterings	Оросительная норма/ Irrigation rate	Межполивной период по фазам / Interirrigation period by phase
	количество / quantity	норма / norm	период формирования розетки / the period of formation of the socket		период нарастания кочана / a period of growth of head		период созревания / ripening period				
			Количество / quantity	норма / norm	Количество / quantity	норма / norm	Количество / quantity	норма / norm			
70...80...70 % НВ	2	250	70% НВ		80% НВ		70% НВ		12	4700	8...6...8
2			470	9	310	1	470				
75...85...75 % НВ	2	250	75% НВ		85% НВ		75% НВ		16	4900	7...5...7
3			390	11	230	2	390				
80...90...80 % НВ	2	250	80% НВ		90% НВ		80% НВ		22	5100	6...4...6
4			320	15	160	3	320				

Таблица 2 – Поливной режим репчатого лука при орошении дождеванием

Table 2 – irrigation regime of onions under irrigation by sprinkling

Год по ГТК / Year by SCC	Глубина увлажнения почвы, м / Depth of soil moisture, m	Периоды / Periods				Общее число поливов/ Total number of waterings	Оросительная норма, м³/га / Irrigation rate, m³ / ha
		2-3 листа –образование луковицы / 2-3 of the sheet – education bulbs		формирование луковицы – уборка / the formation of the bulb – cleaning			
		количе- ство поли- вов / the number of irrigations	норма, м³/га / norm, m³ / ha	количество поливов/ the number of irrigations	норма, м³/га / norm, m³ / ha		
Засуш- ливый / Dry	0,3	7	240	4	240	11	2640
	0,5	5	390	4	390	9	3510
	0,3-0,5	5	240-390	5	240-390	10	3150
Сухой / Dry	0,3	7	240	5	240	12	2880
	0,5	6	390	4	390	10	3900
	0,3-0,5	6	240-390	5	240-390	11	3540
Сухой / Dry	0,3	8	240	5	240	13	3120
	0,5	8	390	3	390	11	4290
	0,3-0,5	6	240-390	6	240-390	12	3780

Реализация поставленных задач нашла своё отражение в научно-исследовательских работах, проводимых магистрантами во главе с их руководителями на землях УНПЦ «Горная Поляна». Исследования проводили с тремя разновидностями капусты и тремя гибридами лука-репки.

Материалы и методы. Почвы исследуемого участка типичные светло-каштановые. Для них характерно недостаточное содержание нитратного азота, умеренное – подвижного фосфора и высокое – обменного калия. Содержание гумуса в почвах на опытных деланках не более 1,5-2,0 % [8].

Так, на опытах с капустными растениями изучаемыми факторами были способы полива, режимы орошения, три разновидности капустных растений на фоне рассчитанных под урожай доз удобрений.

В качестве удобрений применяли комплексное удобрение «NUTRILON», которое вносилось на фазе формирования розетки листьев и в фазу завязывания кочана, кроме того, под осеннюю и весеннюю культивации на опытных полях вносились хлористый калий, аммофос и аммиачная селитра.

Растения капусты высаживали рассадным способом в период 29-31 мая и в первую декаду июня. Последний сбор урожая капусты проводили во второй декаде сентября.

По гидротермическому коэффициенту годы проводимых исследований характеризовались как острозасушливые.

Научные исследования проводили с использованием раннего сорта белокочанной капусты – Парел F1, цветной – Барселона F1, брокколи – Грин Гарден F1.

Для всех разновидностей капусты на системе капельного орошения рассаду размещали с междурядьем 0,6 м, а в рядке – с шагом 0,4 м. Капельницы предусмотрены для каждого ряда растений. На системе внутрипочвенного орошения принимали аналогичную схему посадки 0,6 м на 0,4 м, расстояние между увлажнителями – 1,2 м. Применяли зарекомендовавшую себя зональную систему орошаемого земледелия с поддержанием определенного уровня фонового минерального питания с заданным водным режимом почвы.

В опытах с репчатым луком рассматриваемыми факторами были способы полива, глубина увлажняемого слоя, дозы вносимых удобрений под планируемый урожай и разные по срокам созревания гибриды лука-репки.

Для проведения научных исследований при капельном поливе лука-репки высевали районированные в Волгоградской области следующие гибриды репчатого лука: раннеспелый – Кенди, среднеспелый – Лоредо, позднеспелый – Дирижер.

Изучаемыми факторами были различная глубина увлажнения почвы и три гибрида растений репчатого лука на фоне рассчитанных по выносу элементов питания доз удобрений.

Поддержание наименьшей влагоемкости предусматривалось для всех вариантов не ниже 75 % НВ.

При физической спелости почвы проводилось ранневесеннее боронование.

Подготовка семян к посеву не проводилась, мы использовали готовый семенной материал.

Посев проводили весной во II декаде мая на глубину 3 см при достижении температуры почвы 10-15 °С, согласно физической спелости почвы [3]. Норма высева семян от 900 000 до 1 150 000 шт./га.

Кроме того, в ходе работ особое внимание было уделено подбору методов борьбы с вредителями.

Результаты и обсуждение. В проводимых исследованиях в период с 2017 по 2020 гг. мы сосредоточили внимание на отработке параметров технологии возделывания разновидностей луковичных и капустных растений в наблюдаемых почвенно-климатических условиях.

В связи с этим нами была выработана определённая последовательность технологических приёмов возделывания капустных культур как на капельном орошении, так и на внутрипочвенном орошении, в которую включены операции по подготовке поля, с предпосевной обработкой и агрохимическим анализом почвы, внесением минеральных удобрений, действия по формированию рассадного материала с подготовкой семян и высевом их в теплицу, с последующей высадкой рассады на участке. Затем идут операции по монтажным и пусконаладочным работам при закладке элементов полива (последовательность действий на внутрипочвенном и капельном орошении отличается), высадке рассады с проведением первых послепосадочных поливов для лучшей приживаемости рассады, созданию условий водного питания растений капусты путём проведения поливов. Обязательной операцией является обработка посевов от болезней и вредителей. В фазе нарастания розетки листьев и в фазе формирования продуктивного органа капусты предусматриваются операции по подкормке растений комплексным минеральным удобрением. Операция по уборке урожая разных по видовому составу капустных растений реализуется по мере созревания их продуктивных органов. Операции по демонтажу элементов системы капельного орошения, подготовке системы внутрипочвенного орошения к зимнему периоду и операции по проведению осенней обработки почвы являются завершающими в последовательности технологических приёмов возделывания капустных культур [4].

Поддержание предполивной влажности почвы 70-80-70 % НВ обеспечивается проведением 35 поливов нормой 80-110 м³/га, 75-85-75 % НВ – 46 поливами нормой 70-90 м³/га, режим орошения 80-90-80 % НВ влажности почвы обеспечивается 58 поливами нормой 60...80 м³/га.

Внесение минеральных удобрений производится с учетом обеспеченности почвы элементами минерального питания с поливной водой в фазу развития растения – 7-10 листьев и нарастания розетки. Для формирования урожайности капусты на уровне 30-50 т/га следует вносить N₁₂₀P₄₅ K₁₄₅.

Исследования доказывают, что водный режим почвы стал основным влияющим фактором на поливной режим капусты при ВПО. Режим орошения с дифференцированной влажностью активного слоя почвы 70-80-70 % НВ с учётом одного послепосадочного полива нормой 250 м³/га достигался в среднем 4 вегетационными поливами в период «фаза вегетативного роста», 14 поливами в период «фаза продуктивного роста», а также 4 поливами нормой 120-170 м³/га в фазу созревания продуктивного органа. Оросительная норма при этом режиме составила 3290 м³/га.

Вариант при дифференцировании влажности активного слоя почвы по фазам развития капусты 75-85-75 % НВ за вегетацию было выполнено соответственно 7...6 поливов нормой 140 м³/га, а в период формирования продуктивного органа – 17 поливов нормой 100 м³/га. В целом было проведено 30 поливов оросительной нормой 3630 м³/га.

Для варианта предполивной влажности 80-90-80 % НВ потребовалось сделать 9, 25 и 8 поливов нормой 70...120 м³/га, соответственно периодам развития капусты при ВПО. В сезон было проведено 42 полива общим расходом 3920 м³/га.

Полученные результаты позволяют сделать заключение, что увеличение нижнего порога влажности на вариантах при внутрипочвенном орошении капусты разного видового состава 70-80-70, 75-85-75 и далее до 80-90-80 % НВ приводило к уменьше-

нию расхода воды за один полив от 120...170 до 70...120 м³/га, притом что количество поливов возрастало от 23 до 42, и, как следствие, повысилось количество оросительной воды за вегетацию от 3290 до 3920 м³/га.

Таблица 3 – Поливной режим капустных растений на капельном орошении

Table 3 – Irrigation regime of cabbage plants on drip irrigation

Период развития растений / Period of plant development	Назначено поли- вов, шт. / Assigned watering, PCs.	Поливная норма, м³/га / Irrigation rate, m³ / ha	Оросительная норма по фазам, м³/га / Irrigation rate by phase, m³ / ha	Общее количество по- ливов за вегетацию, шт./ общая ороситель- ная норма, м³/га / Total amount of irrigation during the growing season, PCs. / total irrigation rate, m³ / ha
Вариант с предполивным порогом влажности 70-80-70%НВ / Option with a pre-watering humidity threshold of 70-80-70% HB				
фаза вегетативного роста / vegetative growth phase	9	110	990 м³/га	35 поливов оросительной нормой 3370 м³/га / 35 irrigations with an irrigation rate of 3370 м³ / ha.
фаза продуктового роста / phase of the product growth	16	80	1280 м³/га	
фаза созревания / maturation phase	10	110	1100 м³/га	
Вариант с предполивным порогом влажности 75-85-75%НВ / Option with a pre-watering humidity threshold of 75-85-75%HB				
фаза вегетативного роста / vegetative growth phase	12	90	1080 м³/га	46 поливов оросительной нормой 3720 м³/га / 46 waterings irrigation rate of 3720 m³ / ha
фаза продуктового роста / phase of the product growth	21	70	1470 м³/га	
фаза созревания / maturation phase	13	90	1170 м³/га	
Вариант с предполивным порогом влажности 80-90-80%НВ / Option with a pre-watering humidity threshold of 80-90-80%HB				
фаза вегетативного роста / vegetative growth phase	14	80	1120 м³/га	58 поливов оросительной нормой 4060 м³/га / 58 water- ings irrigation rate of 4060 m³ / ha
фаза продуктового роста / phase of the product growth	29	60	1740 м³/га	
фаза созревания / maturation phase	15	80	1200 м³/га	

Технология возделывания репчатого лука в наших исследованиях предусматривает проведение ранневесенней подготовки участка путём проведения боронования, исследование почвы на агрохимические показатели, сборку капельного оборудования с проведением пусконаладочных работ, с последующим посевом семян в грунт, с регулярным требуемым проведением поливов, обработкой гербицидами, внесением минеральных удобрений, борьбой с вредителями, борьбой с болезнями, скашиванием ботвы, выкапыванием лука, сбором урожая. Завершающей операцией вегетационного периода назначается осенняя вспашка почвогрунта [1, 10].

Согласно рекомендациям известных в нашем регионе учёных-исследователей, применение капельного орошения даёт возможность учитывать биологические особенности и потребности лука, ориентироваться на них, а также даёт возможность соблюдения принципа ресурсосбережения и принципа экологической безопасности всего производства [2].

Таблица 4 – Поливной режим капустных растений при внутривпочвенном орошении

Table 4 – Irrigation regime of cabbage plants under intra-soil irrigation

Период развития растений / Period of plant development	Назначено поливов, шт. Assigned watering, PCs.	Поливная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ / ha	Общее количество поливов по фазам, шт./ оросительная норма, м ³ /га / Total number of irrigation phases, units/ irrigation rate, m ³ / ha	Общее количество поливов за вегетацию, шт./ Оросительная норма, м ³ /га / Total amount of irrigation during the growing season, PCs. / irrigation rate, m ³ / ha
Вариант с предполивным порогом влажности 70-80-70 % НВ / Option with a pre-watering humidity threshold of 70-80-70 % HB				
фаза вегетативного роста / vegetative growth phase	1+4	250 +170	5 (930 м ³ /га)	23 (3290)
фаза продуктового роста / phase of the product growth	14	120	14 (1680 м ³ /га)	
фаза созревания / maturation phase	4	170	4 (680 м ³ /га)	
Вариант с предполивным порогом влажности 75-85-75 % НВ / Option with a pre-watering humidity threshold of 75-85-75 % HB				
фаза вегетативного роста / vegetative growth phase	1+6	250 +140	7 (1090 м ³ /га)	30 (3630)
фаза продуктового роста / phase of the product growth	17	100	17 (1700 м ³ /га)	
фаза созревания / maturation phase	6	140	6 (840 м ³ /га)	
Вариант с предполивным порогом влажности 80-90-80 % НВ / Option with a pre-watering humidity threshold of 80-90-80% HB				
фаза вегетативного роста / vegetative growth phase	1+8	250 +120	9 (1210 м ³ /га)	42 (3920)
фаза продуктового роста / phase of the product growth	25	70	25 (1750 м ³ /га)	
фаза созревания / maturation phase	8	120	8 (960 м ³ /га)	

Производилось регулярное орошение, т.е. осуществлялась подача воды на орошаемое поле в течение всего вегетационного периода [11].

Подготовка семян к посеву не производилась. Использовался готовый обработанный семенной материал гибридов репчатого лука разных по скороспелости.

Семена гибридов обработаны фунгицидами от почвенных вредителей и подготовлены непосредственно сразу к посеву.

Наилучший результат достигается при раннем посеве культуры.

В наших исследованиях посев проводили весной в апреле, по мере готовности почвы при температуре почвы +10...+15 °С. Глубина посева – 3,0 см. Норма высева семян у лука 7 кг/га (900 000 – 1 150 000 шт.). Лук высевали по следующей схеме: 6*0,2 + 0,6, а в рядке – через 0,04-0,07 м. Увлажнители укладывали равноудаленно между вторым и третьим, а также между четвертым и пятым рядом лука. Таким образом, они укладывались по схеме 0,4 + 1,2 м. Посев проводили с помощью ЮМЗ 6 – КЛ Матермак - 1,5.

Уход за посевами лука, кроме своевременных поливов и внесения минеральных удобрений вместе с поливной водой, включал междурядные обработки от сорняков, борьбу с вредителями и болезнями [7].

Таблица 5 – Поливной режим репчатого лука разного срока созревания на капельном способе полива

Table 5 – Irrigation regime of onions of different maturation periods on the drip irrigation method

Глубина увлажнения почвы, м / Depth of soil mois- ture, m	Период роста лука / Period of growth onion				Общее число поливов / Total number of waterings	Ороси- тельная норма, м³/га / Irrigation rate, m³ / ha
	2-3 листа –образование луковицы / 2-3 of the sheet –education bulbs		формирование луковицы – достижение технической спелости / the formation of bulbs – the achievement of technical maturity			
	количество поливов / the number of irrigation	норма, м³/га / norm, m³ / ha	количество поливов / the number of irri- gation	норма, м³/га / norm, m³ / ha		
Раннеспелый гибрид Кенди / Early-maturing candy hybrid						
0,3	7	150	5	150	12	1800
0,5	6	240	4	240	10	2400
0,3-0,5	6	150	5	240	11	2100
Среднеспелый гибрид Лоредо / Medium-ripened Loreda hybrid						
0,3	8	150	6	150	14	2100
0,5	7	240	5	240	12	2880
0,3-0,5	7	150	6	240	13	2490
Позднеспелый гибрид Дирижёр / Late-maturing hybrid Conductor						
0,3	9	150	7	150	16	2400
0,5	8	240	6	240	14	3360
0,3-0,5	8	150	7	240	15	2880

Наши исследования показали, что водный режим почвы является основным фактором, влияющим на поливной режим лука.

Вариант с глубиной увлажнения почвы 0,3 м показал, что количество поливов в период «фаза 2-3-х листьев – начало образования луковицы» в среднем составило 8 поливов нормой 150 м³/га, а в период «фаза формирования луковицы – достижение технической спелости» – 7 поливов нормой 150 м³/га.

Вариант с глубиной увлажнения почвы 0,5 м показал, что количество поливов в период «фаза 2-3-х листьев – начало образования луковицы» в среднем составило 7 поливов 240 м³/га, а в период «фаза формирования луковицы – достижение технической спелости» – 5 поливов 240 м³/га.

Вариант с дифференцированной глубиной увлажнения почвы 0,3-0,5 м в период «фаза 2-3-х листьев – начало образования луковицы» показал в среднем 6 вегетационных поливов нормой 150 м³/га, а в период «фаза формирования луковицы – достижение технической спелости» также нормой 240 м³/га, выданной в среднем за шесть поливов.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась методами дисперсионного и регрессионного анализа с использованием пакета прикладных программ Microsoft Office Excel.

Наши исследования показали, что для всех гибридов лука (ранне-, средне- и позднезрелого вегетационного периода) наиболее оптимальным оказался вариант с дифференцированной глубиной увлажнения почвы 0,3-0,5 м.

Капельное орошение позволило нам обрабатывать, опрыскивать и собирать урожай лука в любое время, не зависящее от орошения культуры, поскольку почва между рядами оставалась сухой в течение всего сезона, корка не образовывалась, а структура почвы сохраняется во время полива [6].

Более значимыми для репчатого лука достоинствами капельного орошения считаются специальные требования аэрации грунта, которые никак не ухудшаются даже в период проведения поливов. В процессе формирования контура увлажнения совершается дифференциация увлажняемого объема по уровню насыщения влагой. При этом значительная доля увлажняемого объема грунта различается подходящим соответствием нахождения влажности и атмосферы. В итоге формируются подходящие требования, которые способствуют увеличению и функционированию корневой системы в период всего вегетационного времени [12]. Кроме этого, наблюдается интенсивное формирование и разделение корней в грунте наилучшим образом. В основном корни репчатого лука располагаются в области водоподачи капельниц. Корневая система характеризуется выраженной мочковатостью с множеством действующих корневых волосков, за счёт способности внесения питательных компонентов с поливами увеличивается продукционная динамичность корневой системы, увеличивается водообмен, динамика поглощения питательных элементов, развитие особого микроклимата посева. Данное условие считается и плюсом, и минусом капельного орошения и рассматривается с различных позиций в связи с возделываемой культурой. При данном отсутствии прямого смачивания вегетационной доли растений в отношении репчатого лука возможно рассматривать как превосходство капельного орошения [7].

Использование капельного орошения дает возможность воздержаться от применения контактных ядохимикатов, сменив их пестицидами целого воздействия. Целые пестициды функционируют «изнутри», не смываются атмосферными осадками, что дает возможность уменьшить размеры их использования и увеличить экологическую безопасность готовой продукции.

Использование капельного орошения позволяет подавать оросительную влагу напрямую в места размещения корневой системы растений, оставляя незадействованными в поливе междурядья, что даёт возможность проводить прополку, опрыскивания и необходимые наблюдения даже в период выполнения поливов. Преимущество этого способа полива также состоит в том, что снижается формирование сорной растительности в междурядьях, грунт длительное время остается рыхлым и аэрируемым, что делает возможным уменьшить количество обработок лука. В этом и состоит поддержка мелиорационного состояния почв. Невысокая водоподача при орошении предотвращает формирование эрозионных действий. При капельном орошении значительно уменьшается испарение влажности, происходит устранение издержек оросительной воды в инфильтрационный сброс и поверхностный слив, что дает возможность соблюдать экономии водных ресурсов до 25-50 % [7].

Использование фертигации в сопоставлении с иными методами внесения удобрений при капельном орошении гарантирует вероятность постоянного поддержания требуемой концентрации питательного раствора в грунте в почвах с невысоким содержанием питательных компонентов и с невысокой поглотительной возможностью [9]. Элементы агротехнологий оказывают существенное влияние на формирование агроценоза растений, в том числе и на фитосанитарное состояние растений лука.

Выводы. Внутрипочвенное орошение дает возможность получения стабильных урожаев хорошего качества, при этом сохраняется структура и исключаются условия образования корки верхнего слоя почвы, кроме того, исключается прорастание сорня-

ков, развитие грибных болезней на капустных растениях, экономится оросительная вода. Недостатком этого способа полива является то, что он дорогостоящий и не везде применимый.

В отличие от внутрипочвенного орошения преимуществом капельного орошения можно считать, во-первых, экономию воды для получения единицы продукции, во-вторых, уменьшение площади увлажняемой зоны, что позволяет сократить потери влаги за счёт испарения, и, как следствие, сокращаются оросительные нормы поливов, в-третьих, позволяет осуществлять подачу удобрений путём фертигации непосредственно в корнеобитаемый слой, и, в-четвёртых, поливы возможно производить малыми поливными нормами и с короткими межполивными интервалами [6].

Наши исследования показали, что применение дифференцированного режима орошения при возделывании капусты разного видового состава с использованием капельного орошения в сочетании с рядом рассматриваемых в опытах факторов позволяет экономно расходовать поливную воду и при этом получать качественную продукцию на уровне не ниже 35 т/га.

Проведённый анализ полученных результатов исследований позволяет резюмировать, что способы внутрипочвенного и капельного орошения в сравнении с дождеванием позволяют существенно экономить энергетические, материальные и природные ресурсы при возделывании капусты.

Выращивание гибридов репчатого лука с применяемыми технологиями в наших исследованиях показало, что сочетание исследуемых нами факторов является с экономической точки зрения выгодным, с экологической стороны – безопасным. Исследованиями определено, что поддержание предполивного порога влажности почвы не менее 75 % НВ сопровождается проведением в период 1-й половины вегетации репчатого лука 6-8 поливов нормой 150 м³/га, во 2-й половине вегетации по 240 м³/га за 5-7 поливов на варианте с дифференцированной глубиной увлажнения почвы в сочетании с внесением удобрений позволяет получать запланированную урожайность не ниже 90 т/га и экономию воды. Капельное орошение в максимальной степени отвечает биологии корневой системы лука, гарантирует возможность применения энергоэкономичных технологий с возможностью получения запланированных урожаев репчатого лука ранне-, средне- и позднеспелого вегетационного периода в условиях Нижнего Поволжья.

Библиографический список

1. Агротехника возделывания сортов и гибридов лука репчатого на каштановых почвах Нижнего Поволжья / Н. И. Матвеева, В. А. Петров, В. П. Зволинский, В. В. Зволинский. 2019. С. 136-145.
2. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
3. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Модель теплообмена в системе «агрофитоценоз – окружающая среда» с регуляторами // Известия Нижневолжского Агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 192 - 204.
4. 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. № 1 (49). С. 167-175.
5. Комбинированное орошение сельскохозяйственных культур / А. С. Овчинников [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 2(38). С. 6-13.
6. Концептуальные подходы к созданию систем мониторинга и управления орошением / А.С. Овчинников [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 26-39.

7. Повышение эффективности комбинированных способов орошения / А. С. Овчинников [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 231-241.

8. Соловьева О. А., Лихоманова М. А. Энергетическая оценка режимов орошения при возделывании овощных культур в условиях Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3(51). С. 172-177.

9. Ходяков Е. А. Особенности режима капельного орошения и водопотребления кабачков, выращиваемых в Нижнем Поволжье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3(47). С. 90-97.

10. Эффективные элементы возделывания репчатого лука при капельном орошении / Е. В. Калмыкова, Н. Ю. Петров, О. В. Калмыкова, В. В. Зволинский // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1. С. 51-58.

11. Abdelkhalik Ab., Pascual-Seva N., Najera In. Effect of Deficit Irrigation on the Productive Response of Drip-irrigated Onion (*Allium cepa* L.) in Mediterranean Conditions // Horticulture journal. 2019. V. 88. I. 4. P. 488-498.

12. Erdem T., Kayhan A. Onion growth, yield and quality as influenced by different drip lateral depths and irrigation levels // Ndian journal of horticulture. 2019. V. 76. I. 3. P. 457-465.

Conclusion. Intra-soil irrigation makes it possible to obtain stable yields of good quality, while maintaining the structure and eliminating the conditions for the formation of a crust of the upper soil layer, in addition, weed germination is excluded, the development of fungal diseases on cabbage plants saves irrigation water. The disadvantage of this method of irrigation is that it is expensive and not applicable everywhere.

In contrast to intra-soil irrigation, the advantage of drip irrigation can be considered, firstly, saving water to produce a unit of production, secondly, reducing the area of the wetted zone, which reduces moisture loss due to evaporation, and, as a result, irrigation norms of irrigation are reduced, thirdly, it allows the supply of fertilizers by fertigation directly into the root layer, and fourth, irrigation can be performed with small irrigation norms and with short irrigation intervals [6].

Our research has shown that the use of a differentiated irrigation regime for the cultivation of cabbage of different species using drip irrigation, in combination with a number of factors considered in the experiments, allows you to economically spend irrigation water, while obtaining high-quality products at a level not lower than 35 t/ha.

The analysis of the obtained research results allows us to summarize that the methods of intra-soil and drip irrigation in comparison with sprinkling can significantly save energy, material and natural resources in the cultivation of cabbage.

Growing onion hybrids with the technologies used in our research has shown that the combination of the factors we study is economically advantageous and environmentally safe. Studies have determined that maintaining the pre-irrigation threshold of soil moisture is not less than 75 % HB is accompanied by the holding period of the 1st half the growing season of onions 6-8 irrigations the rate of 150 m³/ha, in the 2nd half of vegetation for 240 m³/ha 5-7 waterings in the variant with differentiated depth of soil moisture in combination with fertilizers allow to obtain the planned yields of 90 t/ha and water savings. Drip irrigation meets the biology of the onion root system to the maximum extent, guarantees the possibility of using energy-efficient technologies with the possibility of obtaining planned yields of onions in the early, medium and late-maturing growing season in the Lower Volga region.

References

1. In Agrotechnics of cultivation of onion varieties and hybrids on chestnut soils of the Lower Volga region / N. I. Matveeva, V. A. Petrov, V. P. Zvolinsky, V. V. Zvolinsky. 2019. P. 136-145.

2. Borodychev V. V., Lytov M. N. Technical and technological bases for regulating the hydrothermal regime of agrophytocenosis in irrigation conditions // Scientific life. 2019. Vol. 14. No. 10 (98). Pp. 1484-1495.
3. Borodychev V. V., Lytov M. N. Heart transfer model in the system « agrophytocenosis-environment» // Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: Science and higher professional education. 2019. No. 4 (56). Pp. 192-204.
4. Borodychev V. V., Shchepotko N. A. issues of drip irrigation and fertigation of white cabbage in the Volgograd region // Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: Science and higher professional education. 2018. No. 1 (49). Pp. 167-175.
5. Combined irrigation of agricultural crops / A. S. Ovchinnikov [et al.] // Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: Science and higher professional education. 2015. No. 2(38). Pp. 6-13.
6. Conceptual approaches to the creation of monitoring systems and irrigation management / A. S. Ovchinnikov [et al.] // Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: Science and higher professional education. 2019. No. 2 (54). Pp. 26-39.
7. Improving the efficiency of combined irrigation methods / A. S. Ovchinnikov [et al.] // Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: Science and higher professional education. 2019. N 1 (53). Pp. 231-241.
8. Solovyova O. A., Likhomanova M. A. Energy assessment of irrigation regimes in the cultivation of vegetable crops in the Volgograd region // Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education. 2018 No. 3 (51). Pp. 172-177.
9. Khodyakov E. A. Features of the regime of drip irrigation and water consumption of zucchini grown in the Lower Volga region // Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: science and higher professional education. 2017. No. 3 (47). Pp. 90-97.
10. Effective elements of onion cultivation under drip irrigation / E. V. Kalmykova, N. Yu. Petrov, O. V. Kalmykova, V. V. Zvolinsky // Proceedings of the lower Volga agricultural University complex: science and higher professional education. 2018. No. I. P. 51-58.
11. Abdelkhalik Ab., Pascual-Seva N., Najera In. Effect of Deficit Irrigation on the Productive Response of Drip-irrigated Onion (*Allium cepa* L.) in Mediterranean Conditions // Horticulture journal. 2019. V. 88. I. 4. P. 488-498.
12. Erdem T., Kayhan A. Onion growth, yield and quality as influenced by different drip lateral depths and irrigation levels // Ndian journal of horticulture. 2019. V. 76. I. 3. P. 457-465.

Author's Information

Likhomanova Marina Anatolyevna, associate Professor of the Department of land Reclamation and agricultural development of the Federal state budgetary educational institution of higher education " Volgograd state agrarian University "(400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), candidate of agricultural Sciences. E-mail: luxmarina@mail.ru

Solovyova Olga Aleksandrovna, associate Professor of the Department of land Reclamation and land development of the Federal state budgetary educational institution of higher education " Volgograd state agrarian University "(400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), candidate of agricultural Sciences. E-mail: olqamatveeva@inbox.ru

Информация об авторах:

Лихоманова Марина Анатольевна, доцент кафедры «Мелиорация земель и КИВР» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: luxmarina@mail.ru

Соловьева Ольга Александровна, доцент кафедры «Мелиорация земель и КИВР» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: olqamatveeva@inbox.ru

METHODS OF FORMING THE QUALITY OF COTTON SEEDS WHEN GROWING ON LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

I. Y. Podkovyrov, D. Ermak

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 03.11.2020

Submitted 26.02.2021

Abstract

Introduction. Cotton is a significant crop in the Lower Volga region. The acreage increases every year, which leads to the need for high-quality seeds. To achieve these goals, an experiment was conducted on the influence of coinage and leaf feeding on cotton plants. V. A. Avtonomov points to the close relationship of mineral nutrition of cotton plants during the growing season and the quality of the seeds produced. **Objects.** The object of research is the seeds of the cotton plant. **Materials and methods.** To do this, we have developed a scheme of experiments on fertilizing plants during growth with preparations: *Terrasol 1.0 kg / ha, Izabion 1.0 l / ha, Master 1.0 kg / ha* during the growing season of cotton, at least three fertilizing is carried out. Experience was laid with different amounts of minting to form the necessary form of growth of cotton plants. Traditionally, one coinage is carried out to obtain a high quality fiber. **Results and conclusions.** However, to stimulate the improvement of seed quality in cotton it is recommended to conduct a larger number of operations. Begin chasing in areas where plants fatten.

Key words: *cotton for seeds, seed production, cotton agrotechnics, light chestnut soils, medium-fiber cotton.*

Citation. Podkovyrov I. Y., Ermak, D. Yu. Methods of forming the quality of cotton seeds when growing on light chestnut soils of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1 (61). 174-182 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-17.

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

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

УДК 633.51

ПРИЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

И. Ю. Подковыров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Д. Ю. Ермак, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 03.11.2020

Дата принятия к печати 26.02.2021

Актуальность. Хлопчатник является значимой культурой в Нижнем Поволжье. Посевные площади с каждым годом увеличиваются, что вызывает потребность в высококачественных посевных семенах. Для достижения этих целей проводили опыт по влиянию чеканки и листовой подкормки на растения хлопчатника. В. А. Автономов указывает на тесную связь минерального питания растений хлопчатника в течение вегетации и качества образуемых семян. **Объект.** Объектом исследования являются семена растения хлопчатника. **Материалы и методы.** Для этого нами была разработана схема опытов по подкормкам растений во время роста препаратами: Террасол – 1,0 кг/га, Изабион – 1,0 л/га, Мастер – 1,0 кг/га. В период вегетации хлопчатника проводится не менее трех подкормок. Опыт закладывался с различным количеством проведения чеканки для формирования необходимой формы роста растений хлопчатника.

ка. Традиционно для получения волокна высокого качества проводят одну чеканку. Однако для стимулирования улучшения качества семян у хлопчатника рекомендуется проведение большего числа операций. Начинают чеканку на участках, где растения жируют, а также на несколько загущенных посевах. Проводят ее в два приема специальными приспособлениями типа УВХ/3,6, ГХТ-46 к хлопковым культиваторам и совмещают с культивацией или нарезкой борозд. Повторную чеканку осуществляют через 7-10 дней. **Результаты.** Установлено, что проведение двух чеканок за сезон в сочетании с листовой подкормкой препаратом Изабион дает наилучшие показатели качества семян.

Ключевые слова: хлопчатник на семена, семеноводство хлопчатника, агротехника хлопчатника, светло-каштановые почвы, хлопчатник средневолокнистый.

Цитирование. Подковыров И. Ю., Ермак Д. Ю. Приемы формирования качества семян хлопчатника при выращивании на светло-каштановых почвах Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2021. 1(61). 174-182. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-17.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В прошлом веке хлопок выращивали в южных районах страны, составляя его на текстильные комбинаты в Иваново, Камышин, Ярославль, Санкт-Петербург. Однако хлопкосеющие регионы в России были утрачены, а промышленность осталась без отечественного сырья. Значительно продвинуть культуру хлопчатника на север позволила длительная селекционная работа учёных Ташкентского и Волгоградского аграрных университетов.

Исследованиями установлено, что Волгоградская область является самой северной границей хлопкосеяния [1]. Недостаточная влажность, уровень солнечной радиации, более короткий вегетационный период – основные факторы, влияющие на развитие данной отрасли в этом регионе. Силами селекционеров для выращивания хлопчатника на территории Волгоградской области был выведен ультраскороспелый сорт ПГССХ-1, отличающийся более коротким вегетационным периодом, высокой продуктивностью, болезнеустойчивостью, имеющий высокое качество и количество волокна [2].

Для широкого внедрения в производство данного сорта необходимо обеспечить товаропроизводителей достаточным количеством семян. Однако вопросы их производства на северной границе возделывания остаются недостаточно изученными. В связи с этим целью работы являлось изучение семенной продуктивности ультраскороспелого сорта хлопчатника ПГССХ-1 и выявление факторов, влияющих на качество семян.

Материалы и методы. В качестве объекта исследований служили сорта и линии отечественной и зарубежной селекции, полученные на их основе гибриды, с использованием различных схем гибридизации, а также созданные нами новые сорта и линии культивируемых видов хлопчатника *G. hirsutum* L. и *G. barbadense* L.

Использовались различные схемы посева и методы статистической обработки полученных результатов исследований.

В течение вегетационного периода проводились необходимые фенологические наблюдения, учеты урожая, числа коробочек на растении к 1 октября. С каждого варианта опыта по повторениям брались 25-коробочные пробные образцы, с первых мест 2-4 плодовых ветвей. В период массового цветения все цветы гибридных растений F₁ и исходные формы самоопылялись до 5-6 плодовой ветви. По пробным образцам проводились лабораторные анализы, где определяли массу хлопка-сырца одной коробочки, массу 1000 семян, выход волокна, длину волокна и индекс волокна определяли по формуле В. М. Ефименко. Полученные данные подвергались статистической обработке.

Первичные данные, полученные в результате анализов по каждому признаку, обрабатывались методом дисперсионного анализа, для доказательства существенности различий между сортами и реципрочными гибридами использовали критерий Фишера. Определялась обобщенная ошибка опыта S_x , ошибка разности средних S_d и наименьшая существенная разность (НСР) при уровне значимости 0.05. После доказательства существенности различий вариантов проводили анализ комбинационной способности сортов по первому методу первой модели Б. Гриффинга, разлагая дисперсию вариантов на дисперсию общей и специфической комбинационной способности (ОКС и СКС). Все математические вычисления проводились на компьютере. Критерии построения графиков в регрессии рассчитывались по модели В. J. Науман.

Качество хлопкового волокна определялось в лаборатории ООО «Камышинский текстильный комбинат». Морфобиологическое описание всех привлеченных в эксперимент исходных форм и гибридов проводилось в конце августа, с предварительным просчетом этикетированных растений по вариантам. При этом определялись высота растения, высота закладки первой симподии и моноподий на растении, отмечалась дата открытия первой коробочки у 50 % растений. Сбор урожая осуществлялся индивидуальными отборами, пробами и рядковыми сборами.

Для выявления оптимальных вариантов применялся метод главных компонентов. Обработка методом главных компонентов позволяет выделить для дальнейшего анализа основные факторы, собственные значения которых больше 1. Весовые коэффициенты при главных компонентах определяют признаки, которые наиболее полно характеризуют изучаемый объект.

Кластерный анализ начинается с составления матриц сходства для каждой пары сравниваемых объектов (вариантов опыта). Затем проводится последовательное объединение объектов в группы по степени их сходства, пока все они не будут включены в одну группу. Для эффективного объединения качественных и количественных признаков в однородные группы (кластеры) рекомендуется опираться на следующие положения:

- теоретические предпосылки принадлежности к одной совокупности;
- своеобразие особенностей цели сравнения (выяснение отношений близости, особенности сравниваемых видов, в том числе тип используемых признаков (для качественных - ранги, баллы, для количественных – размеры, количество, доля, частота, балл и др.)).

Выбор переменных в кластерном анализе является одним из наиболее важных шагов в процессе исследования селекционных форм хлопчатника, но, к сожалению, и одним из наименее разработанных. Основная проблема состоит в том, чтобы найти ту совокупность признаков, которая наилучшим образом отражает понятие сходства выбранных для изучения форм растений. Теоретической базой для выбора признаков, необходимых для перспективных доноров родового комплекса растений, могут являться следующие положения:

- анализ биоклиматического потенциала районов в пределах ареала и культивирования сортов в изучаемом родоном комплексе по основным характеристикам температурного режима, количества осадков, влажности воздуха;
- сравнительная оценка влияния исследуемых факторов;
- оценка перспективности приёма выращивания для оптимизированной технологии.

Два объекта идентичны, если описывающие их переменные принимают одинаковые значения. В этом случае расстояние между ними равно нулю. Меры расстояния обычно не ограничены сверху и зависят от выбора шкалы (масштаба) измерений. Одним из наиболее известных применяемых для анализа коэффициентов является евклидово расстояние.

Математическая обработка результатов экспериментальных данных проводилась в прикладных программах MS Excel и Статистика.

Таблица 1 – Схема опыта

Table 1 – Experience scheme

Сорт (фактор A) / Variete (factor A)	Влияние формирования куста на семенную продуктивность (фактор B) / The effect of the formation of a Bush on seed production (a factor In)			Влияние листовых подкормок на качество семян (фактор C) / Influence of leaf feeding on seed quality (factor C)			
	1 чеканка / 1 coinage B1	2 чеканки / 2 coinage B2	Контроль (без чекан- ки) / Control (without coinage)	Террасол 1,0 кг/га / Terrasol 1.0 kg/ha C1	Изабион 1,0 л/га / Isabion 1.0 l/ha C2	Мастер 1,0 кг/га / Master 1.0 kg/ha C3	Контроль (без подкормок) / Control (with- out feeding)
Гиза / Gisa	***	***	***	***	***	***	***
ПГССХ-1 / PGSSH-1	***	***	***	***	***	***	***
Ташкент-3 / Tashkent-3	***	***	***	***	***	***	***
C-8196	***	***	***	***	***	***	***

Опыт закладывался с различным количеством проведения чеканки для формирования необходимой формы роста растений хлопчатника. Традиционно для получения волокна высокого качества проводят одну чеканку. Однако для стимулирования улучшения качества семян у хлопчатника рекомендуется проведение большего числа зелёных операций. В условиях светло-каштановых почв необходимо обоснование этого приёма.

Начинают чеканку на участках, где растения жируют, а также на несколько загущенных посевах. Проводят ее в два приема специальными приспособлениями типа УВХ/3,6, ГХТ-46 к хлопковым культиваторам и совмещают с культивацией или нарезкой борозд. Повторную чеканку осуществляют через 7-10 дней. При первом проходе срезают верхушки наиболее высоких растений до уровня средних, а при втором — чеканят остальные растения на уровне первого прохода. При чеканке для предотвращения повреждения растений на агрегат устанавливают защитные приспособления.

Созревание коробочек хлопчатника на кусте длится более 2 мес. Для уборки необходимо ускорить созревание коробочек и вызвать искусственное опадение листьев. Для этого проводят дефолиацию — обработку хлопчатника химическими препаратами для быстрого опадения листьев.

Для удаления листьев одновременно на всей основной площади проводят дефолиацию при раскрытии на кустах не менее 3-4 коробочек с применением бутифоса или хлората магния. Операция проводится в оптимальные сроки в основном наземными средствами, что дает возможность подготовить широкий фронт работы для хлопкоуборочных машин с первых дней начала уборки. Расход дефолиантов — строго по рекомендуемой норме.

При недостаточном опадении листьев после дефолиации проводят десикацию — высушивание растений на корню.

Базовая агротехника при выращивании растений для производства волокна основывается на подготовке почвы с внесением основного удобрения, посеве в оптимальные сроки, последующем поливе, комплексной защите посевов от вредителей, чеканке, регулярных прополках. В. А. Автономов указывает на тесную связь минерального питания растений хлопчатника в течение вегетации и качество образуемых семян. Для этого нами была разработана схема опытов по подкормкам растений во время роста (фактор C).

C1 – Террасол 1,0 кг/га.

C2 – Изабион 1,0 л/га.

C3 – Мастер 1,0 кг/га.

Контроль – без обработки.

В период вегетации хлопчатника проводится не менее трех подкормок. Завершаются подкормки на участках с хорошим развитием растений к 1 июля, на отстающих — к 5 июля. Раннюю подкормку ведут сбоку ряда на расстоянии 15-18 см от растений (независимо от ширины междурядий) на глубину 15 см; в фазе бутонизации — на расстоянии 20-22 см на глубину 15 см, в фазе цветения — в середину ряда, при междурядьях 60 см на глубину 6-10 см, а на среднесуглинистых и глинистых почвах на 15-18 см ниже дна борозды. Такая дифференциация обеспечивает лучшее использование хлопчатником питательных элементов и ускоряет накопление плодовых органов, снижает процент их опадения.

Сроки и нормы поливов дифференцируются с учетом почвенных и метеорологических условий, уровня грунтовых вод и состояния хлопчатника. Для полива применяют системы капельного орошения, жесткие и полужесткие поливные трубопроводы, гибкие шланги и трубочки-сифоны, машины типа ППА-165, а также дождевальные установки. Это обеспечивает экономию оросительной воды на 30 % и сокращает трудовые затраты на 40 % по сравнению с бороздовым способом полива.

Результаты. Фенологические наблюдения и учеты за ростом и развитием хлопчатника проводились на 50 маркированных растениях на каждом варианте, всех трех повторений. Из этих же растений отбирали пробные образцы хлопка-сырца для технологического анализа в зависимости от срока сбора хлопка-сырца.

Перед каждым сбором проводили учет количества раскрытых коробочек на растениях в каждом повторении, с которых брались пробные образцы хлопка-сырца. После сбора пробных образцов хлопок-сырец взвешивали и определяли массу одной коробочки. По каждому образцу в лабораторных условиях были проведены анализы на качество семян и волокна.

Таблица 2 – Влияние приёмов формирования куста на семенную продуктивность хлопчатника

Table 2 – Effect of bush formation on seed productivity of cotton

Густота стояния, тыс. шт./ Density of standing, thousand PCs.	Средняя высота растений, см Average plant height, cm	Число плодовых ветвей, шт / Number of fruit branches, PCs	Число сформировавшихся коробочек, шт. / Number of formed boxes, PCs	Семенная продуктивность на дату учета, т/га / Seed productivity at the date of accounting, t / ha		
				20.09	30.09	20.10
1	2	3	4	5	6	7
Сорт Гиза фактор A1 (2015 год) / Giza Variety Factor A1 (2015)						
1 чеканка (B1) / 1 chasing (B1)	115,2	9,1	7,0	0,18	0,24	0,25
2 чеканки (B2) / 2 chasing (B2)	112,3	9,8	7,9	0,24	0,32	0,36
Контроль (B3) / Control (B3)	121,1	8,2	6,1	0,16	0,22	0,31
Сорт Гиза фактор A1 (2016 год) / Giza Variety Factor A1 (2016)						
1 чеканка (B1) / 1 chasing (B1)	115,8	9,3	7,2	0,19	0,25	0,24

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
2 чеканки (B2) / 2 chasing (B2)	113,2	10,2	8,4	0,26	0,31	0,37
Контроль (B3) / Control (B3)	124,2	7,6	6,6	0,17	0,24	0,33
Сорт ПГССХ-1 фактор A2 (2015 год) / PGSS-1 factor A2 (2015)						
1 чеканка (B1) / 1 chasing (B1)	96,8	9,2	11,3	0,38	0,52	0,79
2 чеканки (B2) / 2 chasing (B2)	84,1	10,2	12,2	0,52	0,69	0,91
Контроль (B3) / Control (B3)	84,8	8,8	9,7	0,39	0,49	0,69
Сорт ПГССХ-1 фактор A2 (2016 год) / PGSS-1 factor A2 (2016)						
1 чеканка (B1) / 1 chasing (B1)	95,8	9,3	11,5	0,39	0,55	0,84
2 чеканки (B2) / 2 chasing (B2)	83,1	10,4	12,5	0,58	0,79	0,92
Контроль (B3) / Control (B3)	83,8	8,9	9,9	0,39	0,51	0,66
Сорт Ташкент-3 фактор A3 (2015 год) / Tashkent-3 Factor A3 (2015)						
1 чеканка (B1) / 1 chasing (B1)	101,2	7,3	9,3	0,35	0,48	0,71
2 чеканки (B2) / 2 chasing (B2)	99,8	7,0	10,5	0,48	0,63	0,85
Контроль (B3) / Control (B3)	108,1	7,9	8,7	0,31	0,44	0,61
Сорт Ташкент-3 фактор A3 (2016 год) / Tashkent-3 Factor A3 (2016)						
1 чеканка (B1) / 1 chasing (B1)	102,2	7,3	9,3	0,36	0,49	0,75
2 чеканки (B2) / 2 chasing (B2)	101,3	7,0	10,5	0,48	0,71	0,88
Контроль (B3) / Control (B3)	108,9	7,9	8,7	0,33	0,45	0,62
Сорт C-8196 фактор A4 (2015 год) / Grade C-8196 A4 factor (2015)						
1 чеканка (B1) / 1 chasing (B1)	107,2	8,3	10,3	0,39	0,49	0,79
2 чеканки (B2) / 2 chasing (B2)	106,6	8,0	11,5	0,51	0,68	0,91
Контроль (B3) / Control (B3)	112,3	8,9	9,8	0,39	0,48	0,67
Сорт C-8196 фактор A4 (2016 год) / Grade C-8196 A4 factor (2016)						
1 чеканка (B1) / 1 chasing (B1)	107,8	8,4	10,5	0,40	0,45	0,78
2 чеканки (B2) / 2 chasing (B2)	106,9	8,1	11,9	0,48	0,70	0,87
Контроль (B3) / Control (B3)	114,2	8,5	9,6	0,38	0,47	0,66

НCP₀₅=0,04 т/га

Таблица 3 – Влияние листовых подкормок на урожайность и семенную продуктивность хлопчатника в условиях светло-каштановых почв

Table 3 – Effect of leaf-feeding on the yield and seed productivity of cotton in light brown soils

Вид удобрения / Type of fertilizer.	Высота кустов, м / The height of the bushes, m	Завязываемость плодов, % / Fruits set has been registered, %	Кол-во коробочек на куст, шт. / Number of boxes per Bush, PCs	Повреждение болезнями, балл / Damage by diseases, score.	Урожайность хлопка- сырца, т/га / Yield of raw cotton, t / ha	Семенная продуктивность, т / га / Seed productivity, t / ha
1	2	3	4	5	6	7
Сорт Гиза-86 (Фактор A1) / Giza-86 (A1 Factor)						
Террасол (C1) / Terrasol (C1)	115,2	60,5	7,8	2,5	0,71	0,28
Изабион (C2) / Isabion (C2)	112,3	61,2	8,5	2,8	0,78	0,29
Мастер (C3) / Master (C3)	121,1	60,6	8,2	2,2	0,69	0,28
Без подкормки (C4) / Without feeding (C4)	106,8	55,8	5,6	3,2	0,42	0,18
Сорт ПГССХ-1 (Фактор A2) / PGSS-1 (A2 Factor)						
Террасол (C1) / Terrasol (C1)	96,8	87,4	15,9	3,2	1,92	0,65

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
Изабион (C2) / Isabion (C2)	84,1	91,2	16,3	2,1	2,32	0,82
Мастер (C3) / Master(C3)	84,8	64,3	14,7	3,7	1,82	0,66
Без подкормки (C4) / Without feeding (C4)	80,1	27,5	10,2	3,4	0,41	0,35
Сорт Ташкент-3 (Фактор A3) / Tashkent-3 (A3 Factor)						
Террасол (C1) / Terrasol (C1)	101,2	75,2	12,3	2,8	1,21	0,36
Изабион (C2) / Isabion (C2)	99,8	76,9	12,9	2,6	1,42	0,45
Мастер (C3) / Master(C3)	108,1	74,8	11,8	2,9	1,12	0,36
Без подкормки (C4) / Without feeding (C4)	90,2	68,5	8,6	2,1	0,75	0,26
Сорт C-8169 (Фактор A4) / Grade C-8169 (A4 Factor)						
Террасол (C1) / Terrasol (C1)	107,2	74,8	11,9	2,6	1,15	0,35
Изабион (C2) / Isabion (C2)	106,6	75,5	12,1	2,9	1,37	0,41
Мастер (C3) / Master(C3)	112,3	72,2	11,0	2,4	1,32	0,41
Без подкормки (C4) / Without feeding (C4)	98,2	67,6	7,5	3,1	1,12	0,40

Выводы. Увеличить семенную продуктивность возможно проведением двух чеканок за сезон, что повышает выход семян с единицы площади. Для обеспечения растений элементами питания мы рекомендуем применять листовые подкормки комплексными удобрениями нового поколения, содержащими аминокислоты и другие биологически активные вещества. Лучшими характеристиками среди изученных препаратов обладает Изабион.

Библиографический список

1. Агротехнологическая оценка изучаемых сложных межлинейных гибридов $F_1 - F_2$ на общее число коробочек в растениях хлопка / А. С. Овчинников [и др.] // Евразийский союз ученых. 2015. № 11-3 (20). С. 16-19.
2. Аuezов О. П., Айтмуратов М. Т., Пасиев Б. А. Анализ способов ускорения созревания урожая хлопчатника и направления их совершенствования // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2 (30). С. 14-17.
3. Влияние регулятора роста флорексан на рост, развитие и урожайность хлопчатника / Э. Р. Курбанова [и др.] // Агрохимия. 2019. № 6. С. 27-33.
4. Изучение каллусогенеза и морфогенеза хлопчатника сорта "Туркестан" в культуре in vitro / Ш. А. Манабаева [и др.] // Биотехнология. Теория и практика. 2013. № 4. С. 68-73.
5. Кочеткова О. В., Подковыров И. Ю. Формализация и анализ технологических процессов первичной переработки хлопка-сырца // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование 2018. № 3 (51). С. 291-300.
6. Ниязалиев Б. И., Райимбердиев Х. Влияние внесения нитрокальций фосфатного удобрения (нкфу) на усвоение питательных веществ хлопчатником // Актуальные проблемы современной науки. 2018. № 2 (99). С. 66-69.
7. Новрузова Г. Х. Влияние удобрений на урожайность волокна хлопчатника // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 9. С. 227-233.
8. Рациональное использование кормовых ресурсов и кормление сельскохозяйственных животных в условиях Таджикистана / Ф. М. Раджабов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (76). С. 218-221.
9. Токарева Н. Д., Шахмедова Г. С., Токарев Н. А. Влияние на продуктивность растений хлопчатника густоты стояния, сроков сева и системы минеральных удобрений в орошаемых условиях Астраханской области // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса 2013. № 3 (16). С. 16-19.
10. Функциональное моделирование процессов выращивания хлопчатника / А. С. Овчинников [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 258-266.

11. Ходжаев Т. А. Повышение посевных качеств семян хлопчатника под действием нейтронного облучения // Известия ВУЗов Кыргызстана. 2015. № 9. С. 12-14.
12. Экономическая эффективность применения биосила в технологии выращивания средневолокнистого хлопчатника / Ю. Л. Абдуллоев [и др.] // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. 2016. № 1-2 (196). С. 295-299.
13. Badigannavar A., Myers G. O. Genetic diversity, population structure and marker trait associations for seed quality traits in cotton (*Gossypium hirsutum*) // Journal of Genetics. 2015. V. 94. № 1. P. 87-94.
14. Dhamayanathi K. P. M., Manickam S. Genetic variability in cotton (*Gossypium barbadense*) genotypes for seed cotton yield and its yield components // Indian Journal of Agricultural Sciences. 2011. V. 81. № 6. P. 560-562.
15. Dhamayanathi K. P. M., Manickam S. Genetic variability in cotton (*Gossypium barbadense*) genotypes for seed cotton yield and its yield components // Indian Journal of Agricultural Sciences. 2011. V. 81. № 6. P. 560-562.
16. Effect of cotton-seed biocidal peptides and gossypol on resistance to biotic factors / R. S. Abdurakhimov [et al.] // Chemistry of Natural Compounds. 2009. V. 45. № 2. P. 213-216.

Conclusions. It is possible to increase seed productivity by holding two chasing per season, which increases the output of seeds from a unit of area. To provide plants with batteries, we recommend the use of leaf-fed complex fertilizers of the new generation containing amino acids and other biologically active substances. The best characteristics among the drugs studied is "Izabion"

References

1. Agrotechnological assessment of the studied complex interlinear hybrids F1 - F2 for the total number of boxes in cotton plants / A. S. Ovchinnikov [et al.] // Eurasian Union of scientists. 2015. No. 11-3 (20). Pp. 16-19.
2. Auezov O. P., Aitmuratov M. T., Pasiev B. A. Analysis of ways to accelerate the maturation of the cotton crop and directions for their improvement // Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: Science and higher professional education. 2013. № 2 (30). Pp. 14-17.
3. Influence of the growth regulator florigon on the growth, development and yield of cotton / E. R. Kurbanova [et al.] // Agrochemistry. 2019. No. 6. Pp. 27-33.
4. Study of callus formation and morphogenesis of cotton of the "Turkistan" variety in culture in vitro / Sh. A. Manabayeva [et al.] // Biotechnology. Theory and practice. 2013. No. 4. Pp. 68-73.
5. Kochetkova O. V., Podkovyrov I. Yu. Formalization and analysis of technological processes of primary processing of raw cotton // Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: Science and higher professional education 2018. No. 3 (51). P. 291-300.
6. Niyazaliev B. I., Rayimberdiev Kh. Influence of application of nitrocalcium phosphate fertilizer (ncfc) on the assimilation of nutrients by cotton // Actual problems of modern science. 2018. № 2 (99). Pp. 66-69.
7. Novruzova G. H. Influence of fertilizers on cotton fiber productivity // Bulletin of science and practice. 2019. Vol. 5. No. 9. Pp. 227-233.
8. Rational use of feed resources and feeding of farm animals in Tajikistan / F. M. Rajabov [et al.] // Proceedings of the Orenburg state agrarian University. 2019. No. 2 (76). Pp. 218-221.
9. Tokareva N. D., Shakhmedova G. S., Tokarev N. A. Influence on cotton plant productivity of standing density, sowing time and mineral fertilizer system in irrigated conditions of the Astrakhan region // Theoretical and applied problems of agro industrial complex. 2013. No. 3 (16). P. 16-19.
10. Functional modeling of cotton growing processes / A. S. Ovchinnikov [et al.] // Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: Science and higher professional education. 2017. № 3 (47). P. 258-266.
11. Khodjaev T. A. Improving the sowing qualities of cotton seeds under the influence of neutron irradiation // Izvestiya vuzov Kyrgyzstan. 2015. No. 9. P. 12-12. Economic efficiency of using Biosil in the technology of growing medium-fiber cotton / Yu. L. Abdulloev [et al.] // Bulletin of the Tajik national University. Series of natural Sciences. 2016. No. 1-2 (196). Pp. 295-299.

13. Badigannavar A., Myers G. O. Genetic diversity, population structure and marker trait associations for seed quality traits in cotton (*Gossypium hirsutum*) // Journal of Genetics. 2015. V. 94. № 1. P. 87-94.

14. Dhamayanathi K. P. M., Manickam S. Genetic variability in cotton (*Gossypium barbadense*) genotypes for seed cotton yield and its yield components // Indian Journal of Agricultural Sciences. 2011. V. 81. № 6. P. 560-562.

15. Dhamayanathi K. P. M., Manickam S. Genetic variability in cotton (*Gossypium barbadense*) genotypes for seed cotton yield and its yield components // Indian Journal of Agricultural Sciences. 2011. V. 81. № 6. P. 560-562.

16. Effect of cotton-seed biocidal peptides and gossypol on resistance to biotic factors / R. S. Abdurakhimov [et al.] // Chemistry of Natural Compounds. 2009. V. 45. № 2. P. 213-216.

Author's Information

Podkovyrov Igor Yuryevich, Head of the Department of Gardening and Plant Protection at Volgograd State Agricultural University (RF 400002 Volgograd, PrUnitsievsky ,26), Associate Professor, agrosad@inbox.ru

Ermak Dmitry Yuryevich, PhD student in the Department of Horticulture and Plant Protection at Volgograd State Agricultural University (RF 400002 Volgograd, University Of <https://orcid.org/0000-0003-1701-7290>, Ermak-Family@yandex.ru <https://orcid.org/0000-0003-1701-7290>

Информация об авторах

Подковыров Игорь Юрьевич, заведующий кафедрой «Садоводство и защита растений» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ 400002 г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доцент, agrosad@inbox.ru

Ермак Дмитрий Юрьевич, аспирант кафедры «Садоводство и защита растений» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ 400002 г. Волгоград, пр-т Университетский, 26) <https://orcid.org/0000-0003-1701-7290>, Ermak-Family@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-18

THE INFLUENCE OF THE INSOLATION PROCESS ON THE BIOPRODUCTIVITY OF SEED PHYTOCENOSES IN THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION

S.Yu. Turko¹, K.Yu. Trubakova¹, V.P. Voronina²

¹*Federal Research Centre of Agroecology, amelioration and protective afforestation
of Russian Academy of Sciences, Volgograd*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 11.01.2021

Submitted 10.03.2021

Summary

The article shows the relationship between the process of insolation and plant bioproductivity. The action of this process is considered in detail and mathematically described on the example of the object of the former Experimental-production farm «Kachalinskoe» (village 48.647655, h. 44.437225) in the Volgograd region. As a result, it was found that the dependence of the productive component on the light load in the plant community requires finding an optimum in the ratio of these values.

Abstract

The Relevance of research is to study the features of the influence of the insolation process on the biological productivity of seeded phytocenoses in the conditions of the Volgograd region. **The main goal** of the study is to find the optimum in the ratio between the productive component and the light load in the plant community. **Materials and methods.** The authors used observation materials from the site of the former experimental production farm «Kachalinskoe» (north latitude 48.647655, east longitude 44.437225) and modern approaches to processing experimental data. **Results and conclusion.** Solar activity has a direct impact on the formation of plant biomass. The passage of a light beam into the depths of the vegetation cover more strongly activates the photosynthetic process. The formation of organic matter depends on the

area of the assimilating apparatus, on the formed aboveground phytomass. The optical density coefficient for a particular plant depends only on the duration of the growing season (on the total value of the light load). There are two values of this coefficient – at the beginning and at the end of the growing season. At the beginning of the growing season, there is enough light for the plants to absorb, but the receiving surface is not enough. At the end of the growing season, the opposite is true. Hence, we get two vectors of the biological process. At the beginning, the vegetation process is inhibited due to the lack of perceived surface, and at the end – due to weak light activity, an optimum is required. The coefficient values vary from 0.01 to 0.33 for the Volgograd region. A ray of light undergoes a change when it enters the plant screen. This change is the greater, the denser the vegetation screen (the greater the optical density coefficient). As a result, the dependence of the productive component on the light load in the plant community was determined. On the object under study, the radiation balance (B) was $1.24-1.26 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$, and the photosynthetically active radiation (PAR) is within $0.72-0.75 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$. Radiation balance in expanded form: direct radiation (S) $1.21-1.22$, scattered radiation (D) – $0.34-0.39$, reflected radiation (Rk) $0.32-0.36 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$

Key words: insolation, solar activity, vegetation cover, light load, bioproductivity, phytocenosis.

Citation. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu., Voronina V.P. The influence of the insolation process on the bioproductivity of seed phytocenoses in the conditions of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 182-190 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-18.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in the collection of material, data analysis and writing the manuscript. The authors of the article reviewed and approved the submitted final version.

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

УДК 633.1:551.521.1

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА ИНСОЛЯЦИИ НА БИОПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЯНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

С. Ю. Турко¹, кандидат сельскохозяйственных наук

К. Ю. Трубакова¹, младший научный сотрудник

В. П. Воронина², доктор сельскохозяйственных наук

¹Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 11.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность исследований заключается в изучении особенностей влияния процесса инсоляции на биопродуктивность сеяных фитоценозов в условиях Волгоградской области. **Цель исследования** сводится к нахождению оптимума в соотношении между продуктивной составляющей и световой нагрузкой в растительном сообществе. **Материалы и методы.** Были использованы материалы наблюдений, полученные на объекте – бывшем ОПХ «Качалинское» (с.ш. 48.647655, в.д. 44.437225), а также современные подходы обработки экспериментальных данных. **Результаты и выводы.** Солнечная активность оказывает непосредственное влияние на формирование биомассы растений. Прохождение светового потока в глубину растительного покрова сильнее активизирует работу фотосинтетического процесса. Интенсивность образования органического вещества зависит от площади ассимилирующего аппарата, т.е. от сформированной надземной фитомассы. Коэффициент оптической плотности ($K_{оп}$) для конкретного растения зависит лишь от продолжительности вегетационного периода (от суммарной величины световой нагрузки). Существует два значения $K_{оп}$ – в начале и в конце вегетации. В начале вегетации света для поглощения растениями достаточно, а принимающей поверхности не хватает. В конце вегетации – наоборот. Отсюда получаем два вектора биологического процесса. Вначале вегетационный процесс тормозится из-за нехватки воспринимаемой поверхности, а в конце – из-за слабой све-

товой активности необходим оптимум. Для Волгоградской области $K_{оп}$ варьируются от 0,01 до 0,33. При попадании в растительный экран световой поток претерпевает изменение. Это изменение тем больше, чем плотнее растительный экран (больше коэффициент оптической плотности – $K_{оп}$). В результате исследования определена зависимость продуктивной составляющей от световой нагрузки в растительном сообществе. На исследуемом объекте радиационный баланс (В) составил 1,24-1,26 кал/см²·мин., а ФАР лежит в пределах 0,72-0,75 кал/см²·мин. Радиационный баланс в раскладке выглядит следующим образом: прямая радиация (S) – 1,21-1,22, рассеянная радиация (D) – 0,34-0,39, отраженная радиация (R_k) – 0,32-0,36 кал/см²·мин.

Ключевые слова: инсоляция, сеяные фитоценозы, растительный покров, световая нагрузка, биопродуктивность фитоценозов.

Цитирование. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Воронина В. П. Влияние процесса инсоляции на биопродуктивность сеяных фитоценозов в условиях Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2021. 1 (61). 182-190. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-18.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в сборе материала, анализе данных и написании рукописи. Авторы статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Открытие процесса фотосинтеза – это эволюционный прорыв, который расширил познания в области биологии и раскрыл значение биологической активности растений, ее экологической роли и способов оценки в экосистемах. Действие процесса напрямую зависит от двух составляющих: солнечной радиации (световой нагрузки) и площади приема. Установлено, что существует связь между ежегодными колебаниями урожайности сельскохозяйственных культур и различными вариациями солнечной активности [8]. Показатель солнечной радиации существенно меняется, проходя через верхнюю кромку в полог насаждений. По мере удаления плотность светового потока уменьшается [3, 9]. Уменьшение пропускания этого потока с глубиной полога связано с увеличением листовой поверхности по глубине, которая выражается коэффициентом экстинкции, т.е. на уровне 0-h, средняя величина световой нагрузки будет тем больше, чем меньше высота и плотность растений в сообществе [4, 5]. Плотность травостоя зависит от степени развития листового аппарата растений. Векторы изменения световой нагрузки и площади листового аппарата полярны, что позволяет выдвинуть теорию условной вероятности одновременно их влияния и предполагает наличие оптимума в соотношении света и листовой поверхности для максимальной продуктивности растений. Отметим, что с изменением световой нагрузки изменяется и процесс фотосинтеза [1].

В результате исследований проведен расчёт оптимального соотношения факторов, определяющих продуктивность травостоя как за вегетационный период, так и по отдельным годам. Это относится не только к свету, но и к влагообороту. В начале вегетации листовой аппарат слаборазвит и почвенная влага уходит в атмосферу через физическое испарение. По мере увеличения площади листа начинается транспирационный влагообмен, который определяет продуктивность растений. Физическое испарение из-за увеличения плотности растительного экрана уменьшается [11]. Одна из составляющих влагообмена уменьшается, другая возрастает, что говорит о наличии определенного оптимума.

Фитопродуктивность растений – комплексный показатель, который рассчитывается как прирост растительной массы на единицу площади. Она зависит от свойств питательной среды, погодных условий, запасов влаги в почве с учётом ее расходования в период вегетации [2, 7, 12]. Световой поток оказывает влияние на фитопродуктивность лишь через температурный режим.

В работе [10], исследуя ажурность лесных полос, определяют фитопродуктивность по суммарной ширине крон. Удельная прозрачность и у однорядных, и у многорядных лесонасаждений практически одинакова и зависит от видового состава растительного сообщества и его отношения к свету [6].

Материалы и методы. Были использованы материалы наблюдений, полученные на объекте – бывшем ОПХ «Качалинское» (с.ш. 48.647655, в.д. 44.437225), а также применена современная обработка экспериментальных данных для определения влияния инсоляционного процесса на биопродуктивность сеяных фитоценозов.

Результаты и обсуждение. Принято считать, что коэффициент оптической плотности ($K_{оп}$) для конкретного растения зависит лишь от продолжительности вегетационного периода (от суммарной величины световой нагрузки). Существует два значения $K_{оп}$ – в начале и в конце вегетации. В начале вегетации света для поглощения растениями достаточно, а принимающей поверхности площади листьев не хватает. В конце вегетации – наоборот. Отсюда получаем два вектора биологического процесса. В начале вегетационный процесс тормозится из-за нехватки воспринимаемой поверхности, а в конце – из-за слабой световой активности, т.е. необходимо определить оптимум.

Для Волгоградской области $K_{оп}$ варьируется от 0,01 до 0,33. При попадании в растительный экран световой поток претерпевает изменение. Это изменение тем больше, чем плотнее растительный экран (больше коэффициент оптической плотности – $K_{оп}$). Роль света в фитоценозе определяется растительным сообществом и человеком как хозяйствующим субъектом. Определяя световую нагрузку в растительном сообществе допускается: использовать неэлементарные точечные значения световой нагрузки, а средние – по всему экрану; пространство растительного экрана считается анизотропным, т.е. $K_{оп}$ не зависит от пространственных координат; изменение световой нагрузки в растительном экране считается пропорциональным прозрачности экрана.

Существуют два варианта описания прозрачности растительного экрана. Один из них взят за основу, т.к. отвечает краевым условиям:

$$\varphi_s = \left(1 - K_{оп} \ln \left(\frac{X + B}{B} \right) \right), \quad (1)$$

где φ_s – прозрачность растительного экрана (в долях); X – зона проникновения света в растительный экран; B – коэффициент для растительного экрана принят за 1 ед.

Второй подход имеет зависимость вида:

$$\varphi_s = e^{-KX}, \quad (2)$$

где K – коэффициент, учитывающий плотность экрана; X – глубина проникновения света в растительный экран, см.

С учетом вышеотмеченных допущений и принятой зависимости прозрачности экрана световая нагрузка в растительном экране рассчитывается по формуле:

$$I_{cp} = \frac{1}{h} \int_0^h I_0 [1 - K_{оп} \ln(X + 1)] dx, \quad (3)$$

где I_0 – плотность светового потока на подходе к растительному экрану, за вегетацию; X – глубина проникновения света в растительный экран, см; h – высота растительного экрана, см; $K_{оп}$ – оптическая плотность растительного экрана.

Решение данного уравнение и учет граничных условий позволяет получить уравнение вида:

$$I_{cp} = I_0 \left\{ 1 - K_{оп} \left[\frac{h+1}{h} \ln(h+1) - 1 \right] \right\}, \quad (4)$$

где I_{cp} – среднее значение световой нагрузки в растительном сообществе с высотой h , см.

Определили компоненту, влияющую на фитопродуктивность растений. Необходимо определить величину, воспринимающую эту нагрузку надземной фитомассой. Она, как и световой поток, связана с коэффициентом оптической плотности растительного экрана и зависит от свойств самого растительного сообщества и от световой нагрузки данной территории, а также от условий произрастания. Необходимо раскрыть коэффициент $K_{оп}$. Выразим продуктивную составляющую, которая пропорциональна произведению света и удельной площади, его воспринимающей:

$$q_p = I_{cp} \cdot K_{оп},$$

где q_p – биомасса, формирующаяся в растительном сообществе.

Аналогичную схему используют для расчета фитопродуктивности злаковых культур, только вместо $K_{оп}$ рассчитывают коэффициент использования световой нагрузки – $K_{фАР}$:

$$q_p = \frac{I_{cp} \cdot K_{фАР}}{100 \cdot K_p}, \quad (5)$$

где I_{cp} – плотность световой нагрузки за вегетацию, ккал/га; q_p – биологическая продуктивная составляющая, ц/га; K_p – калорийность 1 кг растений, ккал/га; $K_{фАР}$ – коэффициент использования света.

В данной зависимости $K_{фАР}$ равен 2,5 %, но исследования доказывают, что этот показатель зависит от условий места и года произрастания растений. Величина I_{cp} также зависит от прозрачности растительного экрана, поскольку здесь нет сомкнутого экрана, т. к. он играет немаловажную роль. Немного усовершенствовав зависимость путем введения I_{cp} и коэффициента N_y , получаем:

$$q_p = \frac{I_{cp} \cdot K_{фАР} \cdot N_y}{100 \cdot K_p},$$

$$\text{где } N_y = \left[1 - b_1 \left(\frac{\Delta T}{T_{онм}} \right) \right]^2 \left[1 - b_2 \left(\frac{\Delta W}{W_{онм}} \right)^2 \right] \left[\frac{N}{N_{онм}} \cdot \frac{P}{P_{онм}} \cdot \frac{K}{K_{онм}} \right]^m, \quad (6)$$

где N_y – коэффициент куртинности; ΔT , ΔW – отклонение температуры воздуха и влагозапасов в почве от оптимальных значений – $\Delta T_{опт}$ и $\Delta W_{опт}$; N , P , K – фактическое содержание в почве азота, фосфора и калия; $N_{опт}$, $P_{опт}$, $K_{опт}$ – оптимальное содержание азота, фосфора и калия.

Проблема сводится к поиску значений по годам коэффициента N_y . Ее трудно решить из-за вариабельности в вегетационный период всех входящих в формулу 6 показателей. Выразим роль света в продуктивной составляющей. Необходимо три показателя $K_{оп}$ и три варианта h растений. Опираясь на аллометрический закон роста, который говорит о связи между $K_{оп}$ и h , рассчитаем:

$$\frac{dK_{оп}}{dh} = \psi_1, \quad (7)$$

где ψ_1 – коэффициент пропорциональности.

Решение этого уравнения и использование граничных условий позволят получить зависимость:

$$K_{\text{оп}} = 0,004h \text{ и } h = 250 \cdot K_{\text{оп}}. \quad (8)$$

$K_{\text{оп}}$ равно 0,1; 0,15 и 0,2. Высота растений (h) составляет 25; 37,5; 50 см. q_p соответственно будет равным 0,0794 I_0 ; 0,08817 I_0 и 0,0796 I_0 . Следовательно, при $K_{\text{оп}} = 0$ и $K_{\text{оп}} = 0,339$ получим нулевое значение q_p . В первом случае из-за $K_{\text{оп}} = 0$, во втором из-за $I_0 = 0$.

По полученным данным можно судить о зависимости продуктивной составляющей от световой нагрузки в растительном сообществе, график имеет параболический характер и один максимум (рисунок 1).

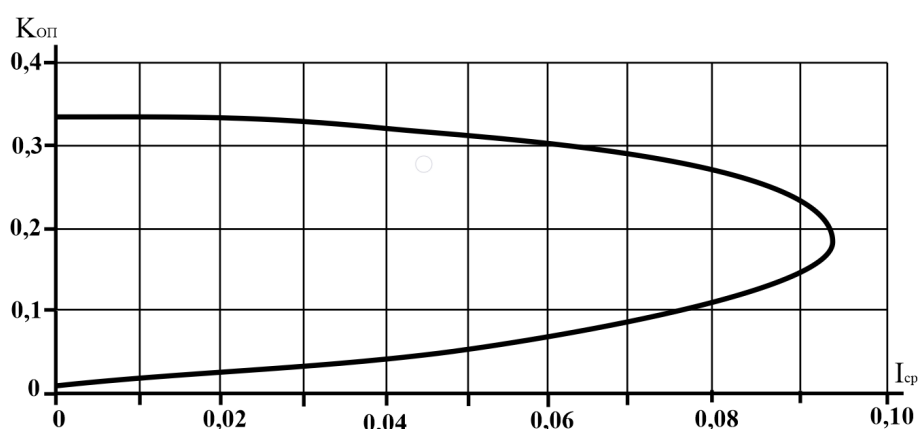


Рисунок 1 – Зависимость продуктивной составляющей от коэффициента оптической плотности растительного сообщества ($K_{\text{оп}}$):

$I_{\text{сп}}$ – световая нагрузка за вегетацию в Волгоградской области

Figure 1 – Dependence of the productive component on the coefficient of optical density of the plant community ($K_{\text{оп}}$)

$I_{\text{сп}}$ – light load for the growing season in the Volgograd region

На исследуемом объекте радиационный баланс (B) составлял 1,24-1,26 кал/см²·мин., а ФАР лежал в пределах 0,72-0,75 кал/см²·мин. Радиационный баланс в раскладке выглядел следующим образом: прямая радиация (S) – 1,21-1,22, рассеянная радиация (D) – 0,34-0,39, отраженная радиация (R_k) – 0,32-0,36 кал/см²·мин (таблица 1).

Таблица 1 – Средние значения радиационного баланса и ФАР на примере посева озимой пшеницы

Table 1 – Average values of radiation balance and photosynthetically active radiation on the example of sowing winter wheat

Показатель / Index	Расстояние от лесной полосы, Н / Distance from the forest strip, Н			
	1,5Н	5Н	10Н	3Н
B , кал/см ² ·мин / cal/sm ² ·min	1,25	1,26	1,25	1,24
S , кал/см ² ·мин / cal/sm ² ·min	1,22	1,21	1,22	1,22
D , кал/см ² ·мин / cal/sm ² ·min	0,39	0,37	0,34	0,34
R_k , кал/см ² ·мин / cal/sm ² ·min	0,36	0,32	0,33	0,32
ФАР, кал/см ² ·мин / Photosynthetically active radiation, cal/sm ² ·min	0,74	0,74	0,72	0,75

Идентификация полевого материала имеет небольшую разницу между модельными и опытными данными (рисунок 2).

Получены расчеты с объекта, который имеет сплошной растительный экран. Растительный покров пастбищ имеет куртинный характер, поэтому следует учитывать степень проективного покрытия. Разница в расчете несколько смещает значение фитопродуктивности. В данном случае коэффициент оптической плотности будет ниже и рассчитывается по формуле:

$$K_{ОП.П} = K_{пок} \cdot K_{ОП.К}, \quad (9)$$

где $K_{ОП.П}$, $K_{ОП.К}$ – коэффициенты оптической плотности для пастбища; $K_{пок}$ – коэффициент проективного покрытия (в долях 1 ед.); K – куртины на пастбище.

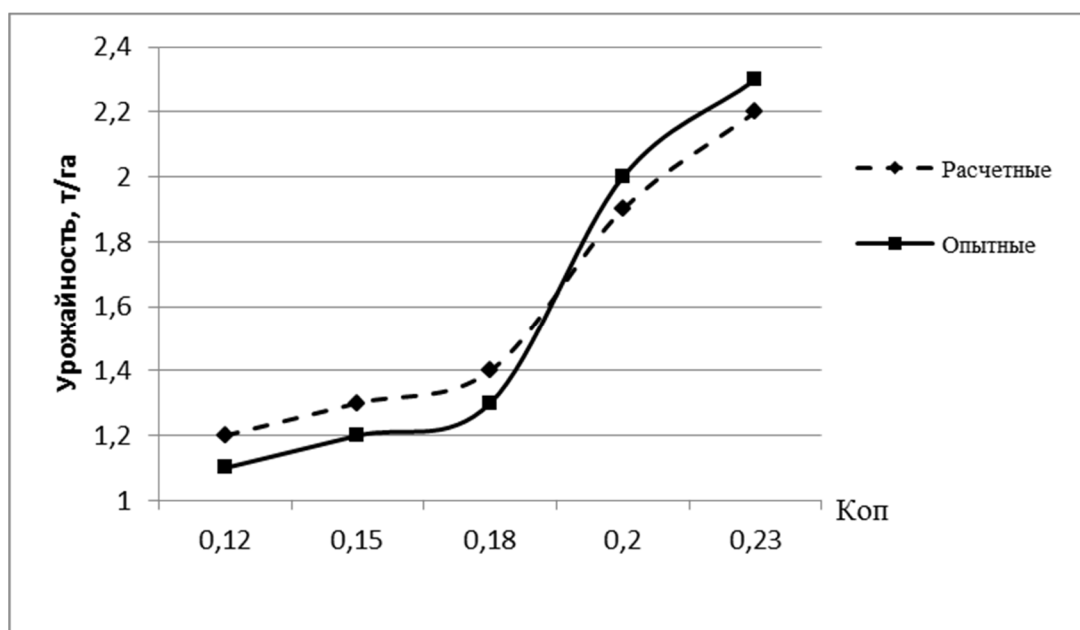


Рисунок 2 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (т/га) от коэффициента оптической плотности растительного экрана, $K_{оп}$

Figure 2 – Dependence of the yield of winter wheat (t/ha) on the coefficient of optical density of the plant screen, $K_{оп}$

Выводы. Солнечная активность непосредственно влияет на формирование биомассы растений. Фотосинтетическая активность растений напрямую зависит от проникновения светового потока сквозь растительный покров. Интенсивность образования органического вещества зависит от площади ассимилирующего аппарата (надземная фитомасса).

Оптимальные природно-климатические условия для роста растений не всегда есть фактор положительный. Сильно плотные посевы могут оказать отрицательное влияние на развитие биомассы. В этом случае предложение (световая нагрузка) не будет соответствовать спросу (площадь приема этой световой нагрузки). Необходимо стремиться к оптимуму этого соотношения.

Радиационный максимум достиг $1,26 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$, ФАР – $0,75 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$ Прямая радиация лежит в пределах $1,21-1,22$, рассеянная радиация – $0,34-0,39$, отраженная радиация $0,32-0,36 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{мин.}$ Коэффициент снижения радиации с учетом куртинности покрытия должен быть не более $0,25$. Коэффициент $K_{ФАР}$ должен быть приближенным к 1. В этом случае будет использоваться световая радиация (ФАР) около $2,5 \%$.

Благодарность. Авторы выражают глубокую признательность доктору сельскохозяйственных наук Васильеву Юрию Ивановичу за оказанную помощь в обработке экспериментальных данных.

Библиографический список

1. Буянкин Н. И., Красноперов А. Г., Федорова З. Н. Оптимальные сроки летних посевов средообразующих культур в зависимости от высоты солнцестояния и количества осадков // Агро-ЭкоИнфо. 2015. № 3 (19). С. 2.
2. Васильев Ю. И., Волошенкова Т. В., Овечко Н. Н. Методология прогноза варьирования урожая зерновых культур в агролесоландшафте в связи с нестабильностью климатических характеристик // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 4. С. 54-57.
3. Молчанов А. Г. Изменчивость световых кривых фотосинтеза некоторых древесных пород // Лесоведение. 2015. № 1. С. 20-26.
4. Молчанов А. Г. Физиологические исследования древесных растений // Лесохозяйственная информация. 2019. № 4. С. 23-31.
5. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. В.: ВНИАЛМИ, 2017. 333 с.
6. Турбина И. Н., Кукуричкин Г. М. Изменения пигментного комплекса древесных растений в условиях интродукции // Естественные и технические науки. 2018. № 11 (125). С. 42-43.
7. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Интенсивность формирования травостоя на имитационных моделях пастбищ различного сезона использования // Аграрный вестник Урала. 2020. № 11 (202). С. 37-44.
8. Турко С. Ю., Трубакова К. Ю. Долгосрочный прогноз погодных условий как инструмент планирования стабильного роста и развития растений на пастбище // Известия НВ АУК. 2020. № 4 (27). С. 42-47.
9. Cosmic rays, solar activity, and changes in the earth's climate / Y. I. Stozhkov [et al.] // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2017. V. 81. № 2. P. 252-254.
10. Rosati A., Wolz K. J., Shibu J. Modeling light below tree canopies overestimates net photosynthesis and radiation use efficiency in understory crops by averaging light in space and time // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. Vol. 284. P. 107892.
11. Shary P. A., Sharaya L. S., Lysenko T. M. Influence of Solar Radiation on the Distribution of Halophytes in Plant Communities // Russ J Ecol. 2020. Vol. 51. P. 329-336.
12. The contribution of spike photosynthesis to wheat yield needs to be considered in process-based crop models / Meng Zhangab [et al.] // Field Crops Research. 2020. Vol. 257. P. 107931.

Conclusions. Solar activity affects the formation of plant biomass. The photosynthetic activity of plants depends on the penetration of the light beam into the vegetation cover. The intensity of the formation of organic matter depends on the area of the assimilating apparatus (the above-ground phytomass). Optimal climatic conditions for plant growth are not always a positive factor. Highly dense crops can have a negative role in the development of biomass. It is necessary to strive to find the optimum. The radiation maximum was 1.26 cal/cm² · min., photosynthetically active radiation (PAR) – 0.75 cal/cm² · min. Direct radiation lies in the range of 1.21-1.22, scattered radiation – 0.34-0.39, reflected radiation 0.32-0.36 cal/cm² · min. The radiation reduction factor, taking into account the curtain of the coating, should be no more than 0.25. The coefficient PAR should be close to 1. In this case, light radiation (PAR) of about 2.5% will be used.

References

1. Buyankin N. I., Krasnoperov A. G., Fedorova Z. N. Optimal'nye sroki letnih posevov sredoobrazuyuschih kul'tur v zavisimosti ot vysoty solncestoyaniya i kolichestva osadkov // Agro-jekoInfo. 2015. № 3 (19). P. 2.

2. Vasil'ev Yu. I., Voloshenkova T. V., Ovechko N. N. Metodologiya prognoza var'irovaniya urozhaya zernovykh kul'tur v agrolesolandshafte v svyazi s nestabil'nost'yu klimaticheskikh harakteristik // Doklady Rossijskoj akademii sel'skohozyajstvennykh nauk. 2013. № 4. P. 54-57.
3. Molchanov A. G. Izmenchivost' svetovykh krivyyh fotosinteza nekotorykh drevesnykh porod // Lesovedenie. 2015. № 1. P. 20-26.
4. Molchanov A. G. Fiziologicheskie issledovaniya drevesnykh rastenij // Lesohozyajstvennaya informaciya. 2019. № 4. p. 23-31.
5. Sazhin A. N., Kulik K. N., Vasil'ev Yu. I. Pogoda i klimat Volgogradskoj oblasti. V.: VNIALMI, 2017. 333 p.
6. Turbina I. N., Kukurichkin G. M. Izmeneniya pigmentnogo kompleksa drevesnykh rastenij v usloviyakh introdukcii // Estestvennye i tehnicheckie nauki. 2018. № 11 (125). P. 42-43.
7. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Intensivnost' formirovaniya travostoya na imitacionnykh modelyakh pastbishch razlichnogo sezona ispol'zovaniya // Agrarnyj vestnik Urala. 2020. № 11 (202). P. 37-44.
8. Turko S. Yu., Trubakova K. Yu. Dolgosrochnyj prognoz pogodnykh uslovij kak instrument planirovaniya stabil'nogo rosta i razvitiya rastenij na pastbische // Izvestiya NV AUK. 2020. № 4 (27). P. 42-47.
9. Cosmic rays, solar activity, and changes in the earth's climate / Y. I. Stozhkov [et al.] // Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2017. V. 81. № 2. P. 252-254.
10. Rosati A., Wolz K. J., Shibu J. Modeling light below tree canopies overestimates net photosynthesis and radiation use efficiency in understory crops by averaging light in space and time // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. Vol. 284. P. 107892.
11. Shary P. A., Sharaya L. S., Lysenko T. M. Influence of Solar Radiation on the Distribution of Halophytes in Plant Communities // Russ J Ecol. 2020. Vol. 51. P. 329-336.
12. The contribution of spike photosynthesis to wheat yield needs to be considered in process-based crop models / Meng Zhangab [et al.] // Field Crops Research. 2020. Vol. 257. P. 107931.

Author's Information

Turko Svetlana Yuryevna, researcher of the laboratory of forest reclamation and forestry problems of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), candidate of agricultural sciences tel. 89610643117, e-mail: turkosvetlana73@mail.ru

Trubakova Karine Yuryevna, junior researcher of the laboratory of molecular selection of Federal Research Centre of agroecology, amelioration and protective afforestation of Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky av., 97), tel. 89275375992, e-mail: trubakova.karine@mail.ru

Voronina Valentina Pavlovna, Professor at the Department «Agroecology and landscapes afforestation amelioration» Volgograd state agrarian university (26, Universitetskiy prospect, Volgograd, Russia, 400002), Doctor of Agricultural Sciences. e-mail: v.p.voronina@mail.ru

Информация об авторах

Турко Светлана Юрьевна, научный сотрудник лаборатории лесной мелиорации и лесохозяйственных проблем ФНИЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат с.-х. наук, тел. 89610643117. E-mail: turkosvetlana73@mail.ru

ORCID: orcid.org/0000-0002-2546-4755. **Web of Science Researcher ID:** W-4139-2018

РИНЦ: SPIN-код: 1085-5263, AuthorID: 185088

Трубакова Каринэ Юрьевна младший научный сотрудник лаборатории молекулярной селекции ФНИЦ агроэкологии РАН (РФ, 400063, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат с.-х. наук, тел. 89275375992. E-mail: trubakova.karine@mail.ru. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0002-0528-3367

Web of Science Researcher ID: W-3961-2018. **РИНЦ:** SPIN-код: 4517-0563, AuthorID: 934885

Воронина Валентина Павловна, профессор кафедры «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук.

E-mail: v.p.voronina@mail.ru. **ORCID:** http://orcid.org/0000-0002-3441-5314

WATER CONSUMPTION OF TABLE VARIETIES OF GRAPES DEPENDING ON ROOT FOOD IN THE CONDITIONS OF THE NORTH-WESTERN CASPIAN REGION

E.V. Polukhina¹, M.V. Vlasenko²

¹ Federal Public Budget Scientific Institution

«Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»

Astrakhan Region, Chernoyarsky district, the village of Salty Zaymishche

² Federal State Budget Scientific Institution

«Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences», Volgograd

Received 02.10.2020

Submitted 03.02.2021

Abstract

Introduction. The use of new water-soluble fertilizers in chelated form has not yet become widespread due to their poor knowledge. In this regard, the study of the effect of these drugs on the passage of the main processes of life of grapes in the arid conditions of the North-Western Caspian region is relevant. **Object.** The object of research was table grape varieties of different ripening periods (Codryanka, Moskovsky, Rizamat) grown on light chestnut soils of the Vineyard of the Federal Public Budget Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» Astrakhan Region, Russia. **Materials and methods.** The purpose of the research is to study economically valuable characteristics of table grape varieties depending on foliar nutrition with Plantafol and Boroplus fertilizers in irrigated conditions of the North-Western Caspian region. The analysis of meteorological conditions was carried out according to the data of the meteorological station with Black Yar. The evaporation rate of soil moisture was calculated using the formula of N.N. Ivanova. The actual water consumption for the production of 1 ton of grapes was estimated by the coefficient of water consumption. **Results and conclusion.** The efficiency of irrigation water use increases from control to joint application of foliar dressings in all three varieties. This pattern can be traced over the years and on average over three years. The water consumption coefficient in the control was: for the Kodryanka variety 783.6 m³/t, for the Rizamat variety – 846.3 m³/t, for the Moskovsky variety – 758.9 m³/t. The use of Plantafol fertilizer reduced water consumption by 1 ton of crop for the Kodryanka variety to 609.0 m³/t, for the Rizamat variety – up to 546.4 m³/t, for the Moskovsky variety – up to 511.5 m³/t. When using the Boroplus fertilizer, the water consumption coefficient for the Kodryanka variety decreased to 454.1 m³/t, for the Rizamat variety – up to 406.9 m³/t, for the Moskovsky variety – up to 427.5 m³/t. The minimum indicator was noted with the joint use of Plantafol and Boroplus: for the Kodryanka variety – 363.2 m³/t, Rizamat – 361.4 m³/t, Moskovsky – 374.2 m³/t.

Key words: precipitation, moisture deficit, air temperature, total water consumption, water consumption coefficient, grapes.

Citation. Polukhina E.V., Vlasenko M.V. Water consumption of table varieties of grapes depending on root food in the conditions of the North-Western Caspian region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 191-203 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-19.

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

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

УДК 634.8

**ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ СТОЛОВЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НЕКОРНЕВОГО ПИТАНИЯ
В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ****Е. В. Полухина**¹, кандидат сельскохозяйственных наук**М. В. Власенко**², кандидат сельскохозяйственных наук¹ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук,
Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище²ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 02.10.2020

Дата принятия к печати 03.02.2021

Актуальность. Применение новых водорастворимых удобрений в хелатной форме еще не получило широкого распространения ввиду их слабой изученности. В связи с этим изучение влияния этих препаратов на прохождение основных процессов жизнедеятельности винограда в аридных условиях Северо-Западного Прикаспия актуально. **Объектом исследований** являлись столовые сорта винограда разного срока созревания (Кодрянка, Московский, Ризамат), выращиваемые на светло-каштановых почвах виноградника ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». **Материалы и методы.** Цель исследований – изучение хозяйственно-ценных признаков столовых сортов винограда в зависимости от некорневого питания удобрениями Плантафол и Бороплюс в орошаемых условиях Северо-Западного Прикаспия. Анализ метеорологических условий проводился по данным метеопоста с. Черный Яр. Испаряемость почвенной влаги рассчитывалась по формуле Н. Н. Иванова. Фактический расход воды на получение 1 т винограда оценивался коэффициентом водопотребления. **Результаты и выводы.** Эффективность использования поливной воды возрастает от контроля до совместного применения некорневых подкормок у всех трех сортов. Эта закономерность прослеживается по годам и в среднем за три года. Коэффициент водопотребления на контроле составил у сорта Кодрянка – 783,6 м³/т, у сорта Ризамат – 846,3 м³/т, у сорта Московский – 758,9 м³/т. Использование удобрения Плантафол снизило расход воды на 1 т урожая у сорта Кодрянка до 609,0 м³/т, у сорта Ризамат – до 546,4 м³/т, у сорта Московский – до 511,5 м³/т. При использовании удобрения Бороплюс коэффициент водопотребления у сорта Кодрянка снизился до 454,1 м³/т, у сорта Ризамат – до 406,9 м³/т, у сорта Московский – до 427,5 м³/т. Минимальный показатель отмечен при совместном использовании Плантафола и Бороплюса: у сорта Кодрянка – 363,2 м³/т, Ризамат – 361,4 м³/т, Московский – 374,2 м³/т.

Ключевые слова: некорневое питание винограда, суммарное водопотребление винограда, коэффициент водопотребления, столовые сорта винограда.

Цитирование. Полухина Е. В., Власенко М. В. Водопотребление столовых сортов винограда в зависимости от некорневого питания в условиях Северо-Западного Прикаспия. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 191-203. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-19.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Концепция устойчивого развития агропромышленного комплекса направлена на усиление научного обеспечения и внедрение инновационных разработок, особенно по повышению и сохранению плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур [3, 16, 18, 26-28, 30]. Важнейшим аспектом применения современных технологий в условиях орошения при недостаточном естественном увлажнении Северо-Западного Прикаспия является их почвозащитная функция, уменьшающая переуплотнение почв и подверженность водной эрозии и дефляции. Обязательными условиями при этом являются возделывание адаптированных сортов и применение удобрений [8, 12, 25, 29].

Водообеспеченность – один из основных и важнейших критериев оценки не только урожайности, но и существования винограда в условиях недостаточного естественного увлажнения [6, 9, 15]. Виноград по отношению к влажности почвы является влаголюбивым мезофитом. При достаточно высокой его устойчивости к засухе он хорошо реагирует на проведение вегетационных поливов, которые способствуют более активному функционированию растений даже в аридных условиях, значительно увеличивают урожаи в 1,5-2,0 раза [1, 1, 24]. Орошение в этих условиях является одним из основных факторов интенсификации подотрасли. Режим орошения виноградника основывается на биологических потребностях виноградных растений по фазам вегетации с учетом условий зоны возделывания (климат, почвенные разности, влагоемкость, гранулометрический состав и физические свойства почвы, возраст насаждений, величина и направленности использования урожая) [7, 19-22, 24].

Эффективность возделывания винограда в Северо-Западном Прикаспии зависит как от правильно спланированной системы орошения, так и от применения новых агроприемов минерального питания. Такими приемами являются некорневые подкормки водными растворами специальных комплексных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы в необходимом количестве. Для засушливых условий Прикаспийского региона это очень действенный и необходимый прием интенсификации виноградарства, значительно повышающий урожайность и качество получаемой продукции, а также снижающий негативное действие стресс-факторов. Однако при современном ведении культуры винограда агропроизводители в большей степени придерживаются традиционных приемов выращивания на основе классического минерального питания, а применение новых водорастворимых удобрений в хелатной форме еще не получило широкого распространения ввиду их слабой изученности [24]. В связи с этим возникла необходимость изучения влияния этих водорастворимых удобрений на прохождение основных ростовых и продукционных процессов винограда в аридных условиях Северо-Западного Прикаспия, что делает это направление исследований очень востребованным и актуальным.

Материалы и методы. Цель исследований – изучение хозяйственно-ценных признаков столовых сортов винограда в зависимости от некорневого питания удобрениями Пантафол и Бороплюс в орошаемых условиях Северо-Западного Прикаспия. Методической основой исследований послужили общепринятые методики Б. А. Доспехова, 1985, М. А. Лазаревского, 1963, А. И. Ермакова, 1987.

Исследования проводились на светло-каштановых почвах (виноградник ФГБНУ «ПАФНЦ РАН») в 2015-2019 гг. в полевом двухфакторном опыте по методу «делянка – куст». Культура винограда – укрывная, корнесобственная, орошаемая. Схема размещения кустов – 4,0 × 2,0 м с густотой 1250 шт./га. Формировка кустов – веерная, четырехрукавная.

Фактор А: сорта Кодрянка, Московский, Ризамат.

Фактор В: 1 вариант – контроль (обработка водой), 2 вариант – Пантафол, 3 вариант – Бороплюс, 4 вариант – Пантафол + Бороплюс. Повторность трехкратная, учетных кустов – 144. Обработки с применением некорневого питания проводились по всем вариантам опыта в фазы: перед цветением, в начале цветения, образование ягод, начало созревания и за 15-20 суток до съема урожая. Нормы применения Пантафола в опыте – 3,0 кг/га, Бороплюса – 1,0 л/га, концентрация препаратов – 0,3 и 0,1 %, соответственно. Фоном являлось полное минеральное питание азофоской N₁₆P₁₆K₁₆ из расчета 100 кг/га на одну подкормку дважды за вегетацию.

Вегетационные поливы проводились способом напуска по бороздам и были приурочены к фазам вегетации поливными нормами 500,0-800,0 м³/га. В конце годового биологического цикла (сентябрь – октябрь) ежегодно проводились влагозарядковые поливы в первые три сезона поливными нормами 1200,0-1400,0 м³/га, в последующем – 1500 м³/га.

Анализ метеорологических условий, сложившихся за годы исследований, проводился на основании данных метеопоста с. Черный Яр, находящегося в 16 км от плодового сада, где был заложен полевой опыт. Все показатели представлены за годичный биологический цикл с октября по сентябрь включительно, что является биологической особенностью культуры винограда.

Испаряемость почвенной влаги в зоне недостаточного увлажнения рассчитывалась по эмпирической формуле Н.Н. Иванова в интерпретации для поверхности почвы [21]:

$$E = 0,0018(18 + t)^2 \cdot (100 - a),$$

где E – слой испарившейся воды с поверхности почвы, мм/месяц; t – среднемесячная температура воздуха, °C; a – среднемесячная относительная влажность воздуха, %.

Регулирование водного режима почвы на базе расчетных методов отображает динамичность процессов в системе: почва – растение – атмосфера [4, 5, 26]. Водопотребление определяли экспериментально и на основе уравнения водного баланса в результате многолетних наблюдений за осадками, запасами влаги в почве, потерями воды и т. д. Максимальное повышение урожайности культур при уменьшении коэффициента водопотребления даёт сочетание орошения с высокой агротехникой, применением удобрений.

Расход воды оценивался коэффициентом водопотребления, который отражает суммарный расход воды культурой за вегетационный период на формирование единицы продукции (в том числе расход воды на транспирацию и испарение с поверхности почвы). Коэффициент водопотребления (K_w) колеблется в широких пределах в зависимости от метеорологических условий разных лет, почв и уровня агротехники и выражается в м³ воды на тонну продукции, рассчитывается по формуле:

$$K_w = \frac{W}{Y},$$

где W – суммарное водопотребление (оросительная норма, общий запас влаги из почвы и осадки), мм; Y – урожайность, т/га.

Многолетние метеоданные за 40 лет, представленные в таблицах 1, 2 и 4 как норма, рассчитаны В.Ф. Фёдоровой [14].

Результаты. Природно-климатический потенциал северной части Северо-Западного Прикаспия вполне пригоден для выращивания культуры винограда и соответствует ее биологическим потребностям. Большое количество тепла с суммой активных температур, превышающей в отдельные летние сезоны 4000 °C, обеспечивает хорошее вызревание лозы и высокое качество получаемой продукции. Однако высокая испаряемость – 1000-1200 мм в год и незначительное количество осадков (250 и менее мм) ограничивают возможности расширения площадей и ставят их в зависимость от орошения. Почвенные разности зоны, содержащие невысокое количество питательных элементов (N, P, K и др.) и гумуса (0,95-1,2 %), тем не менее позволяют проникать корневой системе на глубину 1,5-2,0 м и успешно использовать осенне-зимние влагозапасы почвы.

По результатам проведенных пятилетних исследований (2014-2019 годы) было выявлено, что наибольшее количество осадков за полный годичный биологический цикл развития винограда выпало в 2015-2016 гг. – 346,3 мм, что на 64,4 мм выше средней многолетней нормы (281,9 мм) (таблица 1).

Таблица 1 – Количество осадков в течение полного годовичного биологического цикла развития винограда, 2014-2019 гг., мм

Table 1 – Precipitation during the full annual biological cycle of grape development, 2014-2019, mm

Месяц	Год / Year						Норма, мм / Norm, mm	± к норме, мм / ± to normal, mm
	2014 / 2015	2015 / 2016	2016 / 2017	2017 / 2018	2018 / 2019	среднее за 2014/2019 / average for 2014/2019		
Октябрь / October	14,2	13,9	16,5	39,0	3,8	17,5	21,6	+4,1
Ноябрь / November	4,3	27,8	18,0	23,3	8,0	16,3	24,6	+8,3
Декабрь / December	21,2	28,7	37,1	38,5	42,8	33,7	27,1	-6,6
Январь / January	26,5	33,1	7,4	11,9	13,0	18,4	23,6	+5,2
Февраль / February	1,9	6,7	26,8	39,0	9,0	16,7	17,4	+0,7
Март / March	1,8	32,2	17,3	21,2	14,5	17,4	20,7	+3,3
Апрель / April	19,8	12,5	32,5	14,4	18,8	19,6	18,6	-1,0
Май / May	13,4	89,8	66,4	0,0	4,8	34,9	27,9	-7,0
Июнь / June	23,0	3,6	26,5	11,9	4,9	14,0	32,4	+18,4
Июль / July	28,4	62,2	1,7	40,3	58,0	38,1	24,6	-13,5
Август / August	16,0	9,1	10,3	4,4	7,0	9,4	21,0	+11,6
Сентябрь / September	26,9	26,7	18,3	36,4	37,4	29,1	22,4	-6,7
Σ осадков, мм / Σ precipitation, mm	197,4	346,3	278,8	280,3	222,0	265,0	281,9	+16,9

Максимальное количество осадков пришлось на май 2016 г. – 89,8 мм (+61,9 мм к средней многолетней норме в этом месяце) и июль – 62,2 мм (+37,6 мм к норме). В остальные годовичные биологические циклы количество осадков было несколько ниже нормы осадков за 40 лет, как и средний показатель за весь период изучения (265,0 мм) – на 16,9 мм.

Одновременно с этим произошло и незначительное, но стабильное повышение температуры воздуха за каждый годовичный биологический цикл: от 0,2 °C в 2016-2017 гг. до 1,4 °C – в 2015-2016 гг. В среднем за весь период изучения температура воздуха также увеличилась на 0,6 °C по сравнению со средней многолетней нормой – 9,6 °C (таблица 2).

Таблица 2 – Температура воздуха в течение полного годовичного биологического цикла развития винограда, 2014-2019 гг., °C

Table 2 – Air temperature during the full annual biological cycle of grape development, 2014-2019, °C

Месяц	Год / Year						Норма, °C / Norm, °C	± к норме, °C / ± to normal, °C
	2014 / 2015	2015 / 2016	2016 / 2017	2017 / 2018	2018 / 2019	среднее за 2014/2019 / average for 2014/2019		
Октябрь / October	6,4	7,3	7,4	9,1	11,4	8,3	9,4	+1,1
Ноябрь / November	-1,4	1,7	-0,1	3,2	-0,3	0,6	1,3	-0,7
Декабрь / December	-2,6	1,0	-6,0	-1,3	-3,2	-2,4	-3,7	-1,3
Январь / January	-5,8	-6,0	-5,3	-6,8	-4,3	-5,6	-5,8	-0,2
Февраль / February	-3,1	1,1	-5,8	-5,0	-3,6	-3,7	-5,2	-1,5
Март / March	2,8	4,2	3,8	-2,9	3,4	2,3	1,6	+0,7
Апрель / April	10,3	12,4	10,3	9,8	11,3	10,8	10,6	+0,2
Май / May	18,4	18,0	16,6	20,4	19,6	18,6	17,4	+1,2
Июнь / June	26,4	23,6	24,3	23,5	26,8	24,9	22,9	+2,0
Июль / July	25,9	26,0	26,4	26,9	24,0	25,8	25,3	+0,5
Август / August	23,9	27,2	26,6	23,9	23,2	25,0	24,1	+0,9
Сентябрь / September	20,5	15,9	19,0	19,3	15,8	18,1	16,9	+1,2
среднее за год, °C / average for the year, °C	10,1	11,0	9,8	10,0	10,3	10,2	9,6	+0,6

Важными показателями засушливости климата являются такие показатели, как относительная влажность воздуха, дефицит влажности и испаряемость. В среднем за 2014-2019 гг. влажность воздуха была высокой (от 80,8 до 89,4 %) в период с ноября по февраль. В мае, июне, июле и августе этот показатель значительно снизился (до 39,8 %). Дефицит влажности воздуха в июне составил 58,6 %, в июле – 52,4 %, в августе – 60,2 % (таблица 3).

Таблица 3 – Дефицит влажности воздуха за вегетационный период, 2014-2019 гг., %

Table 3 – Air humidity deficit during the growing season, 2014-2019, %

Месяц	Год / Year					
	2014 / 2015	2015 / 2016	2016 / 2017	2017 / 2018	2018 / 2019	среднее за 2014/2019 / average for 2014/2019
Октябрь / October	32,0	41,0	32,0	25,0	29,0	31,8
Апрель / April	45,0	36,0	37,0	39,0	40,0	39,4
Май / May	48,0	33,0	45,0	63,0	43,0	46,4
Июнь / June	62,0	50,0	46,0	66,0	69,0	58,6
Июль / July	59,0	50,0	58,0	48,0	47,0	52,4
Август / August	63,0	58,0	62,0	59,0	59,0	60,2
Сентябрь / September	49,0	41,0	45,0	49,0	48,0	46,4
Среднее за год, % / Average for the year, %	51,1	44,1	46,4	50,0	47,9	47,9

Из результатов, приведенных в таблице 4, видно, что самый высокий показатель испаряемости отмечен в вегетационный период 2014-2015 гг. – 138,3 мм/мес., что на 26,9 мм/мес. выше среднего многолетнего значения (111,4 мм/мес.).

Таблица 4 – Испаряемость за вегетационный период винограда, 2014-2019 гг., мм

Table 4 – Evaporation rate during the growing season of grapes, 2014-2019, mm

Месяц	Год / Year						Норма, мм
	2014 / 2015	2015 / 2016	2016 / 2017	2017 / 2018	2018 / 2019	среднее за 2014/2019 гг.	
Октябрь / October	34,3	47,2	37,2	33,0	45,1	39,4	43,2
Апрель / April	64,9	59,9	53,3	54,3	61,8	58,8	56,0
Май / May	114,5	77,0	97,0	167,2	109,4	113,0	101,5
Июнь / June	220,0	155,8	148,2	204,6	249,3	195,6	144,5
Июль / July	204,7	174,2	205,8	174,2	149,2	181,6	172,1
Август / August	199,1	213,3	223,0	186,4	180,3	200,4	165,9
Сентябрь / September	130,7	84,8	110,9	122,7	98,7	109,6	96,5
σ за вегетацию, мм / σ for vegetation, mm	968,2	812,2	875,4	942,4	893,8	898,4	779,7
Среднее за месяц, мм / Monthly average, mm	138,3	116,0	125,1	134,6	121,7	128,4	111,4

Вегетационный период 2017-2018 гг. также отличался высоким уровнем испаряемости – 134,6 мм/мес. (+23,2 мм/мес. к норме). Более благоприятным периодом был 2015-2016 гг. с показателем 116,0 мм/мес., превысившим многолетнюю норму лишь на 4,6 мм/мес. Средний уровень испаряемости за 2014-2019 гг. превысил многолетний показатель на 16,9 мм/мес., составив 128,3 мм/мес., а наивысшая испаряемость отмечена в летние месяцы, начиная с мая: от 113,0 мм/мес. (при норме 101,5 мм/мес.) до 200,4 – в августе (норма – 165,9 мм/мес.).

Таблица 5 – Коэффициент водопотребления столовых сортов винограда в зависимости от искорнового питания

Table 5 – Coefficient of water consumption of table grape varieties depending on foliar nutrition

Вариант	2015 год / year		2016 год / year		2017 год / year		Среднее за 2015-2017 гг. / Average for 2015-2017 the years	
	урожай- ность, т/га / yield, tons/hectare	коэффициент во- допотребления, м ³ /г / water con- sumption coeffi- cient, m ³ /ton	урожай- ность, т/га / yield, tons/hectare	коэффициент во- допотребления, м ³ /г / water con- sumption coeffi- cient, m ³ /ton	урожай- ность, т/га / yield, tons/hectare	коэффициент во- допотребления, м ³ /г / water con- sumption coeffi- cient, m ³ /ton	урожай- ность, т/га / yield, tons/hectare	коэффициент во- допотребления, м ³ /г / water con- sumption coeffi- cient, m ³ /ton
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кодрянка / Kodryanka								
Контроль / Kontrol'	9,0	777,8	6,8	889,7	10,1	683,2	8,6	783,6
Плантафол (П) / Plantafof (P)	10,3	679,6	10,4	581,7	12,2	565,6	11,0	609,0
Бороплюс (Б) / Boroplus (B)	17,1	409,4	12,2	495,9	15,1	457,0	14,8	454,1
П+Б / P +B	18,7	374,3	16,5	366,7	19,8	348,5	18,3	363,2
НСР05	0,6	22,0	0,3	24,2	0,5	19,7	0,5	21,4
Ризамат / Rizamat								
Контроль / Kontrol'	9,8	714,3	6,6	916,7	7,6	907,9	8,0	846,3
Плантафол (П) / Plantafof (P)	15,9	440,3	12,6	480,2	9,6	718,8	12,7	546,4
Бороплюс (Б) / Boroplus (B)	19,9	351,8	14,0	432,1	15,8	436,7	16,6	406,9
П+Б / P +B	20,6	339,8	18,0	336,1	16,9	408,3	18,5	361,4
НСР05	0,7	18,1	0,4	21,1	0,4	25,9	0,6	21,0
Московский / Moscowsky								
Контроль / Kontrol'	8,5	823,5	8,0	756,3	9,9	697,0	8,8	758,9
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плантафол (П) / Plantafof (P)	12,0	583,3	11,7	517,1	15,9	434,0	13,2	511,5
Бороплюс (Б) / Boroplus (B)	17,9	391,1	13,0	465,4	16,2	425,9	15,7	427,5
П+Б / P +B	19,6	357,1	16,4	368,9	17,4	396,6	17,8	374,2
НСР05	0,5	20,9	0,4	20,3	0,6	18,4	0,6	19,9

Распределение поливной воды по фазам вегетации проходило следующим образом. В фазу весеннего сокодвижения с учетом осенней влагозарядки предыдущего года было проведено по одному поливу нормой 500,0-600,0 м³/га. Потребность во влаге в эту фазу еще незначительна, т.к. виноградные растения только вышли из состояния зимнего покоя. По годам это составило в среднем 10,9 % от оросительной нормы. Фаза распускания почек и роста побегов характеризуется более мощным вегетативным развитием и водопотреблением. При той же норме (1500,0 м³/га или 23,9 % от общей оросительной нормы) было проведено три полива. В фазу цветения для хорошего опыления и оплодотворения необходима достаточно высокая температура и умеренная влажность почвы и воздуха. Норма поливов увеличилась до 800,0 м³/га, а количество уменьшилось до одного или 14,9 % в процентном соотношении. В фазу роста и развития ягод (с конца цветения до начала созревания) водопотребление винограда по вариантам опыта за три полива составило максимальную величину – до 2250,0 м³/га или 37,9 % от оросительной нормы. Поливная норма в фазу полной спелости ягод составила 12,4 %. Успех интенсивной культуры винограда в основном определялся условиями увлажнения в этот период, поэтому необходимо поддержание предполивного порога влажности метрового слоя почвы в оптимальных пределах (от 62,5 % НВ в фазу цветения до 85,2 % НВ в фазу роста и развития ягод).

В аридной зоне одной из главных задач при орошении является сохранение оптимальных почвенно-мелиоративных условий во всем корнеобитаемом слое. Это особенно актуально там, где отмечается ухудшение мелиоративного состояния земель в связи с подъемом уровня грунтовых вод и вторичным засолением. Для повышения эффективности орошения необходимы детальные исследования составляющих уравнения водного баланса [2]. На основании анализа приходной и расходной частей водного баланса нами рассчитана структура суммарного водопотребления, включающая в себя следующие показатели: сумму осадков, водопотребление из почвы, оросительную норму с влагозарядкой.

Эффективность режима орошения сортов винограда определялась не только величиной и качеством полученного урожая, но и затратами воды на формирование единицы продукции (коэффициент водопотребления). Суммарное водопотребление является основой для расчета коэффициента водопотребления и изменяется под влиянием таких факторов, как плодородие почвы, влагообеспеченность, погодные условия в вегетационный период, физико-географические условия среды, агротехника выращивания культуры, способы и техника полива.

В таблице 5 показаны урожайность и коэффициент водопотребления по изучаемым вариантам в разрезе трех сортов винограда за 2015-2017 гг. и в среднем по годам. Наиболее высокопродуктивным сортом можно считать сорт Ризамат при обработке удобрениями Плантафол и Бороплюс совместно. Урожайность в этом случае в среднем за три года составила 18,5 т/га, коэффициент потребления – 361,4 м³/т. При этом по сравнению с контролем урожайность увеличилась, а коэффициент потребления соответственно сократился в 2,3 раза.

Удобрения оказывают существенное влияние на повышение урожайности, а следовательно, и на коэффициент водопотребления. Понизить непроизводительную трату воды растением возможно с помощью удобрений: на каждую единицу веса образующего органического вещества удобрненное растение испаряет менее влаги, чем неудобрненное [30].

В опытах установлено, что эффективность использования поливной воды возрастает от контроля до совместного применения некорневых подкормок у всех трех сортов. Эта закономерность прослеживается как по годам, так и в среднем за три года. Так, у сорта Кодрянка коэффициент водопотребления на контроле составил 783,6 м³/т. Испол-

зование Пантафола снизило расход воды на 1 т урожая до 609,0 м³/т, а Бороплюса – до 454,1 м³/т. Минимальный показатель (363,2 м³/т) отмечен при совместном использовании в качестве некорневых подкормок Пантафола и Бороплюса. По сортам Ризамат и Московский прослеживается аналогичная тенденция.

Выводы. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что некорневая обработка водорастворимыми удобрениями Пантафол и Бороплюс столовых сортов винограда разного срока созревания (Кодрянка, Ризамат, Московский) на светлокаштановых почвах Северо-Западного Прикаспия приводит к повышению биологической урожайности и снижению потребления воды на формирование продукции во все годы исследований. Эффективность использования поливной воды возрастает от контроля до совместного применения некорневых подкормок у всех трех сортов. Эта закономерность прослеживается по годам и в среднем за три года. Коэффициент водопотребления на контроле составил у сорта Кодрянка 783,6 м³/т, у сорта Ризамат – 846,3 м³/т, у сорта Московский – 758,9 м³/т. Использование удобрения Пантафол снизило расход воды на 1 т урожая у сорта Кодрянка до 609,0 м³/т, у сорта Ризамат – до 546,4 м³/т, у сорта Московский – до 511,5 м³/т. При использовании удобрения Бороплюс коэффициент водопотребления у сорта Кодрянка снизился до 454,1 м³/т, у сорта Ризамат – до 406,9 м³/т, у сорта Московский – до 427,5 м³/т. Минимальный показатель отмечен при совместном использовании Пантафол и Бороплюс: у сорта Кодрянка – 363,2 м³/т, Ризамат – 361,4 м³/т, Московский – 374,2 м³/т.

Библиографический список

1. Адаптивна реакція на лозові сортове в умовах на кліматичні промени / В. С. Петров [и др.] // Лозарство и винарство. 2018. № 6. С. 18-31.
2. Анализ расчетных методов эвапотранспирации сельскохозяйственных культур с учетом климатической зональности Поволжья / М. Р. Юдина [и др.] // Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства: VI Международной научно-практической конференции; под ред. И. Ф. Сухановой. Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова, 2016. С. 289-292.
3. Анапская ампелографическая коллекция – крупнейший центр аккумуляции и изучения генофонда винограда в России / М. И. Панкин [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22. № 1. С. 54-59.
4. Власенко М. В. Транспирация многолетних кормовых видов в условиях засушливой среды // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2017. № 4(44). С. 16-24.
5. Власенко М. В., Полухина Е. В. Концепция продукционного процесса Х. Г. Тооминга // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 2(70). С. 244-250.
6. Влияние некорневых подкормок на восприимчивость винограда к болезням в орошаемых условиях Астраханской области / Е. Н. Иваненко [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2017. № 3(32). С. 31-36.
7. Влияние удобрений некорневого действия на хозяйственно-ценные показатели столовых сортов винограда / Е. В. Полухина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4(52). С. 185-191.
8. Водопотребление виноградной школки при различных технологиях посадки / А. С. Овчинников [и др.] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 2(38). С. 88-104.
9. Иваненко Е. Н., Мухортова Т. В., Полухина Е. В. Эффективность возделывания столового винограда с применением агрохимических средств нового поколения // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 65-69.
10. Калинина Е. А., Дасаева З. З., Никишанов А. Н. Корректировка величины суммарного водопотребления с помощью поправочных коэффициентов И. А. Кузника // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: материалы IV международной научно-практической конференции. 2018. С. 42-47.

11. Кежембаева Ж. К., Умбетов А. К. Влагодобеспеченность и коэффициент водопотребления зерновых культур на богаре в зависимости от различных способов обработки почвы и минерального питания // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3(77). С. 39-41.
12. Магамадов А. С., Малых Г. П., Макарова А. Г. Разработка основ минерального питания для повышения урожайности и качества винограда столовых сортов в условиях Терско-Кумских песков. Грозный: Изд-во Чеченского государственного университета, 2019. 128 с.
13. Определение суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур в аридных зонах / В. В. Корсак [и др.] // Научная жизнь. 2016. № 1. С. 41-51.
14. Оптимизация овощных севооборотов Северного Прикаспия / В. А. Федорова [и др.] // Оптимизация овощных севооборотов Северного Прикаспия (Лук репчатый в Нижнем Поволжье): монография (изд-е 2-е, доп.). Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2018. 188 с.
15. Особенности вегетации сорта винограда отечественной селекции «Подарок Дмитрия» в стрессовых погодных условиях умеренно-континентального климата юга России / Д. В. Дергачев [и др.] // Плодоводство и виноградарство юга России. 2019. № 58(4). С. 35-45.
16. Петров В. С., Павлюкова Т. П. Закладка эмбриональных соцветий и реализация потенциала хозяйственной продуктивности у сортов винограда в условиях умеренно-континентального климата юга России // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. № 3. С. 616-623.
17. Петров В. С., Панкин М. И., Коваленко А. Г. Агробиологические свойства технических сортов винограда в условиях умеренно-континентального климата юга России // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 49(01). С. 1-15.
18. Полулях А. А., Волынкин В. А., Лиховской В. В. Генетические ресурсы винограда института «Магарах». Проблемы и перспективы сохранения // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017. Т. 21. № 6. С. 608-616.
19. Полухина Е. В., Власенко М. В. Влияние некорневого питания на качество урожая сортов винограда столового назначения в аридных условиях // Аграрная Россия. 2020. № 7. С. 36-39.
20. Полухина Е. В., Власенко М. В. Эффективный метод управления продукционным процессом винограда с использованием некорневого питания в аридных условиях Северо-Западного Прикаспия // Аграрный вестник Урала. 2020. № 3(194). С. 36-46.
21. Полухина Е. В., Власенко М. В., Кулик А. К. Выращивание качественной виноградной продукции в засушливых условиях // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 4(76). С. 94-98.
22. Полухина Е. В., Власенко М. В., Петров Н. Ю. Оценка степени засухоустойчивости сортов винограда в аридных условиях Астраханской области // Аграрный вестник Урала. 2019. № 10 (189). С. 17-22.
23. Черемисинов А. А., Черемисинов А. Ю. Обзор расчетных методов определения суммарного испарения орошаемых сельскохозяйственных полей // Научный журнал Российского НИИ мелиорации. 2016. № 1 (21). С. 113-133.
24. Эффективность применения агрохимических препаратов нового поколения Плантафол и Бороплюс на винограде в зависимости от сортов, погодных условий и фаз развития / Т. В. Мухортова [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы АПК. 2016. № 4 (29). С. 51-57.
25. First report of grapevine (*Vitis* sp.) cluster blight caused by *fusarium proliferatum* in Russia / E. G. Yurchenko [et al.] // Plant Disease. 2020. V. 104. No. 3.
26. High-molecular compounds in the must of new varieties and clones of the grapes / N. M. Ageyeva [et al.] // Khimija Rastitel'nogo Syr'ja. 2019. No. 4. Pp. 97-103.
27. Lowerature stress tolerance of grapevine varieties of different ecological and geographical origin / N. I. Nenko [et al.] // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences. 2019. V. 73. No. 1. Pp. 56-65.
28. Makarkina M. V., Ilnitskaya E. T., Tokmakov S. V. PCR identification of pathogenic agrobacteria detected in vineyards of Krasnodar krai based on the type of ti plasmids // Moscow University Biological Sciences Bulletin. 2019. V. 74. No.1. Pp. 40-47.

29. Nikitin A., Kuzicheva N., Karamnova N. Establishing efficient conditions for agriculture development // International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. V. 8. No. 2. Pp. 1-6.

30. PLant protection and foliar fertilizing technology of apple (*Malus domestica* Borkh) / A. I. Kuzin [et al.] // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. V. 8. No. 6. Pp. 3613-3620.

Conclusions. The results of the conducted studies indicate that foliar treatment with water-soluble fertilizers Plantafol and Boroplus of table grape varieties of different ripening periods (Codryanka, Rizamat, Moskovsky) on light chestnut soils of the North-Western Caspian region leads to an increase in biological productivity and a decrease in water consumption for the formation of products in all years of research. The efficiency of irrigation water use increases from control to joint application of foliar dressings in all three varieties. This pattern can be traced over the years and on average over three years. The water consumption coefficient in the control was: for the Kodryanka variety 783.6 m³/ t, for the Rizamat variety – 846.3 m³/t, for the Moskovsky variety – 758.9 m³/t. The use of Plantafol fertilizer reduced water consumption by 1 ton of crop for the Kodryanka variety to 609.0 m³/t, for the Rizamat variety – up to 546.4 m³/t, for the Moskovsky variety – up to 511.5 m³/t. When using the Boroplus fertilizer, the water consumption coefficient for the Kodryanka variety decreased to 454.1 m³/ t, for the Rizamat variety - up to 406.9 m³/ t, for the Moskovsky variety – up to 427.5 m³ /t. The minimum indicator was noted with the joint use of Plantafol and Boroplus: for the Kodryanka variety – 363.2 m³/t, Rizschamat – 361.4 m³/t, Morskovsky – 374.2 m³/t.

References

1. Adaptive reaction of grape varieties under conditions of climate change / V. S. Petrov [et al.] // Viticulture and Winemaking. 2018. No. 6. Pp. 18-31.
2. Analysis of calculation methods for crop evapotranspiration taking into account the climatic zoning of the Volga region / M. R. Yudina [et al.] // Problems and prospects of innovative development of world agriculture: VI International scientific and practical conference; ed I. F. Sukhanova. Saratov: FGBOU VO Saratov GAU im. N. I. Vavilov. 2016. Pp. 289-292.
3. Anapa ampelographic collection is the largest center for the accumulation and study of the gene pool of grapes in Russia / M. I. Pankin [et al.] // Vavilovskiy Zhurnal Genetics and Breeding. 2018. V. 22. No. 1. Pp. 54-59.
4. Vlasenko M. V. Transpiration of perennial forage species in an arid environment // Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2017. No. 4(44). Pp. 16-24.
5. Vlasenko M. V., Polukhina E. V. The concept of the production process of H. G. Tooming // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2018. No. 2(70). Pp. 244-250.
6. Influence foliar dressing on susceptibility of grapes to diseases in irrigated conditions of Astra-Khan region / E. N. Ivanenko [et al.] // Theoretical and applied problems of agro-industrial complex. 2017. No. 3(32). Pp. 31-36.
7. Influence of foliar fertilizers on economically valuable indicators of table grape varieties / E. V. Polukhina [et al.] // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: Science and higher professional education. 2018. No. 4(52). Pp. 185-191.
8. Water consumption of grape shrubs for various planting technologies / A. S. Ovchinnikov [et al.] // Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration Problems. 2020. No. 2(38). Pp. 88-104.
9. Ivanenko E. N., Mukhortova T. V., Polukhina E. V. The efficiency of cultivation of table grapes using agrochemical means of a new generation // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2018. No. 3. Pp. 65-69.
10. Kalina E. A., Dasaeva Z. Z., Nikishanov A. N. Correction of the value of total water consumption using correction factors I. A. Kuznik // Innovations in environmental management and protection in emergency situations: materials of the IV international scientific and practical conference. 2018. Pp. 42-47.

11. Kezhembaeva Zh. K., Umbetov A. K. Moisture provision and water consumption coefficient of grain crops on dry land depending on various methods of soil cultivation and mineral nutrition // News of the Orenburg State Agrarian University. 2019. No. 3(77). Pp. 39-41.
12. Magamadov A. S., Malykh G. P., Makarova A. G. Development of the foundations of mineral nutrition to increase the yield and quality of table grapes in the Tersko-Kumskiy sands. Grozny: Publishing House of the Chechen State University, 2019. 128 p.
13. Determination of the total water consumption of agricultural crops in arid zones / V. V. Korsak [et al.] // Scientific life. 2016. No. 1. Pp. 41-51.
14. Optimization of vegetable crop rotations in the Northern Caspian region / V. A. Fedorova [et al.] // Optimization of vegetable crop rotations in the Northern Caspian region (onion in the Lower Volga region): monograph (2nd edition, additional). Volgograd: Volgograd GAU, 2018. 188 p.
15. Peculiarities of the growing season of the grape variety of the domestic selection «Dmitriy Podarok» in the stressful weather conditions of the temperate continental climate of the south of Russia / D. V. Dergachev [et al.] // Fruit growing and viticulture of the south of Russia. 2019. No. 58 (4). Pp. 35-45.
16. Petrov V. S., Pavlyukova T. P. The laying of embryonic inflorescences and the realization of the potential of economic productivity in grape varieties in the temperate continental climate of the south of Russia // Agricultural biology. 2018. V. 53. No. 3. Pp. 616-623.
17. Petrov V. S., Pankin M. I., Kovalenko A. G. Agrobiological properties of technical grape varieties in the temperate continental climate of the south of Russia // Fruit growing and viticulture of the South of Russia. 2018. No. 49 (01). Pp. 1-15.
18. Polulyakh A. A., Volynkin V. A., Likhovskoy V. V. Genetic resources of grapes of the Institute «Magarach». Problems and prospects of conservation // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2017. V. 21. No. 6. Pp. 608-616.
19. Polukhina E. V., Vlasenko M. V. The influence of foliar nutrition on the quality of the harvest of table grape varieties in arid conditions // Agrarian Russia. 2020. No. 7. Pp. 36-39.
20. Polukhina E. V., Vlasenko M. V. An effective method for managing the production process of grapes using foliar nutrition in arid conditions of the North-Western Caspian region // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 3(194). Pp. 36-46.
21. Polukhina E. V., Vlasenko M. V., Kulik A. K. Cultivation of high-quality grape products in dry conditions // Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2019. No. 4(76). Pp. 94-98.
22. Polukhina E. V., Vlasenko M. V., Petrov N. Yu. Assessment of the degree of drought tolerance of grape varieties in arid conditions of the Astrakhan region // Agrarian Bulletin of the Urals. 2019. No. 10(189). Pp. 17-22.
23. Cheremisinov A. A., Cheremisinov A. Yu. Review of calculation methods for determining the total evaporation of irrigated agricultural fields // Scientific journal of the Russian Research Institute of Melioration. 2016. No. 1(21). Pp. 113-133.
24. Effektivnost primeneniya agrokhimicheskikh preparatov novogo pokoleniya Plantafol i Boroplus na vinograde v zavisimosti ot sortov, pogodnykh usloviy i faz razvitiya / T. V. Mukhortova [et al.] // Theoretical and applied problems of agro-industrial complex. 2016. No. 4 (29). Pp. 51-57.
25. First report of grapevine (*Vitis* sp.) cluster blight caused by *fusarium proliferatum* in Russia / E. G. Yurchenko [et al.] // Plant Disease. 2020. V. 104. No. 3.
26. High-molecular compounds in the must of new varieties and clones of the grapes / N. M. Ageyeva [et al.] // Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya. 2019. No. 4. Pp. 97-103.
27. Lower temperature stress tolerance of grapevine varieties of different ecological and geographical origin / N. I. Nenko [et al.] // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section B: Natural, Exact, and Applied Sciences. 2019. V. 73. No. 1. Pp. 56-65.
28. Makarkina M. V., Ilnitskaya E. T., Tokmakov S. V. PCR identification of pathogenic agrobacteria detected in vineyards of Krasnodar krai based on the type of Ti plasmids // Moscow University Biological Sciences Bulletin. 2019. V. 74. No. 1. Pp. 40-47.
29. Nikitin A., Kuzicheva N., Karamnova N. Establishing efficient conditions for agriculture development // International Journal of Recent Technology and Engineering. 2019. V. 8. No. 2. Pp. 1-6.
30. Plant protection and foliar fertilizing technology of apple (*Malus domestica* Borkh) / A. I. Kuzin [et al.] // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. V. 8. No. 6. Pp. 3613-3620.

Author's Information

Polukhina Elena Vladimirovna, Junior Researcher, Head of the Laboratory of Viticulture and Nursery, Federal State Budgetary Institution "Caspian Agrarian Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences" (Russia, Astrakhan region, Chernoyarsky district, with. Salt Zamische, sq. Severniy, d. 8. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1436-7722>

Vlasenko Marina Vladimirovna, Leading Researcher, Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes and Adaptive Nature Management of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences, Candidate of agricultural sciences (Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>, e-mail: vlasencomarina@mail.ru.

Информация об авторах

Полухина Елена Владимировна, младший научный сотрудник, заведующий лабораторией виноградарства и питомниководства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (РФ, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, кв. Северный, д. 8), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1436-7722>, e-mail: polukh1na.e@yandex.ru

Власенко Марина Владимировна, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрологии агролесоландшафтов и адаптивного природопользования ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>, e-mail: vlasencomarina@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-20

ANALYSIS OF GEOMORPHOLOGICAL FEATURES OF AGRICULTURAL LANDSCAPES OF THE MIDDLE DON

V. A. Silova

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

Received 11.01.2021

Submitted 10.03.2021

Summary

The article is devoted to research on the assessment of catchment areas, their agricultural landscape features based on the materials of remote sensing of the Earth and on the basis of electronic thematic maps.

Abstract

Introduction. When land is used for agricultural production, the soils and vegetation of agricultural landscapes are transformed. On the territory of the Middle Don, large areas of land are covered by erosion processes, including up to 50% of arable land. The danger of erosion degradation is caused by a decrease in soil fertility, the transition of land to unsuitable for growing agricultural products. In this regard, the analysis of the geomorphological conditions of agroforest landscapes will ensure the identification of areas predisposed to water erosion, and the use of geoinformation systems for the compilation of thematic maps of the geomorphological structure of the landscape. On the basis of the obtained data, the development of measures for the effective protection of the territory is carried out. The purpose of the research is to study the geomorphological characteristics of agricultural landscapes and to identify potentially erosive and dangerous landscapes and to map degradation in the research area.

Object. Erosion-hazardous agricultural landscapes of the Middle Don. The agroforestry landscapes of the Kalachevsky polygon were selected for the analysis of geomorphological characteristics. Materials and methods. Geoinformation technologies in combination with aerospace information make it possible to analyze the geomorphological features of the studied territory. These technologies enable the rapid identification of hotbeds of erosion and other types of degradation that lead to the loss of agricultural land fertility. **Results and conclusions.** The analysis of the geomorphological characteristics of the terrain of the Kalachevsky polygon is carried out using the digital terrain model *SRTM 3*. As a result of the assessment, their spatial and statistical characteristics were revealed, which made it possible to clarify the erosion-hazardous areas of the catchment relief. It was found that the surfaces with a steepness of less than 3° predominate, which occupy 53.1 thousand hectares or 82.2% of the total area on which the studies were conducted.

Key words: *agricultural landscape, catchment, soil degradation, landform, soil erosion.*

Citation. Silova V. A. Analysis of geomorphological features of agricultural landscapes of the Middle Don. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 203-210 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-20.

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

УДК 528.7:551.43:631.459

АНАЛИЗ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ АГРОЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕГО ДОНА

В. А. Силова, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 11.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность. При использовании земель для сельскохозяйственного производства трансформируются почвы и растительность агроландшафтов. На территории Среднего Дона значительные площади угодий охвачены эрозионными процессами, в том числе до 50 % пашни. Опасность эрозионной деградации обусловлена снижением плодородия почв, переходом земель в непригодные для выращивания сельскохозяйственной продукции. В связи с этим анализ геоморфологических условий агролесоландшафтов обеспечит выявление участков, предрасположенных к водной эрозии, а применение геоинформационных систем для составления тематических карт геоморфологической структуры ландшафта. На основе полученных данных осуществляется разработка мероприятий с целью эффективной защиты территории. Цель исследований – изучение геоморфологических характеристик агроландшафтов и выявление потенциально эрозионно-опасных ландшафтов и картографирование деградации на территории исследований. **Объект.** Эрозионно-опасные агроландшафты Среднего Дона. Для анализа геоморфологических характеристик были выбраны агролесоландшафты полигона Калачевский. **Материалы и методы.** Геоинформационные технологии в комплексе с аэрокосмической информацией позволяют провести анализ геоморфологических особенностей исследуемой территории. Эти технологии обеспечивают быстрое выявление очагов эрозии и других видов деградации, которые ведут к потере плодородия сельскохозяйственных угодий. **Результаты и выводы.** Проведен анализ геоморфологических характеристик рельефа полигона Калачевский с применением цифровой модели местности SRTM 3. В результате оценки выявлены их пространственные, статистические характеристики, что позволило уточнить эрозионно-опасные участки рельефа водосборов. Установлено, что преобладают поверхности с крутизной менее 3°, которые занимают 53,1 тыс. га или 82,2 % всей площади, на которой проводились исследования.

Ключевые слова: *ландшафтное земледелие, водосборы, деградация почв, геоморфологические особенности агроландшафтов, эрозия почв.*

Цитирование. Силова В. А. Анализ геоморфологических особенностей агроландшафтов Среднего Дона. *Известия НВ АУК.* 2021. 1(61). 203-210. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-20.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Ландшафтный подход ориентирован на обеспечение целостности рассматриваемого объекта, обусловленной взаимоотношениями его составляющих и связями со средой. Любая природная часть входит во всеобъемлющую структуру ландшафта и способна его изменить, а также самой измениться. В концепции ландшафтного земледелия изучаются вопросы оптимального вовлечения в агрогеосистемы эколого-морфологических компонентов, чтобы поддерживать существующую экологическую структуру в устойчивом динамическом состоянии. Проектирование агроландшафтов должно выполняться в рациональном соотношении сельскохозяйственных элементов и компонентов, а главное – не ухудшать естественный ландшафт [1].

Для образного представления агроландшафтов и происходящих в них динамических процессов потребуются электронные карты, создаваемые с помощью географических информационных систем (ГИС), эта система осуществляет сбор, хранение, обработку информации и т.д. Сохранение и приумножение природных территориальных комплексов, а именно природных и природно-антропогенных комплексов, неразрывно связанных между собой, – важная задача для человечества. Предотвратить или предупредить процессы деградации и опустынивания поможет проведение регулярного мониторинга ландшафтов, и особенно проблемных участков. Для быстрого и качественного мониторинга на больших территориях на современном этапе применяем аэрокосмический метод, который дает объективную и точную информацию по описанию состояния экосистем. Оценка состояния агроландшафтов с учетом особенностей рельефа, пространственной дифференциации почв и растительности водоразделов по левому берегу Дона послужит основой для грамотной организации сельскохозяйственного производства и ландшафтного планирования мелиоративных работ. Целью данного исследования является оценка площадей водосборов, их агроландшафтных особенностей по материалам дистанционного зондирования Земли и на основе электронных тематических карт [2].

Объект исследования – территория рассматриваемого полигона в Калачевском муниципальном районе Волгоградской области. Полигон Калачевский находится в степной зоне на крайнем юге Приволжской возвышенности, относящейся к Восточно-Европейской равнине, в западной части Волгоградской области. Изучаемые водоразделы включают в себя Ильевское, Мариновское, Карповское сельские поселения. Данному району исследования присуща зона каштановых почв. По берегам Дона находится лугово-каштановые почвы. Территория исследований в геоморфологическом отношении расположена в долине реки Дон, в пределах развития Голубинских песков.

Рельеф территории плоскоравнинный, он осложнен мелкими балочными понижениями. Абсолютные отметки поверхности от 43,2 до 93,6 м в Балтийской системе высот.

В геологическом строении принимают участие четвертичные в верхнемеловые отложения. Четвертичные отложения представлены осадками поймы второй и третьей подпойменных террас реки Дон и выполняют среднечетвертичный эрозионный врез в меловых образованиях в районе х. Камыши (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема водосборов на территории полигона Калачевский

Figure 1 – Diagram of catchments in the territory of the Kalachevsky test site

Материалы и методы. Геоинформационные методы способствуют изучению и картографированию природных компонентов, обеспечивают определение точного географического положения изучаемых объектов и процессов, в них протекающих, а также получение их качественных и количественных биогеофизических характеристик [7].

Применение геоинформационного анализа ландшафтов как основного подхода исследования территории дает возможность за короткое время получить информацию о совокупных пространственных данных, уменьшив при этом объем наземных исследований, обеспечив научную обоснованность и достоверность полученных результатов [3].

Получить своевременные сведения о состоянии природных комплексов на больших территориях с необходимой детализацией возможно с применением геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования.

Для осуществления поставленных задач применяются следующие программные ГИС-системы, например, ENVI, Surfer, Global mapper, QGIS, которые позволяют проводить геоинформационную обработку и анализ космокарт, разработанных по космоснимкам, строят профили местности, цифровые модели рельефа (ЦМР), создают изолинейные и тематические карты и т.д. Полученные со спутников снимки обрабатываются, дешифрируются и анализируются для выявления характеристик рельефа в дальнейшем [4, 5].

Геоинформационный анализ состояния ландшафтов дает возможность выявить специфику геоморфологических процессов. Изучение информации разновременных снимков для оценки рельефа дает возможность выявить и оценить процессы и явления, недоступные для выявления наземными исследованиями [8].

Анализ геоморфологических характеристик рельефа Калачевского полигона проведен с применением цифровой модели рельефа (ЦМР) Aster GDEM и цифровой модели местности (ЦММ) SRTM 3 [6].

В качестве основы используются топографические карты, к которым привязываются все нужные пространственные данные. Выявить рельеф участка, подстилающий состав пород, а также протекающие процессы деградации помогут геоморфологическая и литологическая карты. Тип и состав почв определяются при помощи векторизованных почвенных карт. Аэрокосмоснимки выступают основным источником информации о деградации почв, даже на слабо расчлененных равнинных ландшафтах [11, 12].

Результаты и обсуждение. Рельеф исследуемого района представляет в основном пологие западные склоны Приволжской возвышенностей, между которыми расположилась Донская равнина. Склоны возвышенностей усеяны оврагами, расчлененность рельефа – от 1,5 до 2,5 км/км². Данные цифровой модели рельефа могут быть использованы для картографирования агролесоландшафтов и их визуализации как в виде изолинейной карты высот, так и в трехмерном виде с использованием картографических и моделирующих программ. Моделирование и детальное рассмотрение рельефа по созданной цифровой модели дает ресурс для разработки обоснованных зависимостей для отображения циклично повторяющихся процессов и явлений, позволяет провести расчеты и разработать картографические слои уклонов и углов наклона склонов, длину склонов на нужном участке местности, что является основополагающим условием для оценки ландшафтных особенностей. Основные анализа и исследования проведены с помощью дистанционной оценки ландшафта, по результатам которых и сделан анализ рельефа по следующим пунктам: рельеф местности, углы наклона склонов, водосборов и экспозиции склонов [9, 13].

На основании программного обеспечения, ГИС-программ проанализирована цифровая модель рельефа (ЦМР), по располагающим, созданным картам о высоте и крутизне склонов, водосборных участках, рельефе, об экспозиции склонов получена следующая информация:

- высотная отметка на тестовом участке «Калачевский» равны 115 м над уровнем моря;

- водоразделы и линии водоразделов;
- крутизна склонов от $-0,5^\circ$ до $8,5^\circ$ (таблица 1).

Таблица 1 – Геоморфологические характеристики водоразделов исследуемого полигона

Table 1 – Geomorphological characteristics of the watersheds of the test site

Номер водосбора / Catchment number	Площадь водосбора, га / Drainage area, ha	Крутизна, площадь, га / Slope, area, ha					Перепад высот, м / Vertical drop, m	Преобладающая экспозиция / Predominant exposition
		$>8^\circ$	$3^\circ-8^\circ$	$0,5^\circ-3^\circ$	$0^\circ-0,5^\circ$	0°		
12	5392,2	0,0	0,0	5305,3	86,9	0,0	49	Ю
13	1061,7	0,0	4,4	176,1	881,2	0,0	69	Ю
18	6992,9	0,0	1,7	6113,1	878,1	0,0	73	Ю
20	2969	0,0	0,0	1919,6	1049,4	0,0	60	ЮВ
22	5301,9	52,0	402,8	4323,7	520,3	3,1	108	Ю
28	5374,3	0,0	0,0	4922,6	451,7	0,0	80	ЮВ
31	5639,5	45,4	1463,5	3886,4	243,3	0,9	145	Ю
35	4722,9	0,0	59,4	4533,8	128,4	1,3	86	Ю
38	5447,4	0,0	7,9	4852,8	586,3	0,4	50	Ю
39	7598,9	0,0	115,8	6484,9	998,2	0,0	93	ЮЗ
41	6810,8	0,0	85,2	5316,7	1402,8	6,1	85	Ю
44	2985,5	0,0	0,0	2494,1	489,7	1,7	76	ЮЗ
57	6118,8	0,4	38,9	4854,5	1160,8	64,2	101	Ю
61	2927,8	0,0	7,4	1832,2	449,1	639,1	101	ЮВ
Всего, га/% / Total, ha	69343,6 1	97,9 0,1	2186,9 3,2	53129,5 82,2	9326,3 13,4	716,9 1,0		

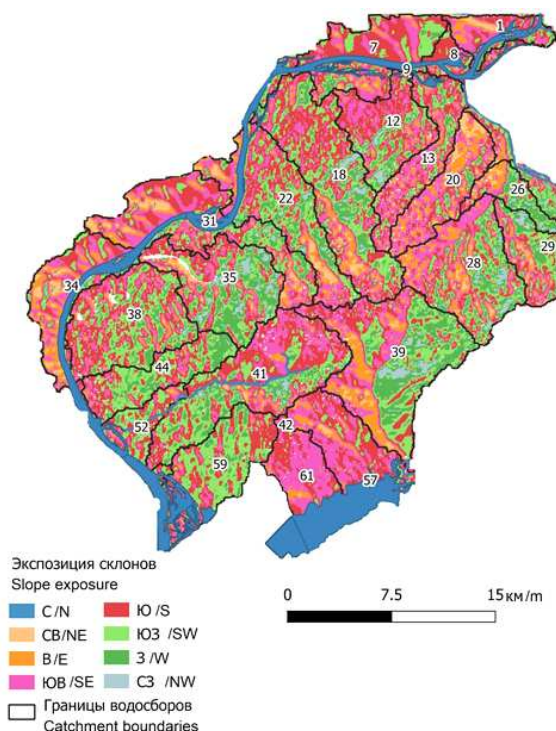


Рисунок 2 – Карта экспозиций склонов водосборов полигона Калачевский

Figure 2 – Map of expositions of the slopes of the watersheds of the Kalachevsky polygon

Проведённый анализ геоморфологических особенностей рельефа полигона Калачевский с применением цифровых моделей рельефа и местности позволил провести оценку водоразделов, выявить их пространственные, статистические данные. Установлено, что преобладают поверхности с крутизной менее 3° , которые занимают 53,1 тыс. га или 82,2 % всей площади, на которой проводились исследования.

Одним из факторов, определяющих опасность проявления водной эрозии на территории водосборов, является экспозиция склонов, так как южные склоны характеризуются большей крутизной. Распределение экспозиции склонов показывает, что 20 % площади водосборов относится к северной экспозиции, 32 % – южной, 15 % – западной и 33 % – к восточной (рисунок 2).

Выявленные закономерности изменения высот водораздельных склонов также отражают высокую эрозионную расчлененность водоразделов преимущественно южной ориентации (рисунок 3).

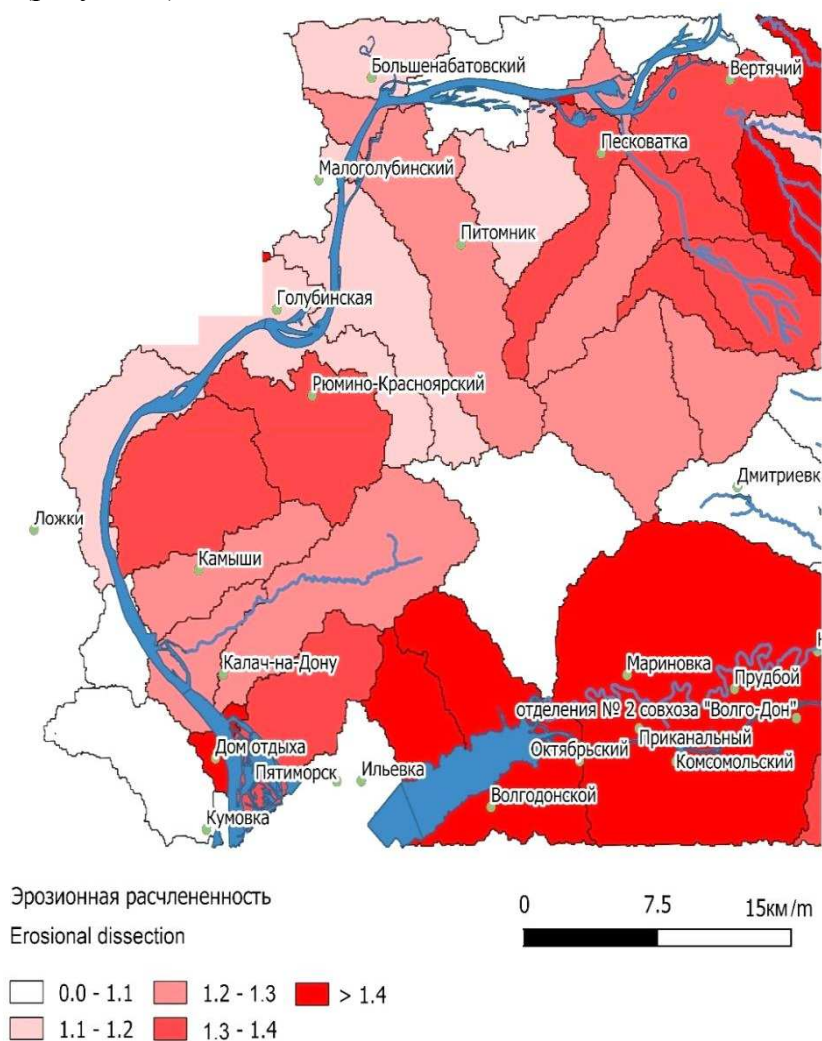


Рисунок 3 – Карта эрозионной расчлененности водосборов полигона Калачевский

Figure 3 – Map of erosional dissection of catchments of the Kalachevsky polygon

Выводы. В результате анализа геоморфологических особенностей агроландшафтов Среднего Дона проведена оценка состояния агроландшафтов на рассматриваемом полигоне с использованием ГИС-технологий, позволяющих быстро обрабатывать,

передавать информацию, создавать картографическую информацию, производить быстрый анализ процессов, происходящих на больших территориях страны. По выявленным зависимостям скорости происходящих процессов устанавливаются будущие предпосылки развития исследуемого ландшафта. Используя компьютерные программы, по которым происходят необходимые операции по привязке нужной информации, расчетов данных, обобщения огромного количества данных, по поставленным задачам выполнены: изучена методика создания электронных карт; определена принадлежность земель, создана карта функционального зонирования тестового участка; разработана изолинейная карта высот; разработана карта водосборов; разработана карта уклонов местности; разработана карта экспозиции склонов; что в дальнейшем позволит разработать перспективный план по восстановлению нарушенных ландшафтов в пределах исследуемого полигона.

Библиографический список

1. Афонин А. Н., Соколова Ю. В. Эколого-географический анализ и моделирование пространства биологических объектов с использованием ГИС. СПб: Изд-во ВВМ, 2018. 121 с.
2. Методология оценки эрозионного состояния агроландшафтов по материалам дистанционного зондирования / А. С. Рулев, Е. А. Литвинов, М. М. Кочкар, О. М. Воробьева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 4 (24). С. 51-57.
3. Рулев А. С., Юферев В. Г., Рулев Г. А. Почвенно-геоморфологическая катена «Малый сырт – Прикаспий» // Геоморфология. 2020. № 1. С. 22-33.
4. Рулев А. С., Юферев В. Г. Геоинформационный анализ ландшафтных катен Волго-Иловлин-ского междуречья // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 11. Естественные науки. 2012. № 2 (4). С. 56-64.
5. Рулев А. С., Юферев В. Г., Юферев М. В. Геоинформационное картографирование и моделирование эрозионных ландшафтов. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2015. 150 с.
6. Рулев А. С., Юферев В. Г., Юферев М. В. Методология геоинформационного моделирования // Вестн. Российской академии сельскохозяйственных наук. 2011. № 5. С. 5-6.
7. Рулев А. С., Кошелева О. Ю., Шинкаренко С. С. Геоморфологические критерии проведения лесомелиорации ландшафтов (на примере Приэльтонья) // Геоморфология. 2017. № 2. С. 63-71.
8. Сизов А. П., Хабаров Д. А., Хабарова И. А. Новые подходы к разработке методики формирования семантической информации мониторинга земель на основе обработки и анализа картографической информации // Известия высших учебных заведений «Геодезия и аэрофотосъемка». 2018. Т. 62. № 4. С. 434-441.
9. Хабарова И. А., Непоклонов В. Б. Деградация земель юга Российской Федерации // Известия высших учебных заведений «Геодезия и аэрофотосъемка». 2017. Т. 61. № 2. С. 111-115.
10. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Y. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // Journal of Forest Science. 2019. № 65. P. 195-202.
11. Drăguț L., Eisank C. Automated object-based classification of topography from SRTM data // Geomorphology. 2012. Vol. 141-142. P. 21-33.
12. Florinsky I. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2012. 379 p.
13. Kuzmina Zh. V., Shinkarenko S. S., Solodovnikov D. A. Main Tendencies in the Dynamics of Floodplain Eco-systems and Landscapes of the Lower Reaches of the Syr Darya River under Modern Changing Conditions // Arid Ecosystems. 2019. V. 9. No 4. P. 226-236.

Conclusions. As a result of the analysis of the geomorphological features of the agrolandscapes of the Middle Don, the state of the agrolandscapes at the considered landfill was assessed using GIS technologies that allow for rapid processing, transmission of infor-

mation, creation of cartographic information, and rapid analysis of processes occurring in large areas of the country. According to the revealed dependences of the speed of the processes occurring, the future prerequisites for the development of the studied landscape are established. Using computer programs that perform the necessary operations to link the necessary information, data calculations, and generalization of a huge amount of data, the following tasks were performed: the methodology for creating electronic maps was studied; land ownership was determined, a map of functional zoning of the test site was created; an isolinear elevation map was developed; a catchment map was developed; a map of terrain slopes was developed; a map of slope exposure was developed; which in the future will allow developing a long-term plan for restoring disturbed landscapes within the test polygon.

References

1. Afonin A. N., Sokolov Yu. V. Ecological-geographical analysis and modeling of the distribution of biological objects using GIS. SPb: Publishing house of VVM, 2018. 121 p.
2. Methodology for assessing the erosional state of agricultural landscapes based on remote sensing materials / A. S. Rulev, E. A. Litvinov, M. M. Kochkar, O. M. Vorobieva // Bulletin of the Nizhnevolzhsky agricultural university complex: science and higher professional education. 2011. No. 4 (24). P. 51-57.
3. Rulev A. S., Yuferev V. G., Rulev G. A. Soil-geomorphological catena "Maly Syrt - Caspian Sea" // Geomorphology. 2020. No. 1. P. 22-33.
4. Rulev A. S., Yuferev V. G. Geoinformation analysis of landscape catenas of the Volga-Ilovinsky interfluvium // Vestn. Volgogr. state un-that. Ser. 11. Natural sciences. 2012. No 2 (4). P. 56-64.
5. Rulev A. S., Yuferev V. G., Yuferev M. V. Geoinformation mapping and modeling of erosional landscapes. Volgograd: VNIALMI, 2015. 150 p.
6. Rulev A. S., Yuferev V. G., Yuferev M. V. Methodology of geoinformation modeling // Vestn. Russian Academy of Agricultural Sciences. 2011. No 5. P. 5-6.
7. Rulev A. S., Kosheleva O. Yu., Shinkarenko S. S. Geomorphological criteria for landscape landscaping (on the example of Eltonia) // Geomorphology. 2017. No. 2. P. 63-71.
8. Sizov A. P., Khabarov D. A., Khabarova I. A. New approaches to the development of methods for the formation of semantic information for land monitoring based on the processing and analysis of cartographic information // Bulletin of higher educational institutions "Geodesy and aerial photography". 2018. Vol. 62. No. 4. P. 434-441.
9. Khabarova I. A., Nepoklonov V. B. Land degradation of the south of the Russian Federation // Proceedings of higher educational institutions "Geodesy and aerial photography". 2017. Vol. 61. No. 2. P. 111-115.
10. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev, A. A. Zavalin, Y. N. Pleskachev, A. V. Vdovenko, S. D. Fomin, E. S. Vorontsova // Journal of Forest Science. 2019. No. 65. P. 195-202.
11. Drăguț L., Eisank C. Automated object-based classification of topography from SRTM data // Geomorphology. 2012. Vol. 141-142. P. 21-33.
12. Florinsky I. Digital terrain analysis in soil science and geology. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2012. 379 p.
13. Kuzmina Zh. V., Shinkarenko S. S., Solodovnikov D. A. Main Tendencies in the Dynamics of Floodplain Eco-systems and Landscapes of the Lower Reaches of the SyrDarya River under Modern Changing Conditions // Arid Ecosystems. 2019. V. 9. No 4. P. 226-236.

Authors Information

Silova Victoria Alexandrovna, junior researcher of laboratory of GIS modeling and mapping of agroforest landscape FSC of agroecology RAS (Russia, 400062, Volgograd, University ave., 97). E-mail: E-mail: viktoriatem@mail.ru

Информация об авторе

Силова Виктория Александровна, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНИЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), E-mail: viktoriatem@mail.ru

TECHNIQUES FOR INCREASING THE PRODUCTIVITY OF SUDAN GRASS IN THE DRY-STEPPE ZONE OF THE LOWER VOLGA REGION

Y.A. Laptina, N.A. Kulikova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 02.02.2021

Submitted 15.03.2021

Abstract

Introduction. The modern scientific and technical process has all the modern technologies and various methods of forming highly productive crops with high quality indicators. All of them are aimed at creating favorable conditions for growing agricultural crops, including forage crops. The technology of production of high-protein feed is one of the important tasks of the development of feed production. To achieve this goal, it is necessary to provide animal husbandry with full-fledged feed by introducing high-yielding forage crops with a high protein content into crop production. Sudan grass is one of the traditional annual crops that successfully meet all the requirements of a high-yielding crop – good yield, nutritional value of the feed base, drought resistance and high yield of green mass. **Object.** The variety of the Sudan grass Julia with the introduction of different doses of mineral fertilizers (NPK) and the growth stimulator *Raikat Start*. **Materials and methods.** Based on many years of research, many scientists and manufacturers propose a number of scientific and practical measures for the cultivation of Sudan grass in the Lower Volga region. Our field research was carried out in the conditions of Joint Stock Company «Agrofirm – «Vostok» of the Nikolaevsky district of the Volgograd region in the period from 2016 to 2020 on plots with an area of 216 m². The sowing of germinating seeds per hectare was 1.5 million. The experience scheme included three variants of the experience: 1. Control, 2. N₆₀ P₆₀ K₄₅ + N₃₀, 3. N₆₀ P₆₀ K₄₅ + Raikat Start + N₃₀. During the research conducted, the following definitions: the leaf area of Sudan grass for first, second, and third harvests; the dynamics of growth of the leaf surface for years; the yield of green mass culture. **Results and conclusions.** According to the average long-term data for the first, second and third mowing, the area of the leaf surface on the variant N₆₀ P₆₀ K₄₅ + Raikat Start + N₃₀ was the largest, while the smallest area was observed on the control. According to our obtained yield data, we recommend the following version of the experiment for production - N₆₀ P₆₀ K₄₅ + Raikat Start + N₃₀, which allows you to get a highly productive feed base.

Key words: *Sudan grass, green mass yield, leaf surface area, leaf surface growth dynamics.*

Citation. Laptina Y. A., Kulikova N. A. Techniques for increasing the productivity of Sudan grass in the dry-steppe zone of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1 (61). 211-221 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-21.

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

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

УДК 631.454

ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Ю. А. Лаптина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Н. А. Куликова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 02.02.2021

Дата принятия к печати 15.03.2021

Актуальность. Современный научно-технический процесс располагает всеми современными технологиями и разнообразными приёмами формирования высокопродуктивных урожаев с высокими качественными показателями. Все они направлены на создание благоприятных условий для выращивания сельскохозяйственных культур, в том числе кормовых. Технология производства

высокобелковых кормов является одной из важных задач развития кормопроизводства. Для достижения этой цели необходимо обеспечить животноводство полноценными кормами за счет ввода в растениеводство высокопродуктивных кормовых культур с большим содержанием белка. Суданская трава является одной из традиционных однолетних культур, отвечающей всем требованиям высокопродуктивной культуры: хорошая отавность, питательная ценность кормовой базы, засухоустойчивость и высокая урожайность зеленой массы. **Объект.** Сорт суданской травы Юлия с внесением разных доз минеральных удобрений (NPK) и стимулятора роста Райкат Старт. **Материалы и методы.** На основании многолетних исследований многими учеными и производителями предлагается ряд научно-практических мероприятий по возделыванию суданской травы в Нижнем Поволжье. Наши полевые исследования закладывались в условиях АО «Агрофирма «Восток» Николаевского района Волгоградской области в период с 2016 по 2020 годам на участках площадью 216 м². Высев всхожих семян на гектар составил 1,5 млн. Схема опыта включала три варианта опыта: 1. Контроль; 2. N₆₀ P₆₀ K₄₅ + N₃₀; 3. N₆₀ P₆₀ K₄₅ + Райкат Старт + N₃₀. В период исследований проводились следующие определения: площадь листовой поверхности суданской травы по первому, второму и третьему укосам; динамика роста листовой поверхности по годам; урожайность зеленой массы культуры. **Результаты и выводы.** По среднесуточным данным, к первому, второму и третьему укосам площадь листовой поверхности на варианте N₆₀ P₆₀ K₄₅ + Райкат Старт + N₃₀ была наибольшей, наименьшая же площадь наблюдалась на контроле. Согласно нашим полученным данным по урожайности, мы рекомендуем в производство следующий вариант опыта - N₆₀ P₆₀ K₄₅ + Райкат Старт + N₃₀, позволяющий получить высокопродуктивную кормовую базу.

Ключевые слова: суданская трава, урожайность зелёной массы суданской травы, площадь листовой поверхности, продуктивность суданской травы.

Цитирование. Лаптина Ю. А., Куликова Н. А. Приемы повышения продуктивности суданской травы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК.* 2021. 1 (61). 211-221. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-21.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Среди большого набора однолетних трав, используемых для производства грубых, сочных и искусственно обезвоженных кормов, особая роль принадлежит суданской траве [10].

Суданская трава – это кормовая культура, используемая для получения как грубых (сено, сенаж), так и сочных кормов (зеленая масса) [9].

Ценные биологические и хозяйственные качества, сочетающиеся с высокой урожайностью, способствуют быстрому расширению посевов суданской травы [5].

Современные технологии в производстве в настоящее время преследуют не только рост продуктивности сельскохозяйственных культур, но и рост качественных показателей. По питательности и урожайности суданская трава занимает первое место среди однолетних кормовых культур. В 100 кг зеленой массы содержится 19,0 корм. ед. и 2,3 кг переваримого протеина [3].

Постоянный поиск путей удешевления кормов, увеличения объемов и улучшения качества остается весьма актуальным. В решении данного вопроса немаловажное значение имеет суданская трава [8].

Одним из условий получения высоких урожаев является плодородие почвы, но не стоит забывать о значении удобрений, особенно для культур, способных выносить питательные вещества из почвы. Одной из наиболее продуктивных кормовых культур является суданская трава, которая реализует свой биологический потенциал при условии обеспеченности почвы питательными веществами. Исходя из этого определяются дозы и виды удобрений [4]. Накопление органической массы в почве зависит от вида растения, способов и приемов их возделывания [7].

Материалы и методы. Полевые исследования в период 2016-2020 гг. проводили в условиях АО «Агрофирма «Восток» Николаевского района Волгоградской области, почвы опытного участка – каштановые.

Агротехника возделывания суданской травы на зелёный корм была ориентирована на исполнение элементов общепринятой технологии для условий богарного земледелия Волгоградской области.

Размер делянок первого порядка 40 x 5,4 метра. Площадь 216 м². Повторность была трёхкратная. Норма высева составила 1,5 млн всхожих семян на гектар. Схема опыта: 1. Контроль без удобрений; 2. N₆₀ P₆₀ K₄₅ + N₃₀; 3. Стимулятор роста Райкат Старт; N₆₀ P₆₀ K₄₅ + Райкат Старт + N₃₀.

Минеральные удобрения N₆₀ P₆₀ K₄₅ вносили под основную обработку почвы. Стимулятор роста Райкат Старт в виде обработки семян и листовой подкормки. N₃₀ вносился в виде листовой подкормки в фазу кущения первого укоса.

При закладке полевых опытов, проведении исследований и наблюдений использовали общепринятые методики.

В опыте высевался сорт Юлия. Он относится к группе зернокармликовых. Включен в Госреестр по Средневолжскому и Нижневолжскому регионам. Кустистость у растения средняя, куст прямостоячий с длинным стеблем и средним количеством листьев и средней длиной и шириной листа. Фаза формирования метелки раннее, форма метелки пирамидальная и наклонённая. Форма семян эллиптическая, цветом – светло-коричневые. Устойчивость растения к полеганию на уровне стандарта как и засухоустойчивость [6].

Цель работы – определить урожайность зеленой массы суданской травы в зависимости от внесения минеральных удобрений и стимулятора роста, определить их влияние на изменение морфологических признаков культуры.

В задачу исследований входило определение площади листовой поверхности суданской травы по первому, второму и третьему укосам; определение динамики роста листовой поверхности за все года исследований; установление зависимости от вышеперечисленных показателей и урожайностью зеленой массы культуры.

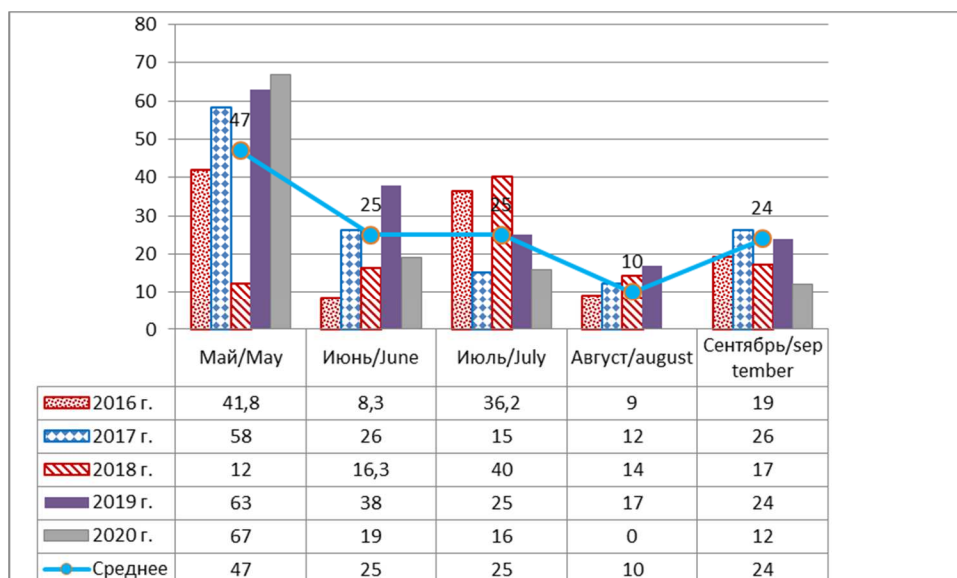


Рисунок 1 – Среднемесячное количество осадков за 2016-2020 гг.

Figure 1 – The average monthly amount of precipitation for 2016-2020

Суданскую траву возделывают в относительно теплых регионах. В таких условиях она может сформировать большую надземную массу, используя осадки второй половины лета.

Конечной целью возделывания тех или иных культур является получение продукта. При этом для кормовой цели большое значение имеет не только физическая масса, но и оценка их кормовой ценности [1].

Суданская трава за счет длинного вегетационного периода и мощной коревой системы хорошо использует почвенные запасы летнего и осеннего периодов. Среднемесячные данные на рисунке 1 показывают, что за период с 2016-2020 гг. было достаточное количество почвенной влаги для развития культуры: так, за период май-сентябрь выпало 111 мм осадков.

Следует отметить, что в мае и июне 2018 года количество выпавших осадков было значительно ниже нормы, что сказалось на всхожести и дальнейшем развитии суданской травы. Наиболее влагообеспеченным оказался 2019 год.

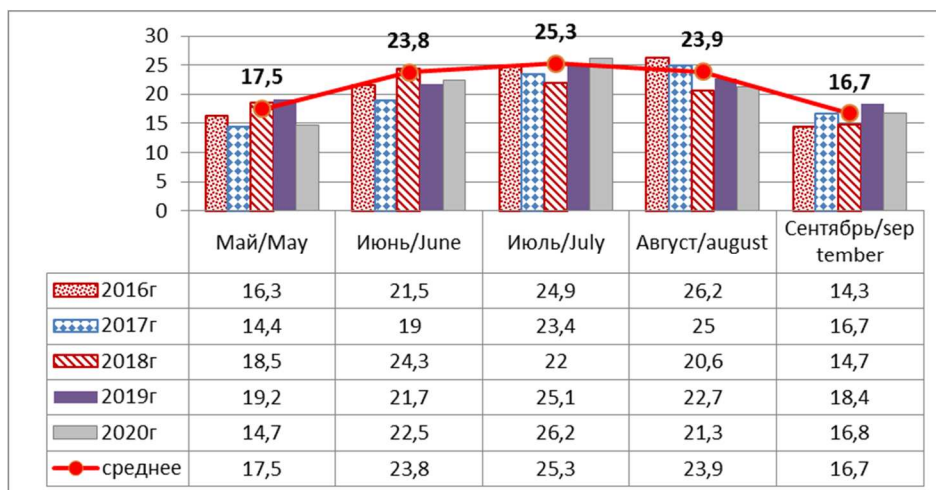


Рисунок 2 – Среднемесячный температурный режим за 2016-2020-гг.

Figure 2 – Average monthly temperature range for 2016-2020

Суданская трава является весьма теплолюбивым растением, оптимальная температура для её развития колеблется в пределах 20-30 °С. Согласно данным, представленным на рисунке 2, сентябрь по всем годам исследований не отвечал оптимальным требованиям: температурные значения наблюдались в пределах 14,3 – 18,4 °С, но за счет ранее (летний период) сформировавшейся надземной массы и проведенных укосов температура сентября не сильно повлияла на формирование урожайности зелёной массы. За пять лет исследований средние показатели в летний период были оптимальными для возделывания суданской травы (от 23,8 °С до 25,3 °С).

Результаты. Суданская трава обладает хорошей кустистостью при хорошей площади питания и обеспеченности влагой с азотом. Кущение начинается с фазы пятого листа и продолжается вплоть до цветения, что влияет на площадь листовой поверхности растения. В свою очередь, площадь листьев формирует высокое нарастание зелёной массы, поэтому напрямую влияет на урожай.

Для получения обильного урожая кормовой зеленой массы важное значение имеет площадь листовой поверхности, которая формирует урожай в течение всей вегетации. Так, по среднемноголетним данным, представленным на рисунке 3, к первому укосу площадь листовой поверхности была наибольшей по варианту N₆₀ P₆₀ K₄₅ + Райкат Старт + N₃₀ (39,2 тыс. м²/га), наименьшая площадь наблюдалась на контроле (25,1 тыс. м²/га).

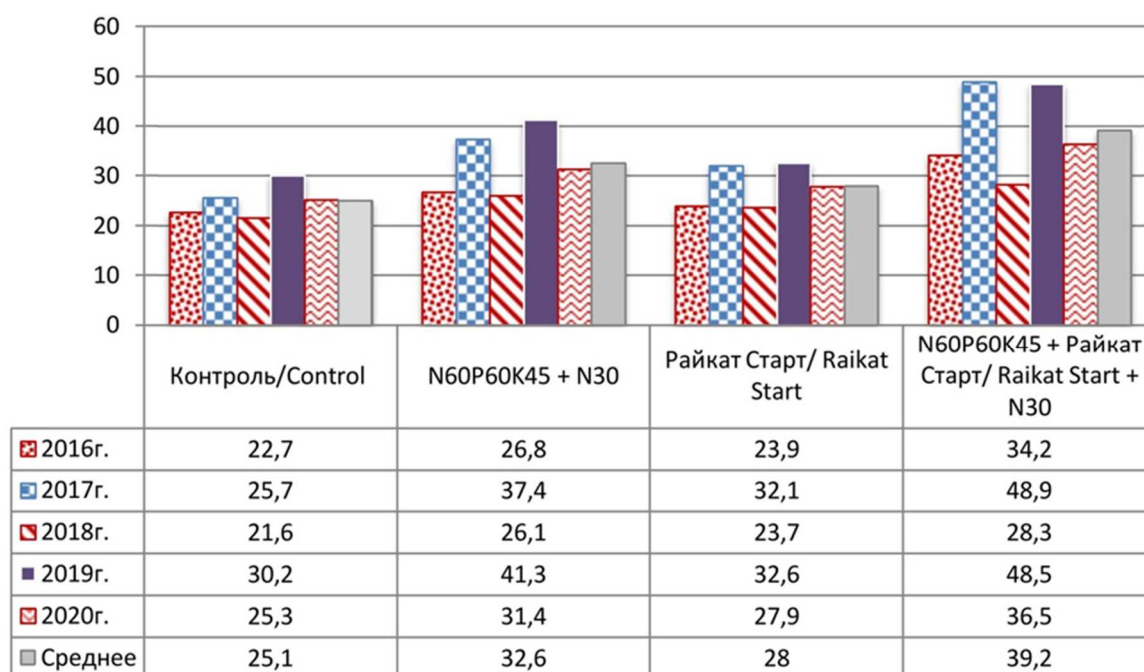


Рисунок 3 – Площадь листовой поверхности к первому укосу, тыс. м²/га

Figure 3 – The area of the leaf surface to the first mowing thousand, m²/ha

Такая же динамика изменения площади листовой поверхности прослеживалась ко второму укосу – 18,3 тыс. м²/га на варианте N₆₀ P₆₀ K₄₅ + Райкат Старт + N₃₀ и 14,6 тыс. м²/га на контроле (рисунок 4). И соответственно к третьему укосу, вариант: N₆₀ P₆₀ K₄₅ + Райкат Старт + N₃₀ – 8 тыс. м²/га, контроль – 7 тыс. м²/га.

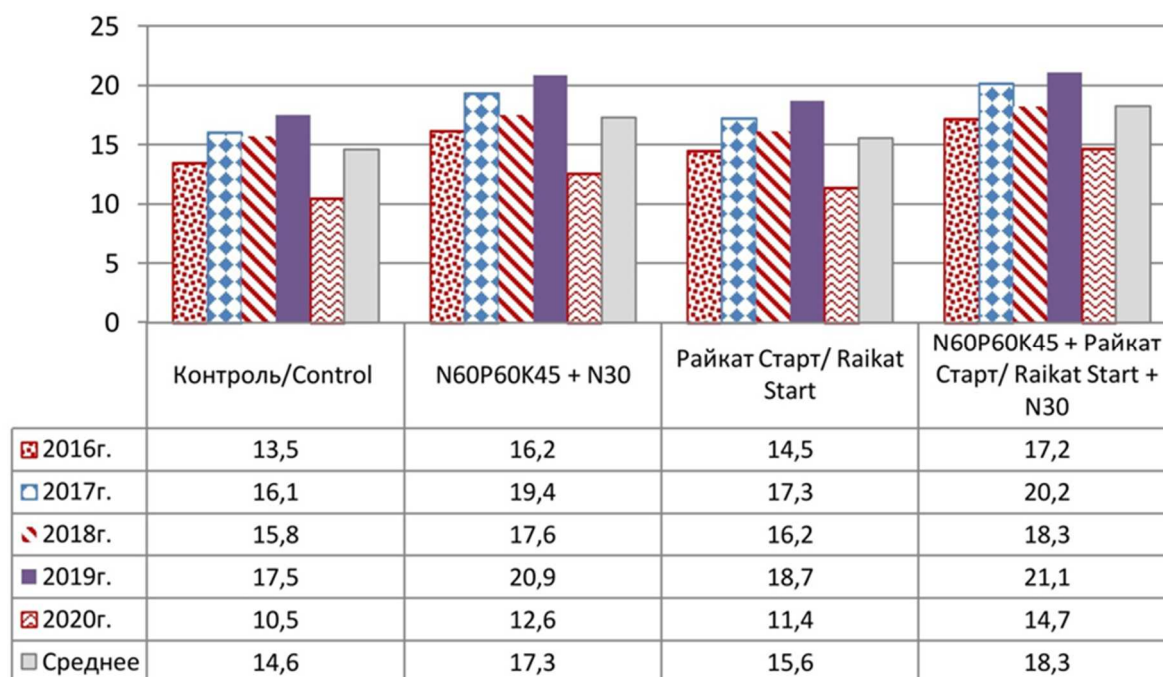


Рисунок 4 – Площадь листовой поверхности ко второму укосу, тыс. м²/га

Figure 4 – The area of the leaf surface to the second mowing thousand, m²/ha

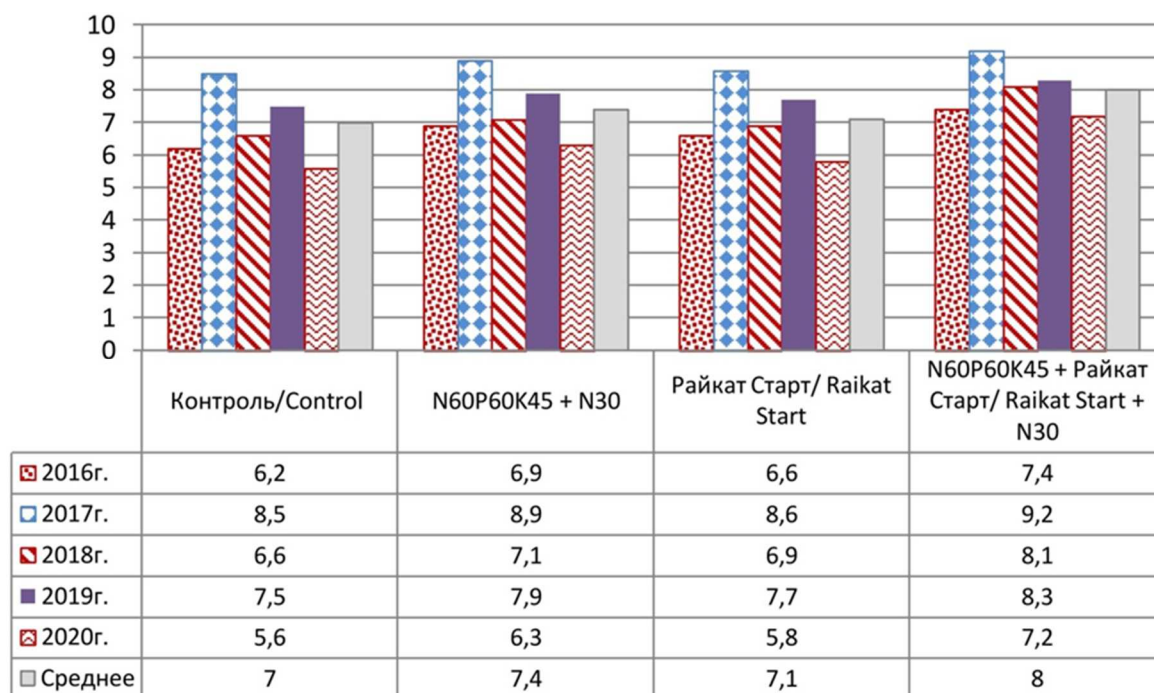


Рисунок 5 – Площадь листовой поверхности к третьему укосу, тыс. м²/га

Figure 5 – The area of the leaf surface to the third mowing thousand, m²/ha

Благодаря отавности, суданская трава является перспективной культурой для использования в пастбищном режиме [2].

Динамика нарастания листовой поверхности по трем укосам различается: так, к первому укос (рисунок 3) в среднем за пять лет по самому перспективному варианту N₆₀ P₆₀ K₄₅ + Райкат Старт/ Raikat Start + N₃₀ площадь составила 39,2 тыс. м²/га, что на 20,9 тыс. м²/га больше чем сформировалось ко второму укос (рисунок 4) и соответственно на 31,2 тыс. м²/га больше к третьему укос (рисунок 5). Такие же результаты наблюдаются по всем другим вариантам.

Таблица 1 – Динамика роста листовой поверхности, среднее за 2016-2020 гг., тыс. м²/га

Table 1 – Dynamics of leaf surface growth, average for 2016 - 2020, thousand m²/ha

Варианты/ options	1 укос / 1 ukos			2 укос / 2 ukos			3 укос / 3 ukos		
	Кущение / tillering	выход в трубку / exit to the tube	к 1 укос / by 1 mowing	Кущение / tillering	выход в трубку / exit to the tube	к 2 укос / by 2 mowing	Кущение / tillering	выход в трубку / exit to the tube	к 3 укос / by 3 mowing
Контроль / Control	7,7	17,4	25,1	4,4	10,0	14,6	2,5	4,9	7,0
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + N ₃₀	8,9	23,8	32,6	4,8	11,5	17,3	3,0	5,6	7,4
Райкат Старт / Raikat Start	8,0	19,5	28,0	4,6	10,6	15,6	2,9	5,5	7,1
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₉₀ + Райкат Старт / Raikat Start + N ₃₀	9,7	29,6	39,2	5,3	12,9	18,3	3,7	6,4	8,0

Одним из важных показателей, который влияет на урожайность зеленой массы сельскохозяйственной культуры, является динамика роста листовой поверхности. Как показывают данные исследования (таблица 1), листовая поверхность суданской травы нарастала с фазы кущения до момента укоса по всем вариантам опыта. В период от первого до третьего укоса листовая поверхность уменьшалась: так, площадь листовой поверхности на наилучшем варианте ($N_{60} P_{60} K_{45} + \text{Райкат Старт} + N_{30}$) к первому укосу составляла 39,2 тыс. $m^2/га$, что на 31,2 тыс. $m^2/га$ больше, чем площадь листовой поверхности к третьему укосу (8,0 тыс. $m^2/га$). Аналогичные данные по росту листовой поверхности между укосами просматриваются по другим вариантам опыта.

Урожайность сельскохозяйственных культур зависит от множества факторов, но все они должны быть направлены на ускорение образования органической массы, по которой определяют объем производства продукции растениеводства. Поэтому этот показатель должен отражаться в научно-исследовательских работах.

Таблица 2 – Урожайность зелёной массы суданской травы к первому укосу, т/га

Table 2 – Yield of green mass of Sudan grass by the first mowing, t/ha

Варианты/ options	Годы исследований/Years of research					Среднее/ Average
	2016	2017	2018	2019	2020	
Контроль / Control	8,8	10,8	7,9	11,2	9,5	9,6
$N_{60} P_{60} K_{45} + N_{30}$	12,2	15,2	12,0	15,8	14,1	13,8
Райкат Старт / Raikat Start	9,7	11,8	9,5	12,4	11,7	11,0
$N_{60} P_{60} K_{45} + \text{Райкат Старт} / \text{Raikat Start} + N_{30}$	17,4	19,6	15,1	20,5	18,1	18,1
НСП	0,68	0,62	0,71	0,62	0,87	-

Анализ урожайности зеленой массы к первому укосу показывает, что наиболее оптимальные условия для роста и развития суданской травы сложились в 2019 году, что позволило получить наибольшую урожайность от 11,2 т/га на контроле до 20,5 на варианте с комплексным применением минеральных удобрений и стимулятора роста. Отсутствие осадков в мае и июне 2018 года отрицательно сказались на продуктивности первого укоса.

Во все годы исследований наибольший эффект на продуктивность первого укоса оказало комплексное внесение $N_{60} P_{60} K_{45} + \text{Райкат Старт} + N_{30}$, и в среднем за пять лет на этом варианте прибавка в сравнении с контролем составила 8,5 т/га, тогда как применение только минерального удобрения обеспечило прибавку 4,2 т/га, а применение стимулятора роста – 1,4 т/га.

Таблица 3 – Урожайность зелёной массы суданской травы ко второму укосу, т/га

Table 3 – Yield of green mass of Sudan grass by the second mowing, t/ha

Варианты / options	Годы исследований / Years of research					Среднее / Average
	2016	2017	2018	2019	2020	
Контроль / Control	5,5	6,6	5,8	8,0	4,4	6,1
$N_{60} P_{60} K_{45} + N_{30}$	5,7	6,7	6,0	8,3	4,8	6,3
Райкат Старт / Raikat Start	5,6	6,6	5,9	8,2	4,5	6,2
$N_{60} P_{60} K_{45} + \text{Райкат Старт} / \text{Raikat Start} + N_{30}$	5,8	6,8	6,1	8,4	5,0	6,4
НСП	0,2	0,19	0,24	0,28	0,33	-

Анализ данных таблиц 3 показывает, что наибольшая урожайность ко второму укосу также сформировалась в 2019 году на варианте с комплексным применением стимулятора роста и минеральных удобрений. Менее благоприятные условия сложились в 2020 году, однако преимущество данного варианта сохраняется.

К третьему укосу (таблица 4) наиболее высокая урожайность зеленой массы отмечалась в 2017 году, а наименьшая – в 2020 году. По вариантам опыта сохранялась динамика аналогичная первому и второму укосам.

Средние данные по урожайности в разные годы были различны, но во все годы урожайность уменьшалась к третьему укосу. Так, к первому укосу показатели варьировали от 9,6 т/га (контроль) до 18,1 т/га ($N_{60} P_{60} K_{45}$ + Райкат Старт + N_{30}), ко второму укосу от 6,1 т/га (контроль) до 6,4 т/га ($N_{60} P_{60} K_{45}$ + Райкат Старт + N_{30}), к третьему укосу соответственно от 3,6 (контроль) до 4,1 т/га ($N_{60} P_{60} K_{45}$ + Райкат Старт + N_{30}).

Таблица 4 – Урожайность зелёной массы суданской травы к третьему укосу, т/га

Table 4 – Yield of green mass of Sudan grass by the third mowing, t/ha

Варианты / options	Годы исследований / Years of research					Среднее / Average
	2016	2017	2018	2019	2020	
Контроль / Control	3,4	4,2	3,5	3,9	3,2	3,6
$N_{60} P_{60} K_{45}$ + N_{30}	3,5	4,3	3,9	4,2	3,3	3,8
Райкат Старт / Raikat Start	3,4	4,3	3,5	4,1	3,2	3,7
$N_{60} P_{60} K_{45}$ + Райкат Старт / Raikat Start + N_{30}	3,7	4,5	4,3	4,4	3,6	4,1
НСР	0,30	0,26	0,4	0,5	0,3	-

Как и любая культура, суданская трава лучше растет и развивается на удобренных и плодородных землях, где количество питательных веществ находится в достаточном количестве. Таким образом, можно отметить, что варианты с применением удобрений показали результаты лучше, чем на контроле, по всем годам исследований (таблицы 2-4).

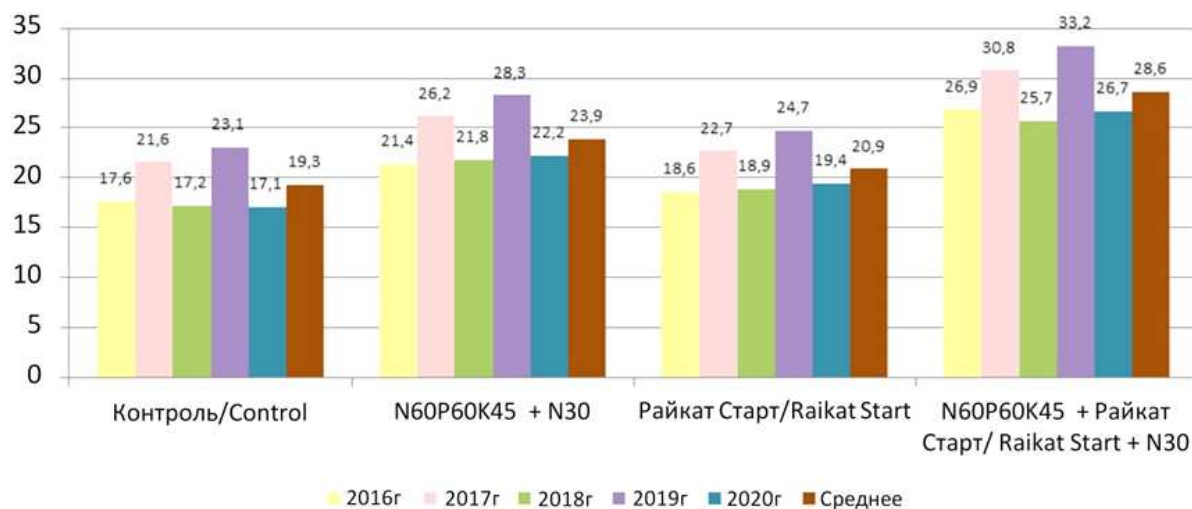


Рисунок 6 – Урожайность зелёной массы суданской травы в сумме за три укоса, т/га

Figure 6 – The yield of the green mass of the Sudan grass in the amount of three mowing, t/ha

Анализ урожайности определяет динамику роста сельскохозяйственной культуры, эффективность применяемых технологий, даёт понять, насколько правильно выбран подход к возделыванию сельскохозяйственной культуры. Рисунок 6 наглядно отображает положительное влияние применения стимулятора роста и минеральных

удобрений по всем годам исследований. Использование минеральных удобрений без стимулятора роста дало более низкую урожайность, но самый низкий показатель был получен на контроле.

Таблица 5 – Урожайность зелёной массы суданской травы в среднем 2016-2020 гг.

Table 5 – The yield of the green mass of the Sudan grass in the average 2016-2020

Удобрения и стимуляторы роста / Fertilizers and growth promoters	Урожайность, т/га			
	1 укос / 1 ukos	2 укос / 2 ukos	3 укос / 3 ukos	В сумме за 3 укоса / In total for 3 mowing operations
Контроль, без удобрений / Control, without fertilizers	9,6	6,1	3,6	19,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₅ + N ₃₀	13,8	6,3	3,8	23,9
Райкат Старт / Raikat Start	11,0	6,2	3,7	20,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₅ + Райкат Старт + N ₃₀ / N ₆₀ P ₆₀ K ₄₅ + Raikat Start+ N ₃₀	18,1	6,4	4,1	28,6

В среднем за 2016-2020 годы наибольшая урожайность зелёной массы суданской травы в опыте сформировалась к первому укос: так, на варианте с комплексным использованием минеральных удобрений и стимулятора роста она составила 18,1 т/га, что на 64,6 % больше по сравнению со 2 укосом и на 77,3 % – по сравнению с 3 укосом. На других вариантах опыта по укосам прослеживается схожая динамика.

Анализ влияния различных уровней питания на продуктивность суданской травы также показал преимущество варианта с внесением минеральных удобрений в дозе N₁₂₀P₁₂₀K₉₀ + N₃₀ и обработкой семян стимулятором роста Райкат Старт, данный прием позволил получить прибавку 9,3 т/га, по сравнению с контролем. Использование только минеральных удобрений обеспечило прибавку 4,6 т/га. На варианте с применением только стимулятора роста прибавка составила 1,6 т/га.

Обсуждение. На протяжении многих лет перед растениеводами стоит задача повышения качества полноценных кормов, применение инновационных методов и технологий, использование перспективных удобрений и стимуляторов роста с целью устранения дефицита белка. Расширение посевов кормовых культур путем полного применения всех возможных технологий можно решить проблему снижения белка и обеспечить бесперебойное поступление высококачественной зеленой массы в качестве корма.

Одним из путей повышения урожайности качественной зеленой массы суданской травы является внесение минеральных удобрений и использование стимулятора роста.

Выводы. Внесение минеральных удобрений способствует повышению урожайности зеленой массы суданской травы, особенно важно подкармливать растение после первого укоса, так как особенностью культуры является вынос потальных веществ из почвы.

Для почвенно-климатических условий Нижнего Поволжья суданская трава, как источник высокобелковой кормовой базы на фоне хорошей засухоустойчивости растения, высокой её отавности и стабильной урожайности зеленой массы культуры имеет перспективу. Возделывание суданской травы с использованием минеральных удобрений и стимулятора роста даёт возможность повысить ценность кормовой базы, особенно содержание протеина.

На основании полученных результатов максимальный урожай зеленой массы суданской травы был получен при внесении удобрений N₆₀P₆₀K₄₅ + Райкат Старт + N₃₀, где среднегодовая урожайность составила 28,6 т/га зеленой массы.

Библиографический список

1. Гайсиева Е. А. Изучение смешанных агрофитоценозов с участием суданской травы // Наука и образование. 2019. № 3 (56). С. 14-19. <https://e.lanbook.com/journal/issue/311397>.
2. Жанаталапов Н. Ж., Насиев Б. Н. Сроки посева, сроки уборки и пастбищный режим использования суданской травы. Наука и образование. 2019. № 4. С. 27-32. <https://e.lanbook.com/journal/issue/311880>.
3. Капустин С. И., Володин А. Б., Капустин А. С. Продуктивность суданской травы сорта спутница в степной зоне Северного Кавказа // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5. С. 102-104. <https://e.lanbook.com/journal/issue/309173>.
4. Лиховцова Е. А., Николайченко Н. В., Норовяткин В. И. Влияние азотно-фосфорных удобрений на плодородие темно-каштановой почвы и продуктивность различных сортов суданской травы // Аграрный научный журнал. 2015. № 1. С. 26-28. <https://e.lanbook.com/journal/issue/296639>.
5. Павлюк Н. Т., Булавский А. А., Каширский А. К. Совершенствование приемов возделывания суданской травы на семена // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 2. С. 93-96. <https://e.lanbook.com/journal/issue/294596>.
6. Суданская трава: ЮЛИЯ. ФГБУ Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений. <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9052928>.
7. Умбетаев И., Тагаев А. Накопление в почве корней люцерны и суданской травы в зависимости от доз азотных удобрений в условиях хлопкосеющей зоны юга Казахстана // Почвоведение и агрохимия. 2010. № 2. С. 71-74. https://elibrary.ru/download/elibrary_42304118_38211190.pdf.
8. Чирко Е. М., Гончаревич Т. В. Влияние десикации на урожайность и посевные качества семян суданской травы сорта пружанская в условиях Брестской области // Земледелие и селекция в Беларуси. 2018. № 54. С. 222-228. https://elibrary.ru/download/elibrary_35647247_51475808.pdf.
9. Шишова Е. А. Качество зеленой массы суданской травы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2. С. 145-151. <https://e.lanbook.com/journal/issue/307360>.
10. Шукис Е. Р., Шукис С. К. Совершенствование сортового состава суданской травы в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 8. С. 23-27. <https://e.lanbook.com/journal/issue/302044>.

Conclusions. The application of mineral fertilizers helps to increase the yield of the green mass of the Sudan grass, it is especially important to feed the plant after the first mowing, since the feature of the crop is the removal of potal substances from the soil.

For the soil and climatic conditions of the Lower Volga region, the Sudan grass is promising as a source of high-protein forage base against the background of good drought resistance of the plant, its high yield and stable yield of the green mass of the crop. Cultivation of Sudan grass using mineral fertilizers and a growth promoter makes it possible to increase the value of the feed base, especially the protein content.

Based on the results obtained, the maximum yield of green mass of Sudan grass was obtained by applying fertilizers $N_{60}P_{60}K_{45}$ + Raikat Start + N_{30} , where the average annual yield was 28.6 t/ha of green mass.

References

1. Gaisieva E. A. Study of mixed agrophytocenoses with the participation of Sudanese grass // Science and Education. 2019. No. 3 (56). P. 14-19. <https://e.lanbook.com/journal/issue/311397>.
2. Zhanatalapov N. Zh., Nasiev B. N. Terms of sowing, terms of harvesting and pasture mode of use of Sudan grass. Science and education. 2019. No. 4. P. 27-32. <https://e.lanbook.com/journal/issue/311880>.
3. Kapustin S. I., Volodin A. B., Kapustin A. S. Productivity of the Sudan grass of the Sputnika variety in the steppe zone of the North Caucasus // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2018. No. 5. P. 102-104. <https://e.lanbook.com/journal/issue/309173>.

4. Likhovtseva E. A., Nikolaichenko N. In., Nanovaccine V. I. Influence of nitrogen-phosphorus fertilizers on the fertility of dark-chestnut soil and productivity of different varieties of Sudan grass // Agrarian scientific journal. 2015. No. 1. P. 26-28. <https://e.lanbook.com/journal/issue/296639>.
5. Pavlyuk N. T., Bulavsky A. A., Kashirsky A. K. Improving the methods of cultivating Sudanese grass for seeds // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2013. No. 2. P. 93-96. <https://e.lanbook.com/journal/issue/294596>.
6. Sudan grass: JULIA. FSBI State Commission of the Russian Federation for Testing and Protection of Breeding Achievements. <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/9052928>.
7. Umbetaev I., Tagaev A. Accumulation of alfalfa and Sudan grass roots in the soil depending on the doses of nitrogen fertilizers in the conditions of the cotton-growing zone of the South of Kazakhstan. 2010. No. 2. Pp. 71-74. https://elibrary.ru/download/elibrary_42304118_38211190.pdf.
8. Chirko E. M., Goncharevich T. V. Influence of desiccation on the yield and sowing quality of seeds of the Sudanskaya grass of the Pruzhanskaya variety in the conditions of the Brest region. 2018. No. 54. Pp. 222-228. https://elibrary.ru/download/elibrary_35647247_51475808.pdf.
9. Shishova E. A. The quality of the green mass of the Sudanese grass // Bulletin of the Nizhne-Volzhsky agro-university complex: science and higher professional education. 2017. No. 2. P. 145-151. <https://e.lanbook.com/journal/issue/307360>.
10. Shukis E. R., Shukis S. K. Sovershenstvovanie sortovogo sostava sudanskoj travy v Altajskom krae // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 8. P. 23-27. <https://e.lanbook.com/journal/issue/302044>.

Author's Information

Laptina Julia Alexandrovna, Associate Professor, Department of Agriculture and Agrochemistry (400002 FSBEI of HE Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, tel. +79034785610, e-mail: ylaptina82@mail.ru.

Kulikova Natalya Alexandrovna, Associate Professor of the Department of Gardening and Plant Protection (400002 FSBEI of HE Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia), Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, tel. +79034785610, e-mail: trjasi@list.ru.

Информация об авторах

Лаптина Юлия Александровна, доцент кафедры земледелия и агрохимии (400002 ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет), кандидат сельскохозяйственных наук, телефон: +79034785610, e-mail: ylaptina82@mail.ru.

Куликова Наталья Александровна, доцент кафедры садоводства и защиты растений (400002 ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, телефон: +79034785610, e-mail: trjasi@list.ru.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-22

INFLUENCE OF A NEW FEED ADDITIVE ON PRODUCTIVITY AND PHYSIOLOGICAL INDICATORS OF DAIRY COWS

A. T. Varakin¹, A. A. Ryadnov¹, M. A. Stepurina¹, A. Yu. Itskovich¹,
V. A. Kornilova², E. S. Vorontsova^{3,4}

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Samara State Agrarian University, Samara

³Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing
of Meat-and-milk Production, Volgograd

⁴All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 15.01.2021

Submitted 02.03.2021

Summary

Based on the results of scientific and production experience (implementation) it was found, that the use of a new technological method for use in the diet for dairy cows developed combined feed mineral additive with the composition in the form of the drug «Selenopyran» in combination with natural bischofite helps to increase the productivity of dairy cows, quality characteristics of milk and the economic efficiency of its production.

Abstract

Introduction. Scientifically grounded management of dairy farming provides providing cows rations with standardized nutrients, in particular mineral. Therefore it is relevant to use a new technological method on the use of the developed combined feed mineral additive for dairy cows, contributing to the replenishment of magnesium and selenium in the diet. **Materials and methods.** For scientific and production experience (implementation) were formed two groups of dairy cows 75 animals each. The control group of cows was fed the main diet, and the experimental group - the main diet with the additional introduction of a combined feed additive with the composition: 7.43 mg of the drug «Selenopyran» (per cow per day) in a complex with natural Volgograd bischofite at the rate of 52 ml or 68500 mg (per animal per day). The given composition and number of components in the combined mineral supplement were identified according to the results of the previously conducted scientific and economic experience on lactating cows. **Results and conclusion.** As a result of scientific and industrial experience it was found, that for 116 days of implementation, on average per cow of the baseline variant (control group) milked milk in the amount of 1670.4 kg, and the animals of the experimental group had an advantage in this indicator by 243.6 kg or 14.6%. In animals of the basic variant the fat content of milk was 3.85%, and the experimental group had a superiority of 0.09%. In this regard per cow in the basic variant milk yield with basic fat content (3.4%) was 1891.5 kg, and in the experimental group this figure was higher by 326.5 kg. The hematological parameters of the cows in the groups corresponded to the physiological norm. Introduction of a new technological method for the use of a combined mineral supplement for cows allows to increase the economic efficiency of milk production.

Key words: dairy cows, dairy cow rations, combined feed additive to the diet, productive qualities of lactating cows, fat content of milk of cows.

Citation. Varakin A. T., Ryadnov A. A., Stepurina M. A., Itskovich A. Yu., Kornilova V. A., Vorontsova E. S. Influence of a new feed additive on productivity and physiological indicators of dairy cows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1 (61). 222-231 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-22.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

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

УДК 636.2.034.087.72:612.11/.12

ВЛИЯНИЕ НОВОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОЧНЫХ КОРОВ

А. Т. Варакин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. А. Ряднов¹, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН

М. А. Степурина¹, аспирант

А. Ю. Ицкович¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

В. А. Корнилова², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е. С. Воронцова^{3,4}, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Самарский государственный аграрный университет, г. Самара

³Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград

⁴Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 15.01.2021

Дата принятия к печати 02.03.2021

Актуальность. Научно обоснованное ведение молочного скотоводства предусматривает обеспечение рационов коров нормируемыми питательными веществами, в частности минеральными. Поэтому актуальным является применение нового технологического приема по использованию для молочных коров разработанной комбинированной кормовой минеральной добавки, способствующей восполнению магния и селена в рационе. **Материалы и методы.** Для проведения научно-производственного опыта (внедрения) были сформированы две группы молочных коров по 75 животных в каждой. Контрольной группе коров скармливали основной рацион, а опытной группе – основной рацион при дополнительном введении в него комбинированной кормовой добавки с составом: 7,43 мг препарата «Селенопиран» (на одну корову в сутки) в комплексе с природным волгоградским бишофитом из расчета 52 мл или 68 500 мг (на одно животное в сутки). Приведенный состав и количество компонентов в комбинированной минеральной добавке были выявлены по результатам ранее проведенного научно-хозяйственного опыта на лактирующих коровах. **Результаты и выводы.** В результате научно-производственного опыта было установлено, что за 116 дней внедрения в среднем на одну корову базового варианта (контрольной группы) надоили молока в количестве 1670,4 кг, а животные опытной группы имели преимущество по этому показателю на 243,6 кг или 14,6 %. У животных базового варианта жирность молока составила 3,85 %, а опытная группа имела превосходство на 0,09 %. В связи с этим на одну корову в базовом варианте надой молока с базисной жирностью (3,4 %) составил 1891,5 кг, а в опытной группе данный показатель был выше на 326,5 кг. Гематологические показатели у коров в группах соответствовали физиологической норме. Внедрение нового технологического приема по использованию для коров комбинированной минеральной добавки позволяет повысить экономическую эффективность производства молока.

Ключевые слова: молочные коровы, рационы молочных коров, комбинированные кормовые добавки, продуктивные качества лактирующих коров, жирность молока коров.

Цитирование. Варакин А. Т., Ряднов А. А., Степурина М. А., Ицкович А. Ю., Корнилова В. А., Воронцова Е. С. Влияние новой кормовой добавки на продуктивность и физиологические показатели молочных коров. *Известия НВ АУК*. 2021. 1 (61). 222-231. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. За счет обеспечения качественного рациона достигается биологическая полноценность кормления молочного скота, что служит основой при достижении у него высоких продуктивных показателей [8, 9, 16] и качества получаемой продукции [7, 12].

Выполнение этого важного условия в удовлетворении потребностей сельскохозяйственных животных по биологической полноценности кормления положительно отражается на их физиологическом состоянии, в частности на гематологических показателях [1, 4, 20].

Оценка экономической эффективности является неотъемлемой частью при организации работ по разведению крупного рогатого скота [15] и по технологии его кормления [14].

Достижению биологической полноценности потребляемых рационов и высоких продуктивных качеств молочных коров способствует использование эффективных кормовых добавок [11, 19].

В настоящее время значительный интерес у специалистов животноводства – научных работников и практиков – вызывает использование в рационах экологически безопасных кормовых и биологически активных добавок природного происхождения сельскохозяйственным животным [2, 6, 18], позволяющих существенно повысить их продуктивность.

Балансирование рационов с целью достижения требуемого, согласно нормам кормления, содержания минеральных веществ является научно обоснованным подходом и в итоге показывает улучшение показателей переваримости корма и использования его питательных веществ животными, рост продуктивности и повышение эффективности производства [10].

Поэтому важен и актуален для целей животноводства природный источник жизненно необходимых минеральных элементов в рационы – бишофит волгоградского месторождения, и в первую очередь – магния.

В результате эксперимента было установлено положительное влияние использования в рационах природного волгоградского бишофита на гематологические показатели хряков-производителей [17].

Селен также отнесен к жизненно важным микроэлементам в питании сельскохозяйственных животных. В их организме содержание селена весьма мало, и поэтому он отнесен к ультрамикроэлементам. Обеспечение в селене рационов способствует повышению интенсивности обмена веществ в организме животных и их продуктивных качеств. Его значение для жизнедеятельности сельскохозяйственных животных очень велико.

Исследователи также отмечают положительные результаты от совместного введения в рацион хрякам-производителям минеральных кормовых добавок, в частности природного волгоградского бишофита в сочетании с селенорганическим препаратом «Селенопиран» [3]. При этом выявлена положительная эффективность их воздействия на обмен веществ у хряков и воспроизводительные качества.

Целью проведенных исследований являлось изучение продуктивных качеств и физиологического состояния у молочных коров при использовании нового технологического приема с введением в рацион комбинированной кормовой добавки в виде органического селенсодержащего препарата «Селенопиран» совместно с природным бишофитом волгоградского месторождения.

Материалы и методы. При достижении намеченной цели научные исследования (производственное внедрение) выполнялись в условиях сельскохозяйственного производства в ИП крестьянско-фермерском хозяйстве «Кочкина Н. И.» Волгоградской области. Проведение научно-производственного опыта (внедрения) организовали на

лактующих коровах с использованием метода групп. Для исследований были сформированы 2 группы молочных коров: контрольная базового варианта и опытная (по семьдесят пять голов в каждой). В научно-производственном опыте использовали коров красной степной породы.

Исследования на подопытных молочных коровах при производственной проверке (внедрении) были выполнены согласно схеме, приведенной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема научно-производственного опыта (внедрения)
на лактирующих коровах

Table 1 – Scheme of scientific and production experience (implementation)
on lactating cows

Группа коров / Group cows	Количество, голов / Amount, heads	Продолжительность, дни / Duration, days	Особенности кормления / Features feeding
Контрольная / Control	75	116	Основной рацион (ОР) / Basic diet (OR)
Опытная / Experienced	75	116	ОР + комбинированная кормовая минеральная добавка / OR + combined feed mineral additive

Производственную проверку (внедрение) в условиях сельскохозяйственного производства провели в течение 116 дней. В течение научно-производственного опыта (внедрения) за подопытными молочными коровами контрольной и опытной групп был организован одинаковый уход с содержанием в одинаковых условиях.

Селенорганический препарат «Селенопиран» выпускается в виде оранжевого жирорастворимого порошка с содержанием 24 % селена.

Результаты. Молочным коровам обеих групп рационы были составлены с учетом норм кормления РАСХН. При проведении научно-производственного опыта по компонентам потребляемых коровами контрольной и опытной групп кормов и необходимых кормовых минеральных добавок рационы не различались. Особенности кормления лактирующих коров характеризовались тем, что опытной группе дополнительно в рацион была введена испытываемая комбинированная кормовая добавка.

Состав среднесуточного рациона для подопытных лактирующих коров по количеству заданных кормов и новой комбинированной минеральной добавки представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Количество кормов и испытываемой комбинированной кормовой добавки в составе среднесуточного рациона для молочных коров, кг

Table 2 – The amount of feed and tested combined feed additive as part of the average daily ration for dairy cows, kg

Корма и добавки / Feed and additives	Группа / Group	
	контрольная (базовый вариант) / control ((basic version)	опытная / experienced
Силос / Silage	27,0	27,0
Сено бобовое / Bean hay	2,50	2,50
Сено злаковое / Grain hay	1,0	1,0
Концентрированный корм / Concentrated feed	3,95	3,95
Кормовая патока / Fodder syrup	1,0	1,0
Комбинированная минеральная добавка, мг / Combined mineral supplement, mg	-	68507,43

При проведении научно-производственного опыта (внедрения) контрольная группа молочных коров получала основной рацион. Опытная группа коров также получала основной рацион при дополнительном введении в его состав новой комбинированной кормовой добавки, а именно 7,43 мг препарата «Селенопиран» (на одну корову в сутки) в комплексе с природным волгоградским бишофитом из расчета 52 мл или 68500 мг (на одно животное в сутки). Эти дозировки «Селенопиран» и природного бишофита в составе вышеназванной комбинированной минеральной добавки показали положительные результаты для лактирующих коров на основании выполненного ранее научно-хозяйственного опыта.

Кроме того, молочным коровам контрольной и опытной групп для балансирования основного рациона были введены требуемые кормовые добавки в виде соли поваренной, фосфата кормового и другие.

На основе данных, полученных в производственной проверке (внедрении), установили, что под влиянием дополнительного включения в рационы новой комбинированной минеральной добавки с составом в виде препарата «Селенопиран» в сочетании с природным бишофитом у молочных коров опытной группы улучшился показатель количества произведенного молока и его качественная характеристика.

Результаты продуктивности лактирующих коров по сравниваемым группам в среднем за 116 дней научно-производственного опыта (внедрения) приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Продуктивные качества молочных коров в период исследований при производственной проверке (внедрении), n = 75

Table 3 – Productive qualities of dairy cows during the research period during production check (implementation), n = 75

Группа молочных коров / Group of dairy cows	Показатель / Indicator			
	Средний суточный удой, кг / Average daily milk yield, kg	Содержание жира в молоке, % / Fat content in milk, %	Надоеено молока на одну корову за период опыта (внедрения), кг / Milk needed per cow for the period of experience (implementation), kg	
			натурального / natural	базисной жирности (3,4 %) / basis fat (3.4%)
Контроль / The control	14,4	3,85	1670,4	1891,5
Опытная / Experienced	16,5	3,94	1914,0	2218,0

По данным производственной проверки (внедрения) в опытной группе лактирующих коров был получен более высокий среднесуточный удой натурального молока. Коровы этой группы имели изучаемый показатель, равный 16,5 кг, что больше на 2,1 кг или 14,6 %, чем в контроле (базовом варианте).

Содержание жира в молоке коров дает характеристику его качественной стороны. В сравнении с животными базового варианта (контроль), имеющими данный показатель равным 3,85 %, опытная группа имела превосходство, составляющее 0,09 %.

Поэтому аналогичная закономерность выявлена у молочных коров опытной группы при пересчете среднего суточного удоя на молоко с базисной жирностью (3,4 %). В данной группе этот показатель составил 19,1 кг, что больше на 2,8 кг по сравнению с контрольной группой коров (16,3 кг).

В целом за 116 дней научно-исследовательской работы (внедрения) в среднем на одну корову контрольной группы (базового варианта) было надоеено натурального молока 1670,4 кг, а животные опытной группы имели преимущество по этому показателю на 243,6 кг или 14,6 %.

За период исследований по производственной проверке (внедрению) в среднем

на одну корову в контрольной группе (базовом варианте) надой молока с базисной жирностью составил 1891,5 кг, в то же время у молочных коров опытной группы превосходство по данному показателю было равным 326,5 кг по сравнению с контролем.

Научно-исследовательские работы, выполняемые на животных, как правило, сопровождаются изучением показателей их крови [5, 13, 21, 22].

Во время проведения научно-производственного опыта (внедрения) нами также было уделено большое внимание выполнению физиологических исследований по изучению показателей состава крови подопытных животных в сравниваемых группах. Результаты таких исследований свидетельствовали о том, что введение в рацион новой комбинированной минеральной добавки: с составом в виде препарата «Селенопиран» в комплексе с природным волгоградским бишофитом не повлияло отрицательно на показатели крови молочных коров. По данным исследований, показатели морфологического и биохимического состава крови у животных сравниваемых групп были в соответствии с нормой.

Однако в исследованиях при производственной проверке (внедрении) также отмечено увеличение в опытной группе у молочных коров в цельной крови показателей эритроцитов и гемоглобина, а в сыворотке крови – общего белка, по сравнению с животными из контроля (базового варианта). Это положительно характеризует изучаемые гематологические показатели у лактирующих коров опытной группы, дающие представление о более высоком уровне протекания окислительно-восстановительных процессов в их организме.

По завершении выполнения научно-производственного опыта (внедрения) была оценена экономическая эффективность включения в состав основного рациона лактирующих коров новой комбинированной кормовой добавки в виде органического селенсодержащего препарата «Селенопиран» совместно с природным бишофитом волгоградского месторождения, показавшая, что это позволяет значительно улучшить экономические показатели производства молока.

Внедрение результатов научно-исследовательской работы проведено в ИП КФХ «Кочкина Н. И.» Волгоградской области.

Обсуждение. В научно-исследовательских работах отмечается, что использование в рационах кормовых добавок минеральных веществ положительно влияет на обменные процессы в организме сельскохозяйственных животных [3, 8], что в итоге способствует повышению их продуктивных качеств [10, 12]. Научно обоснованное скармливание в составе рационов кормовых минеральных добавок также находит положительное отражение и в показателях крови у животных [1, 4]. В проведенном нами научно-производственном опыте (внедрении) было установлено, что применение в молочном скотоводстве нового технологического приема по введению в состав рациона комбинированной кормовой добавки, а именно 7,43 мг органического селенсодержащего препарата «Селенопиран» (на одну корову в сутки) в комплексе с природным волгоградским бишофитом из расчета 52 мл или 68 500 мг (на одно животное в сутки), способствует полноценности кормления подопытных молочных коров, что обеспечивает повышение у коров надоев молока и его качественной характеристики. Результаты производственной проверки (внедрения) также показали, что включение в рацион новой комбинированной минеральной добавки оказывает положительное влияние на морфологические и биохимические показатели крови, которые характеризуют уровень окислительно-восстановительных процессов в организме лактирующих коров. При этом гематологические показатели у подопытных животных обеих групп соответствовали физиологической норме.

Оценка эффективности производства молока при использовании для молочных коров новой комбинированной кормовой добавки в виде препарата «Селенопиран» совместно с природным бишофитом показала, что применение данного технологического приема имеет экономическую целесообразность.

Выводы. При ведении молочного скотоводства использование в составе рациона комбинированной кормовой добавки, а именно селеноорганического препарата «Селенопиран» совместно с природным бишофитом волгоградского месторождения, для лактирующих коров позволяет улучшить показатели их молочной продуктивности и качественную характеристику продукции. Применение нового технологического приема с введением в рацион коров комбинированной минеральной добавки способствует повышению экономической эффективности производства молока.

Библиографический список

1. Батанов С. Д., Березкина Г. Ю., Килин В. В. Влияние минеральной добавки «Сtimул» на биохимические показатели крови // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана. 2014. Том 220. С. 38-42.
2. Влияние бишофита и фосфатидного концентрата на мясную продуктивность свиней / В. В. Саломатин [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. Вып. 2. С. 46-51.
3. Влияние кормовых добавок на воспроизводительные качества хряков-производителей / А. Т. Варакин [и др.] // Зоотехния. 2017. № 6. С. 28-30.
4. Влияние минеральной добавки на показатели гемограммы, функциональную активность глотатиона и лейкоцитарную формулу крови телят / В. В. Саломатин [и др.] // Ветеринария. 2020. № 3. С. 44-48.
5. Гематологические показатели коров при использовании иммуномодулирующих препаратов / М. Х. Баймишев [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. Вып. 1. С. 89-94.
6. Григорьев В. С., Молянова Г. В., Коханов А. П. Влияние коралловой воды на клеточный состав крови и массу тела телят молочного периода // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 226-237.
7. Карамаева А. С., Карамаев С. В., Соболева Н. В. Влияние сенажа с биологическими консервантами на качество молока и сыра // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. Вып. 1. С. 84-89.
8. Кормовые добавки для повышения питательной ценности рационов и продуктивности лактирующих коров / М. А. Степурина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 170-179.
9. Молочная продуктивность коров, качество молока и продуктов его переработки при нормализации протеинового питания / Н. Г. Чамурлиев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 202-212.
10. Оптимизация минерального питания откармливаемых баранчиков в условиях естественных пастбищ / А. Т. Варакин [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 3. С. 39-42.
11. Повышение молочной продуктивности и качественных показателей молока за счет применения новых кормовых добавок / И. Ф. Горлов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 160-168.
12. Продуктивные качества дойных коров при оптимизации минеральной обеспеченности рационов / М. А. Степурина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 269-280.
13. Саломатин В. В., Ряднова Т. А., Ряднов А. А. Влияние адаптогена стресс-корректора Лигфол в сочетании с ростостимулирующим препаратом Селенолин на гематологические показатели молодняка свиней // Ветеринария. 2020. № 12. С. 55-58.
14. Эффективность производства молока с использованием льняного и рапсового жмыхов / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. Вып. 3. С. 30-34.
15. Adjustment of the feeding level of meat-type cows with different live weight and fatness / R. M. Mudarisov [et al.] // Bulletin the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. 2019. Vol. 4. N. 380. P. 46-54.

16. False flax cakein mixed feed for the fattening of lactating cows and dairy stores / V. S. Zoteev [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. № 9 (5). P. 1422-1428.

17. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet / A. T. Varakin [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 3837-3841.

18. Influence of natural zeolites supplemented with inorganic selenium on the productive performance of dairy cows / M. P. Marin // Pakistan Journal of Zoology. 2020. V. 52 (2). P. 775-783.

19. Productive indicators of cows and milk quality, when adding amide-vitamin-mineral concentrate to the diet / S. Y. Smolentsev // International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences. 2020. V. 11 (2). P. 1511-1514.

20. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets / A. T. Varakin [et al.] // Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference. E3S Web of Conf. 22 December 2020. Vol. 222. P. 1-8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202041>.

21. Residual feed intake and blood variables in young Nellore cattle / C. F. Nascimento [et al.] // Journal of Animal Science. 2015. Vol. 93 (3). P. 1318-1326.

22. The relationship of plasma urea nitrogen with growth traits and age at first estrus in gilts / C. A. Lents [et al.] // Journal of Animal Science. 2013. Vol. 91 (7). P. 3137-3142.

Conclusion. When conducting dairy cattle breeding the use of a combined feed additive in the diet, namely the organic selenium preparation "Selenopyran" together with the natural bischofite of the Volgograd deposit, for lactating cows allows to improve the indicators of their milk productivity and the quality characteristics of products. Application of a new technological method with the introduction of a combined mineral supplement into the diet of cows helps to increase the economic efficiency of milk production.

Reference

1. Batanov S. D., Berezkina G. Yu., Kilin V. V. Influence of the mineral supplement "Stimul" on the biochemical parameters of blood // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman. 2014. Vol. 220. P. 38-42.

2. Influence of bischofite and phosphatide concentrate on meat productivity of pigs / V. V. Salomatin [et al.] // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2020. Iss. 2. P. 46-51.

3. Influence of feed additives on the reproductive qualities of boars-producers / A. T. Varakin // Animal Science. 2017. No. 6. P. 28-30.

4. The effect of a mineral supplement on hemogram indicators, functional activity of glutathione and leukocyte blood count of calves / V. V. Salomatin [et al.] // Veterinary medicine. 2020. No. 3. P. 44-48.

5. Hematological indicators of cows when using immunomodulatory preparations / M. Kh. Baimishev // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2019. Iss. 1. P. 89-94.

6. Grigoriev V. S., Molyanova G. V., Kokhanov A. P. Influence of coral water on the cellular composition of the blood and body weight of milk-producing calves // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. № 4 (60). P. 226-237.

7. Karamaeva A. S., Karamaev S. V., Soboleva N. V. Effect of haylage with biological preservatives on the quality of milk and cheese // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2019. Iss. 1. P. 84-89.

8. Feed additives to increase the nutritional value of diets and productivity of lactating cows / M. A. Stepurina [et al.] // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2019. № 4 (56). P. 170-179.

9. Milk productivity of cows, the quality of milk and its processing products during the normalization of protein nutrition / N. G. Chamurlijev [et al.] // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. № 1 (57). P. 202-212.

10. Optimization of mineral nutrition of fattening rams in natural pastures / A. T. Varakin [et al.] // Sheep, goats, woolen business. 2020. No. 3. P. 39-42.

11. Increasing milk productivity and quality indicators of milk through the use of new feed additives / I. F. Gorlov [et al.] // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2017. № 3 (47). P. 160-168.
12. Productive qualities of dairy cows while optimizing the mineral supply of rations / M. A. Stepurina [et al.] // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. № 4 (60). P. 269-280.
13. Salomatin V. V., Ryadnova T. A., Ryadnov A. A. Influence of Ligfol stress corrector adaptogen in combination with growth-stimulating drug Selenolin on hematological parameters of young pigs // Veterinary medicine. 2020. No. 12. P. 55-58.
14. Efficiency of milk production using flaxseed and rapeseed cakes / A. T. Varakin [et al.] // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2018. Iss. 3. P. 30-34.
15. Adjustment of the feeding level of meat-type cows with different live weight and fatness / R. M. Mudarisov [et al.] // Bulletin the National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan. 2019. Vol. 4. N. 380. P. 46-54.
16. False flax cakein mixed feed for the fattening of lactating cows and dairy stores / V. S. Zoteev [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. № 9 (5). P. 1422-1428.
17. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet / A. T. Varakin [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 3837-3841.
18. Influence of natural zeolites supplemented with inorganic selenium on the productive performance of dairy cows / M. P. Marin // Pakistan Journal of Zoology. 2020. V. 52 (2). P. 775-783.
19. Productive indicators of cows and milk quality, when adding amide-vitamin-mineral concentrate to the diet / S. Y. Smolentsev // International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences. 2020. V. 11 (2). P. 1511-1514.
20. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets / A. T. Varakin [et al.] // Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference. E3S Web of Conf. 22 December 2020. Vol. 222. P. 1-8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202041>.
21. Residual feed intake and blood variables in young Nellore cattle / C. F. Nascimento [et al.] // Journal of Animal Science. 2015. Vol. 93 (3). P. 1318-1326.
22. The relationship of plasma urea nitrogen with growth traits and age at first estrus in gilts / C. A. Lents [et al.] // Journal of Animal Science. 2013. Vol. 91 (7). P. 3137-3142.

Author's Information

Varakin Aleksandr Tikhonovich, Professor of the Department "Private Animal Science" of Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26); Doctor of Agricultural Sciences, Professor; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0375-7108>; E-mail: varakinat58@mail.ru

Ryadnov Aleksey Anatolyevich, Head of the Department "Veterinary and Sanitary Expertise, Infectious Diseases and Morphology" of Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26); Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences; radnov@mail.ru

Stepurina Maria Aleksandrovna, postgraduate student of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26); Email: kafedra-kormlenie@mail.ru

Itskovich Alexander Yurievich, associate professor of the Department of Feeding and Breeding of Farm Animals, Volgograd State Agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26); Candidate of Agricultural Sciences, Associate professor; Email: kafedra-kormlenie@mail.ru

Kornilova Valentina Anatolievna, Professor of the Department «Breeding and feeding of farm animals» of Samara State Agrarian University (Russia, 446442, Samara region, urban settlement Ust-Kinelsky, st. Educational, 2); Doctor of Agricultural Sciences, Associate professor; E-mail: kornilova_va@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, postgraduate student of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russia, 400131, Volgograd, Rokossovsky St., 6); E-mail: niimmp@mail.ru

Информация об авторах

Варакин Александр Тихонович, профессор кафедры "Частная зоотехния" Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); доктор сельскохозяйственных наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0375-7108>; E-mail: varakinat58@mail.ru

Ряднов Алексей Анатольевич, заведующий кафедрой "Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология" Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии естественных наук; E-mail: radnov@mail.ru

Степурина Мария Александровна, аспирант кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); E-mail: kafedra-kormlenie@mail.ru

Ицкович Александр Юрьевич, доцент кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26); кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; E-mail: kafedra-kormlenie@mail.ru

Корнилова Валентина Анатольевна, профессор кафедры «Разведение и кормление сельскохозяйственных животных» Самарского государственного аграрного университета (Россия, 446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, д. 2); доктор сельскохозяйственных наук, доцент; E-mail: kornilova_va@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, аспирант Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (Россия, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6); E-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-23

INFLUENCE OF BIFID-CONTAINING FEED PROBIOTIC SUPPLEMENT «BAMBY» ON PRODUCTIVITY, SAFETY AND HEALTH INDICATORS OF YOUNG CATTLE

M.G. Chabaev¹, E.Y. Tsis¹, R.V. Nekrasov¹, B. A. Karetkin²,
E.A. Tereshkova², F. F. Myagkikh²

¹Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Animal Husbandry – All-Russian Institute for Animal Husbandry named after Academician L.K. Ernst», Moscow

²Limited Liability Company «AVAN», 119285, Pudovkina st. 4, Moscow

Received 11.01.2021

Submitted 10.03.2021

The presented materials were prepared as part of the implementation of research in 2021 on the topic of the state task 0445-2019-0023

Summary

The article presents the results of studies on the introduction of a bifid-containing probiotic feed additive into the diet of newborn calves. The research results showed that the studied additive has a complex of economically valuable properties, positively affects the health of animals and can be recommended for use as a means of improving intestinal microflora and better realization of the genetic potential of animals.

Abstract

Introduction. The productivity of young cattle largely depends on the state of the gastrointestinal system, the balance of microflora of which is one of the main factors in the formation of not only digestive processes, but also the protective properties of the body. To decrease influence pathogenic microorganisms, there are use antibiotic-containing additives in feeds, which have a detrimental effect on the positive microbiota of intestine and inhibit the protective properties of the body. At the same time, pathogenic strains may develop addiction to antibiotic medicine. Libitum feeding of antibiotic-containing feeds to animals worsened the situation with obtaining environmentally antibiotics free products. In the present, prebiotic, symbiotic and probiotic supplements are increasingly used in animal husbandry as an alternative to antibiotics for the prevention of gastrointestinal diseases of young

farm animals. **Object.** The object of research was a bifid-containing feed probiotic additive, which is a lyophilized microbial mass of live antagonistically active bacteria of the species *Bifidobacterium bifidum* strain with a content of at least 1×10^9 CFU (colony-forming units) of bifidobacteria in 1 ml of the preparation. **Materials and methods.** In the experimental farm "Klenovo-Chegodaevo", Moscow, on two groups of newborn calves, studies were conducted to study the effect of feeding a bifid-containing probiotic feed additive on some physiological parameters of animals. Dairy calves ($n=13$) were fed the main ration (MR), analogues of the experimental group ($n=13$) got main ration and bifid-containing probiotic additive additionally, in the amount of 10 ml/head/day. **Results and conclusions.** It was found that feeding the bifid-containing probiotic supplement "Bambi" from the moment of birth to 3 months of age generally provided 100% safety of calves, while in the control-92.3%. Feeding a bifid-containing probiotic feed additive in the amount of 10 ml / head / day to calves in different growth periods affected an increase in the average daily live weight gain by 14.9% compared to the control group. In calves of the 2nd experimental group, the indicators of lysozyme, bactericidal and phagocytic activity were higher, respectively, by 13.1; 4.2 and 0.6% in relation to the control. The inclusion of a bifid-containing feed probiotic supplement in the diet of calves contributed to an increase in the content of lactobacilli and bifidobacteria in the intestines, respectively, by 10.9 and 8.5%, against the background of suppression of undesirable microflora. The profit received from feeding a bifid-containing probiotic supplement was 664.60 rubles per head for the period of the experiment.

Key words: *bifid-containing probiotic feed additive, dairy calves, live weight, average daily increments, immunity, intestinal microflora, economic efficiency.*

Citation. Chabaev M.G., Tsis E.Y., Nekrasov R.V., Karetkin B. A., Tereshkova E.A., Myagkikh F. F. Influence of bifid-containing feed probiotic supplement «Bamby» on productivity, safety and health indicators of young cattle. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 231-241 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-23.

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

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

УДК 636.22/28.084.1+636.22/28.087.8:579.8

ВЛИЯНИЕ БИФИДОСОДЕРЖАЩЕЙ КОРМОВОЙ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ «БЭМБИ» НА ПРОДУКТИВНОСТЬ, СОХРАННОСТЬ И ПОКАЗАТЕЛИ ЗДОРОВЬЯ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

М. Г. Чабаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е. Ю. Цис¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Р. В. Некрасов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН

Б. А. Кареткин², кандидат технических наук

Е. А. Терешкова², генеральный директор

Ф. Ф. Мягких², начальник научно-ветеринарного отдела

¹ФГБНУ Федеральный исследовательский центр – ВИЖ им. Л. К. Эрнста, Московская обл., г.о. Подольск, пос. Дубровицы, д. 60

²ООО «АВАН», г. Москва, ул. Пудовкина, дом 4

Дата поступления в редакцию 11.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Представленные материалы подготовлены в рамках выполнения НИР 2021 г. по теме государственного задания 0445-2019-0023

Актуальность. Продуктивность молодняка крупного рогатого скота во многом зависит от состояния желудочно-кишечной системы, баланс микрофлоры которой является одним из главных факторов формирования не только процессов пищеварения, но и защитных свойств организма. Для борьбы с патогенными микроорганизмами часто с кормами используют антибиотикосодержащие препараты, которые оказывают пагубное влияние на нормофлору и угнета-

ют защитные свойства организма. При этом у патогенных штаммов может развиваться привыкание к антибиотическим препаратам. Бесконтрольное скормливание животным кормовых антибиотикосодержащих препаратов усугубило ситуацию с получением экологически чистой продукции. На сегодняшний день в животноводстве в качестве альтернативы антибиотикам все чаще используются пребиотические, симбиотические и пробиотические добавки для профилактики желудочно-кишечных заболеваний молодняка сельскохозяйственных животных. **Объект.** Объектом исследований явилась бифидосодержащая кормовая пробиотическая добавка, представляющая собой лиофилизированную микробную массу живых антагонистически активных бактерий вида *Bifidobacterium bifidum* штамм с содержанием в 1 мл препарата не менее 1×10^9 КОЕ (колониеобразующих единиц) бифидобактерий. **Материалы и методы.** В экспериментальном хозяйстве «Кленово-Чегодаево» (г. Москва) на двух группах новорожденных телят были проведены исследования по изучению влияния скормливания бифидосодержащей пробиотической кормовой добавки на некоторые физиологические параметры животных. Телятам-молочникам (n=13) скормливали основной рацион (ОР), животным-аналогам опытной группы (n=13) - ОР + бифидосодержащая пробиотическая кормовая добавка, в количестве 10 мл/гол/сут. **Результаты и выводы.** Установлено, что скормливание бифидосодержащей пробиотической добавки «Бэмби» с момента рождения до 3-х месячного возраста в целом обеспечило 100 %-ную сохранность телят, тогда как в контроле – 92,3 %. Скормливание бифидосодержащей пробиотической кормовой добавки в количестве 10 мл/гол/сут телятам в разные периоды роста сказалось на повышении среднесуточных приростов живой массы тела на 14,9 % по отношению к контрольной группе. У телят 2-й опытной группы показатели лизоцимной, бактерицидной и фагоцитарной активности были выше соответственно на 13,1; 4,2 и 0,6 % по отношению к контролю. Включение в рацион телят бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки способствовало увеличению содержания в кишечнике лактобактерий и бифидобактерий, соответственно на 10,9 и 8,5 %, на фоне подавления нежелательной микрофлоры. Прибыль, полученная от скормливания бифидосодержащей пробиотической добавки, составила 664,60 руб. в расчете на одну голову за период опыта.

Ключевые слова: бифидосодержащие пробиотические кормовые добавки, телята-молочники, живая масса телят, среднесуточные приросты телят, иммунитет телят, микрофлора кишечника телят.

Цитирование. Чабаяев М. Г., Цис Е. Ю., Некрасов Р. В., Кареткин Б. А., Терешкова Е. А., Мягких Ф. Ф. Влияние бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки «Бэмби» на продуктивность, сохранность и показатели здоровья молодняка крупного рогатого скота. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 231-241. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-23.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из наиболее острых проблем ведения интенсивного скотоводства является высокий показатель заболеваемости новорожденного молодняка, что связано с диспепсией в раннем возрасте. Это приводит к возникновению нежелательной кишечной микрофлоры в кишечнике и сопровождается нарушением защитных функций организма. При этом более 90 % случаев заболеваемости молодняка происходит в первые сутки жизни, которые характеризуются острым течением желудочно-кишечных расстройств, и зачастую приводит к гибели животного [2, 3].

По статистическим данным за последние десятилетия экономический ущерб, нанесенный заболеваниями желудочно-кишечного тракта отрасли животноводства, составляет 56-60 %. При этом смертность молодняка в период новорожденности от нарушений баланса микрофлоры кишечника, сопровождающихся выраженным обезвоживанием, составляет более 80 %, что, по нашим сведениям, связано с несоблюдением зоогигиенических условий содержания и нарушениями технологии выращивания животных [8, 10].

Многие исследователи указывают на огромное значение поддержания нормальной микрофлоры при выращивании телят в молозивный период, что способствует формированию стойкого иммунологического статуса животного – «пассивного иммунитета», лучшему протеканию обменных процессов, выработке биологически активных веществ (ферментов, витаминов, гормонов и др.), а также защищает внутренние органы от внедрения и размножения условно-патогенных микроорганизмов [4, 7].

Установлена взаимосвязь профиля кишечной микрофлоры с качественными показателями корма, также определенное влияние на ее состав оказывают условия содержания, вакцинация, витаминизация, ранний отъем, тип кормления и другие. Все вышеуказанные факторы способны привести к дисбалансу микрофлоры кишечника. Так, например, при диарее, легком течении заболевания, происходит изменение бактериального баланса и сокращение числа бифидобактерий, тогда как при тяжелом течении происходит обезвоживание организма, нарушение обмена веществ у животных, а также снижение, вплоть до полного исчезновения некоторых полезных видов микроорганизмов в кишечнике животных и может наступить полное исчезновение нормальной микрофлоры [1, 11].

Известно, что для получения максимальной эффективности использования кормов, борьбы с кишечными болезнями и в качестве стимуляторов роста в животноводстве и птицеводстве применяют антибиотики. Странами ЕС введены ограничения на использование антибиотиков в кормах, а в будущем планируется полный отказ от них, в связи с этим идет поиск альтернативных путей обеспечения продуктивного здоровья животных. Наибольшее распространение в практике скотоводства для профилактики заболеваний, связанных с нарушением баланса микрофлоры желудочно-кишечного тракта, получили кормовые пробиотические препараты. Поэтому важным и актуальным является изучение новых пробиотических препаратов, которые могут позволить более полно реализовать генетический продуктивный потенциал животного и будут способствовать сдерживанию заболеваний желудочно-кишечного тракта [6, 9].

В состав пробиотических препаратов входят живые бактерии, культивируемые в условиях лаборатории и способствующие улучшению совокупности популяций разных видов микроорганизмов, обитающих в определенном биотопе – кишечнике. Одним из перспективных пробиотических препаратов для борьбы с диареей и обеспечения частично функций биосорбента попадающих извне и образующих в организме токсичных продуктов является кормовой пробиотический препарат под торговым названием «Бэмби».

Изучение продуктивных качеств и иммунного статуса телят голштинизированной черно-пестрой породы в первый период выращивания профилактическую и молочную фазу является актуальным и представляет определенный научный и практический интерес.

В данной публикации речь пойдет об изучении влияния бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки «Бэмби» на продуктивность, сохранность и показатели резистентности телят с рождения до 3-х месячного возраста.

Материалы и методы. Исследования проведены в условиях предприятия «Кленово-Чегодаево» (отд. «Маврино») г. Москвы, а также в лабораториях ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста по предложенной схеме.

Для выполнения исследований нами были сформированы две группы новорожденных голштинизированных телят черно-пестрой породы – по 13 голов в каждой, одна из них была контрольной, вторая – опытной. Продолжительность исследований составила в среднем 90 дней. В группы животных набирали по принципу равномерности набора групп по полу, а также с учетом живой массы и возраста их матерей. Животным контрольной и опытной групп были созданы идентичные параметры кормления и содержания. При формировании групп телята были подвергнуты клиническому осмотру для исключения омфалоплебита.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственного опыта

Table 1 – Scheme of scientific experiment

Группа / Group	Количество голов / Number of goals	Условия кормления / Feeding conditions
1-контрольная / 1-control	13	Основной рацион (ОР)
2-опытная / 2-trial	13	ОР + 10 мл/гол. /сут. бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки с 1 по 90 день жизни

Подопытные животные с момента рождения до 21-дневного возраста содержались в индивидуальных деревянных клетках. С 21-го дня телята-молочники переводились в секционные помещения для группового содержания по 13 голов, в которых находились согласно опыту до завершения эксперимента.

Телятам контрольной группы (средняя живая масса при рождении $39,7 \pm 0,48$ кг) скармливались корма (ОР) согласно нормам потребностей молодняка крупного рогатого скота [6], 2-я опытная группа ($40,1 \pm 1,36$ кг) получала дополнительно к основному рациону бифидосодержащую кормовую пробиотическую добавку, индивидуально, ежедневно, в утреннее кормление с молозивом, а затем с молоком суточную дозу в количестве 10 мл/гол в сутки индивидуально, согласно схеме исследований.

Изучаемая бифидосодержащая кормовая пробиотическая добавка «Бэмби» представляет собой культуральную жидкость живых антагонистически активных бактерий вида *Bifidobacterium bifidum* штамм №1. В одном миллилитре препарата содержится не менее 1×10^9 КОЕ (колониеобразующих единиц) бифидобактерий. Внешний вид кормового пробиотического препарата представлен в виде суспензии от светло-желтого до коричневого цвета с характерным кисломолочным запахом и распакован в стерильные, стеклянные герметичные ампулы, которые необходимо хранить при температуре от 2 до 8 °С, в сухом месте, срок годности – 3 месяца.

Препарат в короткие сроки нормализует микрофлору кишечника, активизирует пристеночное пищеварение, оказывает детоксикационное, жаропонижающее и иммуномодулирующее действие. Содержащиеся в препарате бифидобактерии способствуют усвоению кальция, синтезу витаминов.

При проведении исследований ежедневно учитывали данные по расходу заданных кормовых средств и их несъеденных остатков, и на основании этого были определены затраты кормов на единицу производимой продукции.

Посредством программного обеспечения КормОптимЭксперт (Версия 2016.15.1.1, ООО «Корморесурс») был произведен расчет рационов для молодняка в первый период выращивания.

Интенсивность роста молодняка определяли индивидуальным взвешиванием живой массы тела подопытных телят при рождении и далее 1 раз в 30 дней до окончания исследований.

В первые сутки после рождения и в конце научно-хозяйственного опыта исследованы образцы крови ($N=20$, $n=5$), которые были доставлены в отдел микробиологии ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста для определения показателей неспецифической резистентности. (И. И. Архангельский, 1976; В. С. Григорьев, В. И. Максимов, 2007). Фотонейлометрическим методом была определена бактерицидная активность крови. При определении лизоцимной активности крови (ЛА) использовали метод, предложенный В. И. Мутовиным. Фагоцитарная активность клеток крови оценивалась, прежде всего, определением поглощающей и переваривающей способности клеток крови. О

фагоцитарной способности лейкоцитов крови судили по данным их фагоцитарной активности, показателям общей фагоцитарной емкости, фагоцитарного числа и индекса, а также показателю заверщенного фагоцитоза.

Для изучения микробиологического профиля толстого отдела кишечника в конце исследований было отобрано 10 образцов экскрементов (содержимое кишечника от 5 голов телят из каждой группы).

Оценка экономической эффективности скармливания пробиотической кормовой бифидосодержащей добавки в рационах выращиваемых телят проведена по затратам и оплате корма продукцией, себестоимости ее производства.

Статистический и дисперсионный анализ (ANOVA) результатов эксперимента проводили с помощью программы STATISTICA, version 10, StatSoft, Inc., 2011 (www.statsoft.com).

Результаты и обсуждение. Следует отметить, что в первый период выращивания среднесуточный прирост живой массы подопытного молодняка соответствовал требованиям к данной породе, детализированным нормам питания и был достаточно высоким. Наиболее высокими среднесуточными приростами живой массы тела характеризовался молодняк, получавший бифидосодержащий кормовой пробиотический препарат. Скармливание телятам опытной группы бифидосодержащего кормового пробиотического препарата способствовало увеличению живой массы животных в конце опыта на 6,7 кг или на 6,4 % в сравнении с контрольным вариантом (таблица 2).

Анализ динамики прироста живой массы показал, что в течение первого месяца исследований живая масса телят контрольной и опытной групп составила 67,0-67,8 кг, но начиная со второго месяца опыта разница в ростовых параметрах значительно увеличилась и сохранялась до конца эксперимента, при этом животные этой группы стали более уверенно набирать живую массу, случаи диареи сократились.

Так, среднесуточный прирост живой массы телят 2-й опытной группы на 75 и 90-е сутки находился на уровне 927,7 и 783,7 г соответственно, что достоверно превышало контрольные значения на 129,7 и 101,4 г, или на 16,3 и 14,9 % ($p < 0,05$).

Таблица 2 – Динамика живой массы телят в период опыта ($M \pm m$)

Table 2 – Dynamics of live weight of calves during the experiment ($M \pm m$)

Группа / Group	Показатель / Indicator			
	Живая масса, кг: / Live weight, kg:			
	1 сутки / 1 day	45 сут. / 45 day	75 сут. / 75 day	90 сут. / 90 day
1-контрольная / 1-control	39,7 $\pm$ 0,48	67,0 $\pm$ 2,39	93,3 $\pm$ 3,04	104,3 $\pm$ 3,36
2- опытная / 2-trial	40,1 $\pm$ 0,31	67,8 $\pm$ 2,82	98,5 $\pm$ 3,01	111,0 $\pm$ 2,88
Среднесуточный прирост / Average daily gain:				
1-контрольная / 1-control	-	611,8 $\pm$ 22,72	798,0 $\pm$ 38,63	682,3 $\pm$ 35,44
2- опытная / 2-trial	-	647,4 $\pm$ 51,34	927,7 $\pm$ 37,03*	783,7 $\pm$ 17,45*
Абсолютный прирост, кг: / Absolute gain, kg:				
1-контрольная / 1-control	-	27,3 $\pm$ 2,01	26,3 $\pm$ 1,27	10,9 $\pm$ 0,56
2- опытная / 2-trial	-	27,7 $\pm$ 2,08	30,6 $\pm$ 1,22*	12,5 $\pm$ 0,28*

Достоверно при: *- $p < 0,05$.

Изучение затрат кормов на единицу произведенной продукции показало, что телята 2-й опытной группы, получавшие изучаемую бифидосодержащую пробиотическую кормовую добавку, расходовали энергетических кормовых единиц и переваримого протеина на 1 кг продукции на 9,9 % ниже по отношению к контрольной группе.

Во 2-й опытной группе телят, получавших бифидосодержащую пробиотическую кормовую добавку, отмечена 100 %-ная сохранность, тогда как в контроле сохранность (причина выбытия – заболевания легких и пищеварительного тракта) оказалась на уровне 92,3 %.

Следовательно, результаты, полученные при скормливания бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки молодняку крупного рогатого скота согласно схеме опыта в первый период выращивания, показали высокую эффективность применения в составе рациона изучаемого препарата.

Для выяснения уровня неспецифической резистентности организма подопытных телят при рождении и в конце научно-хозяйственного опыта у пяти телят из каждой группы отбирали пробы цельной и стабилизированной крови (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели неспецифической резистентности подопытных телят ($M \pm m$, $n=5$)

Table 3 – Indicators of nonspecific resistance of experimental calves ($M \pm m$, $n=5$)

Группа / Group	Показатель / Indicator					
	% лизиса / % lysis	Лизоцим, мкг/мл сыворотки / Serum lysozyme, $\mu\text{g/mL}$	БАСК, % / Blood serum bactericidal activity, %	ФА, % / Phagocytic activity, %	ФИ / Phagocytic index	ФЧ / Phagocytic number
При рождении /at birth						
1-контрольная / 1-control	46,6 $\pm$ 2,84	0,78 $\pm$ 0,06	54,3 $\pm$ 2,66	63,8 $\pm$ 2,16	2,77 $\pm$ 0,20	1,7 $\pm$ 0,11
2- опытная / 2-trial	46,1 $\pm$ 3,93	0,79 $\pm$ 0,06	57,8 $\pm$ 4,32	65,4 $\pm$ 1,82	2,76 $\pm$ 0,23	1,8 $\pm$ 0,12
В возрасте 90 суток / At the age of 90 days						
1-контрольная / 1-control	35,0 $\pm$ 5,50	0,68 $\pm$ 0,11	38,2 $\pm$ 3,18	85,2 $\pm$ 1,19	2,98 $\pm$ 0,24	2,5 $\pm$ 0,21
2- опытная / 2-trial	43,5 $\pm$ 5,99	0,76 $\pm$ 0,10	42,5 $\pm$ 2,79	85,8 $\pm$ 2,43	3,58 $\pm$ 0,61	3,1 $\pm$ 0,62

При рождении в сыворотке крови подопытных телят показатели лизоцимной, бактерицидной, фагоцитарной активности, фагоцитарное число, фагоцитарный индекс находились практически на одном уровне. Скармливание телятам опытной группы бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки обеспечило увеличение содержания лизоцима в сыворотке крови в конце опыта на 11,8 %, при увеличении его активности на 13,7 % по сравнению с контрольными значениями.

Бактерицидная активность сыворотки крови также была выше у телят, получавших пробиотическую добавку в рационе, на 4,23 %, что по совокупности с лучшим уровнем гуморального иммунитета свидетельствует о положительном влиянии скармливаемого препарата животным.

У телят опытной группы фагоцитарная активность (на 0,60 %), фагоцитарный индекс (на 0,60), фагоцитарное число (на 0,57 ед.) сыворотки крови были выше ($p > 0,05$) контроля. Таким образом, при определении резистентности организма подопытных телят нами было установлено, что телята опытной группы в конце научно-хозяйственного опыта имели более высокие показатели неспецифического иммунитета, что свидетельствует об их более высокой приспособленности к условиям среды по сравнению с контролем.

Повышение резистентности организма молодняку опытной группы мы связываем с заселением положительной микрофлорой кишечника, которая препятствует заселению в него патогенной, условно-патогенной микрофлоры, что в свою очередь обес-

печивает защиту организма, профилактрует заболевания, улучшает усвоение питательных веществ рациона и в итоге приводит к лучшей сохранности и приростам живой массы тела животных.

Следовательно, скармливание молодняку крупного рогатого скота бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки (10 мл/гол/сутки) улучшает показатели естественной резистентности организма как значимого фактора в повышении биоресурсного потенциала молодняку крупного рогатого скота, определяющего его жизнеспособность и будущую продуктивность.

Известно, что при скармливании пробиотических препаратов, в состав которых входят живые полезные бактерии, происходит коррекция микробиома: попадающие с кормом бактерии прикрепляются к стенкам кишечника, препятствуя закреплению болезнетворных микробов. Благодаря этому условно патогенные и патогенные микроорганизмы проходят транзитом кишечник животного и утилизируются с фекалиями. Живые полезные микробы обладают свойством не только угнетать гнилостные анаэробы, но и вырабатывают молочную кислоту, которая подкисляет эндосреду и служит дополнительным механизмом защиты организма. Микробиологический профиль содержимого толстого отдела кишечника подопытного молодняку в конце исследований представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели содержимого толстого отдела кишечника телят в конце опыта ($M \pm m$, $n=5$, log)

Table 4 – Indicators of the contents of the large intestine of calves at the end of the experiment ($M \pm m$, $n=5$, log)

Показатель / Indicator		Группа / Group	
		1-контрольная / 1-control	2-опытная / 2-trial
Лактобактерии, КОЕ/г / Lactobacilli, CFU/g		5,34±0,28	5,92±0,15 ⁺
Бифидобактерии, КОЕ/г / Bifidobacteria, CFU/g		8,03±0,37	8,71±0,16
Гемолитические микроорганизмы / Hemolytic microorganisms, $1,0 \times 10^3$ КОЕ/г	<i>Bacillus spp.</i>	1 обн.	не обн.
	<i>Streptococcus spp.</i>	1 обн.	не обн.
	<i>E. coli</i>	не обн.	не обн.
Кишечная палочка / colon bacillus, КОЕ/г	Лактозоотрицательная / Lactose-negative	0,14±0,03	0,09±0,04
	Лактозоположительная / Lactose positive	3,57±0,25	4,09±0,51
Энтерококки / Enterococci, КОЕ/г		5,86±0,59	6,19±0,66
Дрожжеподобные грибы / Yeast-like mushrooms, КОЕ/г		2,85±0,11	3,02±0,12

Тенденция к достоверности – при ⁺ - $p < 0,01$.

Включение в рационы телят 2-й опытной группы бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки способствовало увеличению лактобактерий в кишечнике на 10,9 % и бифидобактерий – на 8,5 % по сравнению с контрольными показателями (таблица 4).

В содержимом толстого отдела кишечника телят контрольной группы были обнаружены единичные гемолитические микроорганизмы – *Bacillus spp.*, *Streptococcus spp.*, тогда как у молодняку крупного рогатого скота, получавшего в составе рациона бифидосодержащую кормовую пробиотическую добавку, они отсутствовали.

В научно-хозяйственном опыте при изучении микробного содержимого толстого отдела кишечника подопытных животных не выявлена патогенная *E. Coli*, как и грибы рода *Candida*. Из литературных источников известно, что эти микроорганизмы являются составной частью нормальной микрофлоры толстой кишки животных. Увеличение концентрации микроскопическим дрожжеподобными грибами рода *Candida* приводит к

развитию заболевания – кандидоз и сопровождается снижением иммунитета, а для лечения данного заболевания необходим прием антибиотиков. В данном опыте это не было установлено.

Включение в рационы телят опытной группы бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки способствовало снижению количества лактозоотрицательных *E. coli* на 55,6 % по сравнению с контролем. Количество лактозоположительных *E. Coli* у животных, получавших бифидосодержащую кормовую пробиотическую добавку, было больше на 14,6 % в сравнении с контролем.

Для обеспечения постоянства видового и количественного состава микробных популяций, препятствующих размножению условно-патогенной и патогенной флоры, являются представители микробиоты – энтерококки.

Они играют важную роль в усилении иммунной защиты, участвуют в пищеварении и других процессах. У телят опытной группы количество бактерий рода *Enterococcaceae* составило – 6,19 против – 5,86 ед. (log10) при норме содержания 10^7 - 10^8 КОЕ/г.

Следовательно, скормливание опытным телятам бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки приводило к увеличению нормальной микрофлоры в толстом отделе кишечника на фоне подавления патогенной и условно-патогенной микрофлоры, что положительно сказалось на иммунитете подопытных животных при снижении случаев заболеваемости (установлено снижение случаев заболевания диспепсией, болезнь протекала легче и быстрее).

Анализ данных бухгалтерского учета и результатов проведенных исследований по скормливанию бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки показал, что ее использование не приводит к чрезмерному удорожанию рациона кормления. Так, прибыль, полученная от условной реализации животноводческой продукции, составила 664,60 рубля в расчете на 1 голову за период опыта.

Выводы. Для повышения продуктивности и сохранности выращиваемого молодняка крупного рогатого скота с момента рождения до трехмесячного возраста целесообразным представляется использование в составе рациона 10 мл/гол/сут. бифидосодержащей пробиотической кормовой добавки «Бэмби», что способствует повышению среднесуточных приростов на 14,9 % и сохранности молодняка за счет выраженного положительного воздействия на обменные процессы в организме и повышения уровня неспецифического иммунитета.

Библиографический список

1. Влияние кормления на рост мышечной и костной ткани голштинских бычков / В. А. Каратунов, И. Н. Тузов, Я. Н. Мартыненко, А. Р. Ратников, А. И. Тузов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 78. С. 152-157.
2. Дементьев Е. П., Лободина Ж. В., Цепелева Е. В. Влияние аэроионизации и пробиотика «лактобактерин» на микроклимат телятника, гематологические показатели и интенсивность роста телят // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 11-1. С. 113-155. URL: <http://expeducation.ru/ru/article/view?id=8346>.
3. Моделирование процессов контроля качества готовой продукции при производстве микробиологических добавок для животных / Е. А. Бражник, В. Х. Меликиди, Г. Ю. Лаптев, О. В. Кочеткова, Д. П. Арьков // Известия НВ АУК. 2020. 2(58). С. 295-306.
4. Некрасов Р., Чабаев М., Павлюченкова О. Эффективность применения пробиотика Лактоамиловорина в кормлении телят // Молочное и мясное скотоводство. 2012. № 6. С. 19-21.
5. Нормы потребностей молочного скота и свиней в питательных веществах: монография / Р. В. Некрасов, А. В. Головин, Е. А. Махаев, А. С. Аникин, Н. Г. Первов, Н. И. Стрекозов, А. Т. Мысик, В. М. Дуборезов, М. Г. Чабаев, Ю. П. Фомичев, И. В. Гусев. Москва. 2018. 290 с.
6. Пак И. В., Бетляева Ф. Х., Трофимов О. В. Влияние пробиотика субтилис на неспецифическую резистентность у телят // Зоотехния. 2018. № 3. С. 4-8.

7. Пробиотические добавки в составе кормосмеси: влияние на продуктивность откормочного молодняка / Л. Н. Гамко, И. И. Сидоров, А. Г. Менякина, Т. Л. Талызина, Н. П. Базутко // Свиноводство. 2020. № 6. С. 29-31.

8. Разработка полиштаммовой лактосодержащей пробиотической добавки галлобакт-ф. Аграрная наука / В. В. Шкредов, А. Г. Кошаев, К. Н. Муртазаев, Ю. А. Юлдашбаев, Н. А. Сергеевкова // Аграрная наука. 2020. № 7-8. С. 24-28.

9. Effects of the Dfm Clostat® and Experimental Salmonella Challenge on the Microbiome of the Ileum in Weaned Holstein Steer Calves / P. R. Broadway [et al.] // Journal of Animal Science. 2018. V. 96(1). P. 41-42. <https://doi.org/10.1093/jas/sky027.079>.

10. Persistence of bifidobacteria in the intestines of calves after administration in freeze-dried form or in fermented milk / M. Geigerová [et al.] // Czech J. Anim. Sci. 2016. V. 61(2). P. 49-56.

11. Pisoni L., Relling A. E. The effects of supplementing yeast fermentation products on gut permeability, hormone concentration, and growth in newborn dairycalves // Translational Animal Science. 2020. V. 4(2). P. 809-821. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa004>.

Conclusions. To increase the productivity and safety of reared young cattle from birth to three months of age, it is advisable to use 10 ml/head/day of bifid-containing probiotic feed additive "Bambi" in the diet, which contributes to an increase in average daily gains by 14.9% and the safety of young animals due to a pronounced positive effect on metabolic processes in the body and increase the level of nonspecific immunity.

Reference

1. Influence of feeding on the growth of muscle and bone tissue of Holstein bulls / V. A. Karatunov, I. N. Tuzov, Ya. N. Martynenko, A. R. Ratnikov, A. I. Tuzov // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2019. No. 78. P. 152-157.

2. Dementiev E. P., Lobodina Zh. V., Tsepeleva E. V. Effect of aeroionization and probiotic "lactobacterin" on the microclimate of calves, hematological parameters and growth rate of calves // International Journal of Experimental Education. 2015. No. 11-1. Pp. 113-155. URL: <http://expeducation.ru/ru/article/view?id=8346>.

3. Modeling of quality control processes of finished products in the production of microbiological additives for animals / E. A. Brazhnik, V. H. Melikidi, G. Yu. Laptev, O. V. Kochetkova, D. P. Arkov // Izvestiya NV AUK. 2020. No 2(58). P. 295-306.

4. Nekrasov R., Chabaev M., Pavlyuchenkova O. Effectiveness of the use of probiotic Lactoamylovorin in feeding calves // Dairy and meat cattle breeding. 2012. No. 6. Pp. 19-21.

5. Norms of nutritional requirements of dairy cattle and pigs: monograph / R. V. Nekrasov, A. V. Golovin, E. A. Makhaev, A. S. Anikin, N. G. Pervov, N. I. Strekozov, A. T. Mysik, V. M. Duborezov, M. G. Chabaev, Yu. P. Fomichev, I. V. Gusev. Moscow, 2018. 290 p.

6. Pak I. V., Betlyayeva F. Kh., Trofimov O. V. Influence of probiotic subtilis on non-specific resistance in calves // Husbandry. 2018. No. 3. P. 4-8.

7. Probiotic additives in the composition of feed mixtures: influence on the productivity of fattening young animals / L. N. Gamko, I. I. Sidorov, A. G. Menyakina, T. L. Talyzina, N. P. Bazutko // Pig Breeding. 2020. No. 6. P. 29-31.

8. Development polistampa lactacidemia probiotic supplements hallaback-f. Agrarian science / V. V. Shkredov, A. G. Koshchaev, K. N. Murtazaev, Yu. A. Yuldashbaev, N. A. Sergeenkova // Agricultural science. 2020. No. 7-8. P. 24-28.

9. Effects of the Dfm Clostat® and Experimental Salmonella Challenge on the Microbiome of the Ileum in Weaned Holstein Steer Calves / P. R. Broadway [et al.] // Journal of Animal Science. 2018. V. 96(1). P. 41-42. <https://doi.org/10.1093/jas/sky027.079>.

10. Persistence of bifidobacteria in the intestines of calves after administration in freeze-dried form or in fermented milk / M. Geigerová [et al.] // Czech J. Anim. Sci. 2016. V. 61(2). P. 49-56.

11. Pisoni L., Relling A. E. The effects of supplementing yeast fermentation products on gut permeability, hormone concentration, and growth in newborn dairycalves // Translational Animal Science. 2020. V. 4(2). P. 809-821. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa004>.

Author's Information

Chabaev Magomed Gasiewicz, doctor of Agricultural Sciences, Professor, L. K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60, set. Dubrovitsy, Podolsk district, Moscow region, 142132, Russia, tel. 8 (4967) 65-12-90, e-mail: chabaev.m.g-1@mail.ru

Tsis Elena Yurievna, candidate of agricultural Sciences, research fellow, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60, set. Dubrovitsy, Podolsk district, Moscow region, 142132, Russia, tel. +7(916) 277-47-27, e-mail: tsis-elen@yandex.ru

Nekrasov Roman Vladimirovich, doctor of Agricultural Sciences, chief scientific researcher, Professor RAS, head of Department of feeding of agricultural animals, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, 60, set. Dubrovitsy, Podolsk district, Moscow region, 142132, Russia, tel. (4967) 65 1277, e-mail nek_roman@mail.ru.

Karetkin Boris Alexeevich, Deputy General Director for Science, Limited Liability Company «AVAN», 119285, Pudovkina st. 4, Moscow, Russia, tel. + 7 (499) 143 0888, karetkin-ba@avan-bio.ru

Tereshkova Elena Andreyanovna, General Director, General Director, Limited Liability Company «AVAN», 119285, Pudovkina st. 4, Moscow, Russia, tel. + 7 (499) 143 0888, info@avan-bio.ru

Myagkikh Fedor Fedorovich, Head of the Scientific and Veterinary Department, Limited Liability Company «AVAN», 119285, Pudovkina st. 4, Moscow, Russia, tel. + 7 (499) 143 0888, info@avan-bio.ru

Информация об авторах

Чабаев Магомед Газиевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста (142132, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, д.60), тел. (4967)651290, chabaev.m.g-1@mail.ru _ ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1889-6063>

Цис Елена Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста (142132, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, д.60), тел. 8(916)277-47-27, e-mail: tsis-elen@yandex.ru ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1988-1189>

Некрасов Роман Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, заведующий отделом кормления сельскохозяйственных животных Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста (142132, Московская область, г.о. Подольск, пос. Дубровицы, д.60), тел. (4967)651277, nek_roman@mail.ru ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4242-2239>

Кареткин Борис Алексеевич, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по науке, Общество с ограниченной ответственностью «АВАН» (119285, г. Москва, ул. Пудовкина, дом 4), тел. (499) 1430888, karetkin-ba@avan-bio.ru ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0976-9700>

Терешкова Елена Андрияновна, генеральный директор, Общество с ограниченной ответственностью «АВАН» (119285, г. Москва, ул. Пудовкина, дом 4), тел. (499) 1430888, info@avan-bio.ru

Мягких Фёдор Фёдорович, начальник научно-ветеринарного отдела, Общество с ограниченной ответственностью «АВАН» (119285, г. Москва, ул. Пудовкина, дом 4), тел. (499) 1430888, info@avan-bio.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-24

CLINICAL AND MORPHOLOGICAL INDICATORS OF GOATS OF THE ZAAANE AND ANGLO-NUBI BREEDS AT THEIR ADAPTATION TO THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA

N. G. Chamurliiev¹, A. S. Shperov¹, A. A. Zykova¹, I. S. Shengelia²

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²LLC «EKOPRODUKT»

Received 11.01.2021

Submitted 10.03.2021

Summary

The article reflects the results of clinical studies - body temperature, heart rate and respiration and morphological studies - the content of erythrocytes, leukocytes and hemoglobin in the blood in lactating goats of the Saanen and Anglo-Nubian breeds in the Lower Volga region. The studies were carried out taking into account the season of the year.

Abstract

Introduction. The lack of animal protein, which has a high biological value, leads to imbalance in the body, which leads to the breakdown of proteins in organs and tissues, and a decrease in immunity. One of the important sources of animal protein is milk and dairy products. Goat milk is a promising raw material and an object of functional nutrition. One of the advantages of goat's milk is its high and easy digestibility - 96% versus 67 - 92% for cow's milk. Positive properties of goat milk compared to cow's milk: a hypoallergenic form of milk protein - casein, the presence of a fine form of milk fat, which is easier to digest, more vitamins A, C, B1, B2, PP, β -carotene, calcium, phosphorus, magnesium, cobalt, polyunsaturated acids. In the past two decades, in order to create a domestic dairy goat breeding, a wide import of high-milk goats of the Saanen, Alpine, Nubian, Toggenburg and other breeds has been carried out. An important component for the placement of these animals in different regions of the country is the assessment of their adaptive qualities. All researchers believe that the clinical and hematological parameters of animals when adapting to various conditions can be used in breeding to increase the productivity of animals, minimizing the effects of the external environment causing stress and other undesirable phenomena. **Object of study.** The object of the research was the lactating goats of the Saanen and Anglo-Nubian breeds of EKOPRODUKT LLC in the Svetloyarsk District of the Volgograd Region. **Materials and methods.** Experimental studies were carried out in the conditions of OOO EKOPRODUKT, Svetloyarsk district of the Volgograd region. Two groups of goats were selected for research: the first - goats of the Saanen breed, the second - the Anglo-Nubian breed. The number of animals in the groups was the same and amounted to 10 animals. The indicators were evaluated in animals of the first lactation. **Results and discussion.** Clinical indicators were determined to assess the condition of the animals. The body temperature was determined rectally with an ordinary thermometer, the pulse rate was determined by the number of heart beats per minute in the femoral artery, the number of respiratory movements per minute was determined by calculating the oscillations of the chest by the act of inhalation when the animals were calm. Morphological parameters were determined according to standard methods: hemoglobin according to Sali and spectrometric method, the content of erythrocytes and leukocytes by counting in the Goryaev chamber, protein and its fractions were analyzed refractometrically using electrophoresis on paper. The digital material of the research was biometrically processed using the Microsoft Office software package and the method of variation statistics (Plokhinsky N.A., 1969) with the definition of the criterion for the reliability of the difference according to Student-Fischer. **Results and discussion.** Studies have established that all indicators characterizing the clinical state of animals corresponded to physiological norms. The maximum body temperature of goats was noted in the summer - 39.63 °C in Saanen and 39.53 in Anglo-Nubian. The minimum body temperature indicators were established in the winter period at Saanen 39.13°C, in Anglo-Nubian - 38.7°C. A comparative analysis of body temperature indicates that the animals of the Saanen breed in all periods of the year differed from the Anglo-Nubian ones by higher indicators: in winter by 0.43°C, in spring - by 0.27°C, in summer - by 0.10°C and in autumn by 0.37°C. The difference in the autumn and winter periods of 0.37 ($P < 0.05$) and 0.47 ($P < 0.05$), respectively, turned out to be significant. Relatively high body temperature indices in Saanen goats, on the one hand, characterize an increase in metabolic processes in the body of animals, but on the other hand, it states somewhat low indices of acclimatization in comparison with Anglo-Nubian peers. The respiration rate per minute in female goats of the Saanen breed for the winter, spring and autumn periods was significantly higher by 2 beats per minute ($P < 0.05$), and in the summer period by 1 beat per minute compared to animals of the Anglo-Nubian breed. In absolute terms, the number of respiratory movements in Saanen goats, depending on the season, ranged from 19 in the winter to 23 in the summer against 17 and 22, respectively, in the Anglo-Nubian peers. Pulse rate fluctuations in 1 minute in Saanen goats varied from 72 to 84, and in Anglo-Nubian animals from 69 to 82. According to this indicator, a significant difference was established in favor of Saanen goats in winter and summer periods. The relatively low pulse rate in Anglo-Nubian goats indicates their better adaptation to the conditions of the sharply continental climate of the Lower Volga region. The data obtained indicate that the maximum level of hemoglobin (88.05 - 89.21 g / l), erythrocytes ($9.60 - 9.92 \cdot 10^{12}$ / l) in experimental animals was noted in the summer, and the minimum hemoglobin in the winter (84.44 - 84.65 g / l), erythro-

cytes in the spring ($9.33 - 9.76 \cdot 10^{12} / l$). In terms of blood saturation with leukocytes, the maximum indicator was noted in the winter period ($8.90 - 10.55 \cdot 10^9 / l$), and the minimum in the summer period ($8.50 - 10.18 \cdot 10^9 / l$). The level of hemoglobin and erythrocytes in the blood indicates the intensity of the respiratory function of the body and the intensification of metabolic processes. The annual average hemoglobin value in the blood of Saanen goats was $87.26 \text{ g} / l$, which is $1.74 \text{ g} / l$ or 2.03% higher than the same indicator in the blood of Anglo-Nubian peers. The content of erythrocytes in the blood of goats of the Saanen breed averaged $9.50 \cdot 10^{12} / l$ per year versus $9.83 \cdot 10^{12} / l$ in Anglo-Nubian animals. The difference in favor of Anglo-Nubian goats was $0.33 \cdot 10^{12} / l$ or 3.47% . The average blood leukocyte count for the year in Anglo-Nubian goats was $10.35 \cdot 10^9 / l$, which is $1.7 \cdot 10^9 / l$ higher than in Saanen goats. **Conclusion.** The results of the conducted studies allow us to conclude that goats of the Saanen and Anglo-Nubian breeds of foreign selection in the conditions of the Lower Volga region showed good adaptive qualities. The studied clinical and morphological parameters of blood indicate the normal course of physiological processes in the body of animals. The body temperature of goats varied depending on the season of the year in the range from 38.70 to 39.63 °C, the respiratory rate from 17.00 to 23.00 , and the pulse rate from 69.00 to 84.00 beats per minute. The content of hemoglobin in the blood of Zaanen goats was higher than that of Anglo-Nubian peers by $1.74 \text{ g} / l$, and in terms of the content of red blood cells and white blood cells, Anglo-Nubian goats exceeded Zaanen goats by $0.33 \cdot 10^{12} / l$ and $1.7 \cdot 10^{19} / l$, respectively.

Key words: goats, adaptation, Saanen breed, Anglo-Nubian breed, hemoglobin, erythrocytes, leukocytes, body temperature, respiration rate, pulse rate.

Citation. Chamurliiev N. G., Shperov A. S., Zykova A. A., Shengelia I. S. Clinical and morphological indicators of Saanen and Anglo-Nubian goats during their adaptation to the conditions of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 241-251 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-24.

Author's contribution. The authors of this study summarized the material, analyzed the data, and wrote a manuscript.

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

УДК 636.39.034:612.11/.12(470.44/.47)

КЛИНИКО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОЗ ЗААНЕНСКОЙ И АНГЛО-НУБИЙСКОЙ ПОРОД ПРИ ИХ АДАПТАЦИИ К УСЛОВИЯМ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Н. Г. Чамурлиев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. С. Шперов¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А. А. Зыкова¹, аспирант

И. С. Шенгелия², генеральный директор

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ООО «ЭКОПРОДУКТ», Волгоградская область

Дата поступления в редакцию 11.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность. Недостаток животного белка, отличающегося высокой биологической ценностью, приводит к нарушению баланса в организме, что ведёт к распаду белков органов и тканей, снижению иммунитета. Одним из важных источников белка животного происхождения являются молоко и молочные продукты. Козье молоко является перспективным сырьём и объектом функционального питания. Одно из достоинств козьего молока – высокая и лёгкая переваримость – 96% против $67-92\%$ у коровьего. Положительные свойства козьего молока по сравнению с коровьим: гипоаллергенная форма молочного белка – казеина, наличие мелкодисперсной формы молочного жира, которая легче усваивается, больше витаминов А, С, В₁, В₂, РР, β - каротина, кальция, фосфора, магния, кобальта, полиненасыщенных кислот. В последние два десятилетия для создания отечественного молочного козоводства осуществляется широкий завоз импортных высокомолекулярных коз

зааненской, альпийской, нубийской, тоггенбургской и других пород. Важной составляющей для размещения этих животных в различных регионах страны является оценка их адаптационных качеств. Все исследователи считают, что клинические и гематологические показатели животных при их адаптации к различным условиям можно использовать в селекции для увеличения продуктивности животных, сведя к минимуму воздействия внешней среды, вызывающие стресс и другие нежелательные явления. **Объект исследования.** Объектом исследований стали лактирующие козочки зааненской и англо-нубийской пород ООО «ЭКОПРОДУКТ» Светлоярского района Волгоградской области. **Материалы и методы.** Экспериментальные исследования проведены в условиях ООО «ЭКОПРОДУКТ» Светлоярского района Волгоградской области. Для исследований были отобраны 2 группы коз: первая – козочки зааненской породы, вторая – англо-нубийской породы. Количество животных в группах было одинаковым и составляло 10 голов. Оценку показателей проводили у животных первой лактации. Клинические показатели определяли для оценки состояния животных. Температуру тела определяли ректально обычным термометром, частоту пульса – по числу сердечных ударов в минуту на бедренной артерии, количество дыхательных движений в минуту – путём подсчёта колебаний грудной клетки по акту вдоха при спокойном состоянии животных. Морфологические показатели определяли по общепринятым методикам: гемоглобин – по Сали и спектрометрическим методом, содержание эритроцитов и лейкоцитов – методом подсчёта в камере Горяева, белок и его фракции анализировали рефрактометрически с использованием электрофореза на бумаге. Цифровой материал исследований биометрически обработан с использованием пакета программ «Microsoft Office» и метода вариационной статистики (Плохинский Н. А., 1969) с определением критерия достоверности разности по Стьюденту-Фишеру. **Результаты.** Исследованиями установлено, что все показатели, характеризующие клиническое состояние животных соответствовали физиологическим нормам. Максимальная температура тела козочек отмечена в летний период: $39,63^{\circ}\text{C}$ – у зааненских и $39,53^{\circ}\text{C}$ – у англо-нубийских. Минимальные показатели температуры тела установлены в зимний период: у зааненских – $39,13^{\circ}\text{C}$, у англо-нубийских – $38,7^{\circ}\text{C}$. Сравнительный анализ температуры тела свидетельствует о том, что животные зааненской породы во все периоды года отличались от англо-нубийских более высокими показателями: в зимний период на $0,43^{\circ}\text{C}$, весной – на $0,27^{\circ}\text{C}$, летом – на $0,10^{\circ}\text{C}$ и осенью на $0,37^{\circ}\text{C}$. Достоверной оказалась разница в осенний и зимний периоды $0,37$ ($P<0,05$) и $0,47$ ($P<0,05$) соответственно. Относительно высокие показатели температуры тела у зааненских коз, с одной стороны, характеризуют усиление обменных процессов в организме у животных, но, с другой стороны, констатируют более низкие показатели акклиматизации по сравнению с англо-нубийскими сверстницами. Частота дыхания в минуту у козочек зааненской породы за зимний, весенний и осенний периоды была достоверно выше на 2 удара в минуту ($P<0,05$), а в летний период – на 1 удар в минуту по сравнению с животными англо-нубийской породы. В абсолютных величинах число дыхательных движений у зааненских козочек в зависимости от сезона колебался от 19 в зимний период и до 23 в летний период против 17 и 22 соответственно у англо-нубийских сверстниц. Колебания частоты пульса в 1 минуту у зааненских козочек варьировали от 72 до 84, а у англо-нубийских животных – от 69 до 82. По этому показателю установлена достоверная разница в пользу козочек зааненской породы в зимний и летний периоды. Относительно низкая частота пульса у англо-нубийских козочек свидетельствует о более высокой адаптации их к условиям резко континентального климата Нижнего Поволжья. Уровень гемоглобина и эритроцитов в крови указывает на интенсивность дыхательной функции организма и усиление процессов обмена веществ. Полученные данные свидетельствуют, что максимальный уровень гемоглобина ($88,05 - 89,21$ г/л), эритроцитов ($9,60 - 9,92 \cdot 10^{12}$ /л) у подопытных животных отмечен в летний период, а минимальный показатель гемоглобина в зимний период ($84,44 - 84,65$ г/л), эритроцитов – в весенний период ($9,33 - 9,76 \cdot 10^{12}$ /л). По насыщенности крови лейкоцитами максимальный показатель отмечен в зимний период ($8,90 - 10,55 \cdot 10^9$ /л), а минимальный – в летний период ($8,50 - 10,18 \cdot 10^9$ /л). Годовой усреднённый показатель гемоглобина в крови зааненских козочек составил $87,26$ г/л, что на $1,74$ г/л или $2,03\%$ выше по сравнению с аналогичным показателем в крови англо-нубийских сверстниц. Содержание эритроцитов в крови козочек зааненской породы в среднем за год составило $9,50 \cdot 10^{12}$ /л против $9,83 \cdot 10^{12}$ /л у англо-нубийских животных. Разница в пользу англо-нубийских козочек составила $0,33 \cdot 10^{12}$ /л или $3,47\%$. Средний показатель содержания в крови лейкоцитов за год у англо-нубийских козочек составил $10,35 \cdot 10^9$ /л, что на $1,7 \cdot 10^9$ /л выше по сравнению с козочками

зааненской породы. **Заключение.** Результаты проведённых исследований позволяют сделать вывод о том, что козоматки зааненской и англо-нубийской пород зарубежной селекции в условиях Нижнего Поволжья проявили хорошие адаптационные качества. Изученные клинические и морфологические показатели крови свидетельствуют о нормальном течении физиологических процессов в организме животных. Температура тела у козоматок варьировала в зависимости от сезона года в пределах от 38,70 до 39,63 °С, частота дыхания от 17,00 до 23,00, частота пульса – от 69,00 до 84,00 ударов в минуту. Содержание гемоглобина в крови зааненских козоматок было выше, чем у англо-нубийских сверстниц, на 1,74 г/л, а по содержанию в крови эритроцитов и лейкоцитов англо-нубийские козы превосходили зааненских на $0,33 \cdot 10^{12}/л$ и $1,7 \cdot 10^{19}/л$ соответственно.

Ключевые слова: козоводство, адаптация коз, зааненская порода коз, англо-нубийская порода коз, условия содержания коз.

Цитирование. Чамурлиев Н. Г., Шперов А. С., Зыкова А. А., Шенгелия И. С. Клинико-морфологические показатели коз зааненской и англо-нубийской пород при их адаптации к условиям Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 241-251. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-24.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования обобщили материал, проанализировали данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время проблема питания населения является одной из важнейших задач агропромышленного комплекса Российской Федерации. Жизнь человека, его здоровье и функциональное состояние невозможны без полноценного питания, т.е. без обеспечения организма всеми необходимыми питательными веществами: белками, жирами, углеводами, витаминами, макро- и микроэлементами. Чтобы устранить дефицит указанных компонентов рациона, необходимо функциональное питание для нормализации работы желудочно-кишечного тракта, нервной и сердечно-сосудистой систем [3, 4].

Недостаток животного белка, отличающегося высокой биологической ценностью, приводит к нарушению баланса в организме, что ведёт к распаду белков органов и тканей, снижению иммунитета. Одним из важных источников белка животного происхождения являются молоко и молочные продукты.

Козье молоко является перспективным сырьём и объектом функционального питания. Одно из достоинств козьего молока – высокая и лёгкая переваримость – 96 % против 67-92 % у коровьего. Положительные свойства козьего молока по сравнению с коровьим: гипоаллергенная форма молочного белка – казеина, наличие мелкодисперсной формы молочного жира, которая легче усваивается, больше витаминов А, С, В₁, В₂, РР, β-каротина, кальция, фосфора, магния, кобальта, полиненасыщенных кислот [6, 9].

В последние два десятилетия для создания отечественного молочного козоводства осуществляется широкий завоз импортных высокомолочных коз зааненской, альпийской, нубийской, тоггенбургской и других пород. Важной составляющей для размещения этих животных в различных регионах страны является оценка их адаптационных качеств. Все исследователи считают, что клинические и гематологические показатели животных при их адаптации к различным условиям можно использовать в селекции для увеличения продуктивности животных, сведя к минимуму воздействия внешней среды, вызывающие стресс и другие нежелательные явления [1, 2, 10].

На основании вышеизложенного изучение адаптационных показателей импортных коз зааненской и англо-нубийской пород применительно к условиям Нижнего Поволжья является актуальным и представляет определённый практический интерес.

Целью наших исследований стала оценка клинических и гематологических показателей коз зааненской и англо-нубийской пород при их адаптации к условиям Нижнего Поволжья.

Объект исследования. Объектом исследования послужили козوماتки зааненской и англо-нубийской пород первой лактации ООО «ЭКОПРОДУКТ» Светлоярского района Волгоградской области.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проведены в условиях ООО «ЭКОПРОДУКТ» Светлоярского района Волгоградской области. Для исследований были отобраны 2 группы коз: первая – козوماتки зааненской породы, вторая – англо-нубийской породы. Количество животных в группах было одинаковым и составляло по 10 голов. Оценка показателей проводили у животных первой лактации.

Клинические показатели определяли для оценки состояния животных. Температуру тела определяли ректально обычным термометром, частоту пульса – по числу сердечных ударов в минуту на бедренной артерии, количество дыхательных движений в минуту – путём подсчёта колебаний грудной клетки по акту вдоха при спокойном состоянии животных.

Морфологические показатели крови определяли по общепринятым методикам: гемоглобин – по Сали и спектрометрическим методом, содержание эритроцитов и лейкоцитов – методом подсчёта в камере Горяева, белок и его фракции анализировали рефрактометрически с использованием электрофореза на бумаге.

Сравнительную оценку клинических и гематологических показателей проводили с учётом сезона года.

Цифровой материал исследований биометрически обработан с использованием пакета программ «Microsoft Office» и метода вариационной статистики (Плохинский Н. А., 1969) с определением критерий достоверности разности по Стъуденту-Фишеру.

Результаты и обсуждение. Клинические показатели, характеризующие физиологическое состояние организма подопытных козوماتок, нами определены по сезонам года и представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Клинические показатели лактирующих коз зааненской и англо-нубийской пород

Table 1 – Clinical indicators of lactating goats of Zaanen and Anglo-Nubian breeds

Температура наружного воздуха, °C / Outdoor air temperature, °C	Сезон года / Season of the year	Порода / Breed					
		зааненская / zaanen			англо-нубийская / anglo-nubian		
		температура тела, °C / body temperature, °C	частота дыхания за 1 мин. / respiratory rate per 1 min.	частота пульса за 1 мин. / pulse rate in 1 min.	температура тела, °C / body temperature, °C	частота дыхания за 1 мин. / respiratory rate per 1 min.	частота пульса за 1 мин. / pulse rate in 1 min.
-13,3	Зима / Winter	39,13±0,09	19,00±0,58	72,00±0,58	38,70±0,06	17,00±0,58	69,00±0,58
+13,3	Весна / Spring	39,47±0,09	21,00±0,58	82,33±0,88	39,20±0,12	19,00±0,58	80,33±0,88
+28,0	Лето / Summer	39,63±0,15	23,00±0,58	84,00±0,58	39,53±0,09	22,00±1,15	82,00±0,58
+20,0	Осень / Autumn	39,47±0,09	20,00±0,58	76,33±1,20	39,10±0,12	18,00±0,58	74,33±1,20

Исследованиями установлено, что все показатели, характеризующие клиническое состояние животных, соответствовали физиологическим нормам. Максимальная температура тела козوماتок отмечена в летний период: 39,63 °С – у зааненских и 39,53 – у англо-нубийских. Минимальные показатели температуры тела установлены в зимний период: у зааненских – 39,13 °С, у англо-нубийских – 38,7 °С. Сравнительный анализ температуры тела свидетельствует о том, что животные зааненской породы во все периоды года отличались от англо-нубийских более высокими показателями: в зимний период на 0,43 °С, весной – на 0,27 °С, летом – на 0,10 °С и осенью на 0,37 °С. Достоверной оказалась разница в осенний и зимний периоды 0,37 (P<0,05) и 0,47 (P<0,05) соответственно. Относительно высокие показатели температуры тела у зааненских коз, с одной стороны, характеризуют усиление обменных процессов в организме у животных, но, с другой, – констатируют более низкие показатели акклиматизации по сравнению с англо-нубийскими сверстницами.

Частота дыхания в минуту у козوماتок зааненской породы за зимний, весенний и осенний периоды была достоверно выше на 2 удара в минуту (P<0,05), а в летний период на 1 удар в минуту по сравнению с животными англо-нубийской породы. В абсолютных величинах число дыхательных движений у зааненских козوماتок, в зависимости от сезона, колебался от 19 в зимний период и до 23 в летний период против 17 и 22 соответственно у англо-нубийских сверстниц.

Колебания частоты пульса в 1 минуту у зааненских козوماتок варьировали от 72 до 84, а у англо-нубийских животных – от 69 до 82. По этому показателю установлена достоверная разница в пользу козوماتок зааненской породы в зимний и летний периоды. Относительно низкая частота пульса у англо-нубийских козوماتок свидетельствует о лучшей адаптации их к условиям резко-континентального климата Нижнего Поволжья.

Кровь в организме животного осуществляет важнейшую функцию – обмен веществ. Посредством крови клетки организма обеспечиваются кислородом и питательными веществами, удаляются продукты обмена и углекислота. Морфологические показатели крови определяют функциональное состояние и динамику жизнедеятельности организма, характеризуют его индивидуальные и породные особенности [5, 7, 8].

Морфологические показатели крови лактирующих козوماتок зааненской и англо-нубийской пород по сезонам года отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Морфологический состав крови лактирующих козوماتок (n=5; Σn=10)

Table 2-Morphological composition of the blood of lactating female goats (n=5; Σn=10)

Порода / Breed	Сезон года / Season of the year	Показатель / Indicator			
		гемоглобин, г/л / hemoglobin, g/l	эритроциты, 10 ¹² / л / red blood cells, 10 ¹² /l	лейкоциты, 10 ⁹ /л / white blood cells, 10 ⁹ /l	общий белок, г/л / total protein, g/l
Зааненская / Zaanen	зима / winter	84,65	9,52	8,90	66,03
	весна / spring	87,66	9,33	8,64	66,18
	лето / summer	89,21	9,60	8,50	70,18
	осень / autumn	87,58	9,56	8,54	66,44
Англо-нубийская / Anglo-Nubian	зима / winter	84,44	9,81	10,55	65,07
	весна / spring	83,90	9,76	10,43	64,96
	лето / summer	88,05	9,92	10,18	65,88
	осень / autumn	85,69	9,83	10,23	65,34

Количественные показатели крови: гемоглобин, эритроциты, лейкоциты и общий белок – находились в пределах физиологической нормы, но варьировали по сезонам года (рисунки 1, 2, 3).

Полученные данные свидетельствуют о том, что максимальный уровень гемоглобина (88,05-89,21 г/л), эритроцитов ($9,60-9,92 \cdot 10^{12}$ /л) у подопытных животных отмечен в летний период, а минимальный показатель гемоглобина – в зимний период (84,44-84,65 г/л), эритроцитов в весенний период ($9,33-9,76 \cdot 10^{12}$ /л). По насыщенности крови лейкоцитами максимальный показатель отмечен в зимний период ($8,90-10,55 \cdot 10^9$ /л), а минимальный – в летний период ($8,50-10,18 \cdot 10^9$ /л).

Уровень гемоглобина и эритроцитов в крови указывает на интенсивность дыхательной функции организма и усиление процессов обмена веществ.

Годовой усреднённый показатель гемоглобина в крови зааненских коз составил 87,26 г/л, что на 1,74 г/л или 2,03 % выше по сравнению с аналогичным показателем в крови англо-нубийских сверстниц.

Содержание эритроцитов в крови коз зааненской породы в среднем за год составило $9,50 \cdot 10^{12}$ /л против $9,83 \cdot 10^{12}$ /л у англо-нубийских животных. Разница в пользу англо-нубийских коз составила $0,33 \cdot 10^{12}$ /л или 3,47 %.

Средний показатель содержания в крови лейкоцитов за год у англо-нубийских коз составил $10,35 \cdot 10^9$ /л, что на $1,7 \cdot 10^9$ /л выше по сравнению с козками зааненской породы.

Графические изображения содержания гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов в крови лактирующих коз по сезонам года представлены на рисунках 1, 2, 3.

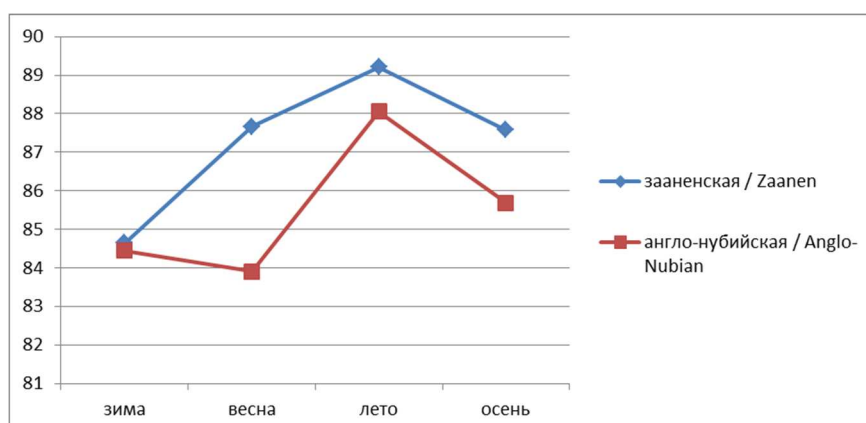


Рисунок 1 – Содержание гемоглобина в крови коз

Figure 1 – Hemoglobin content in the blood of female goats

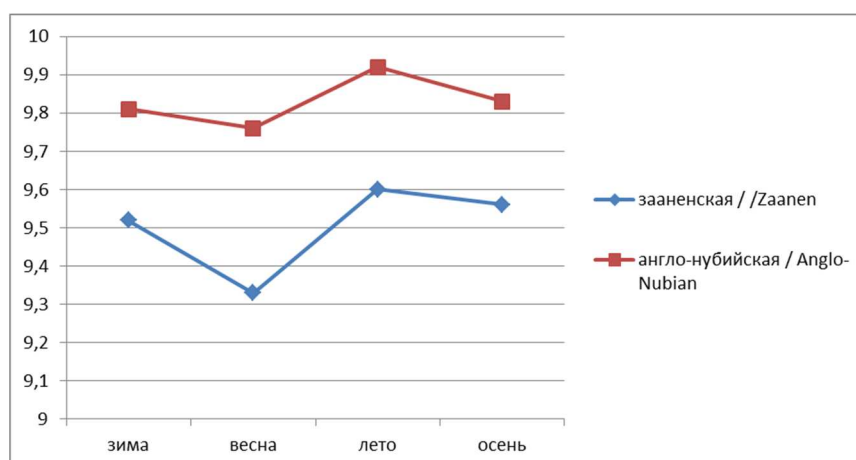


Рисунок 2 – Содержание эритроцитов в крови коз

Figure 2 – The content of red blood cells in the blood of female goats

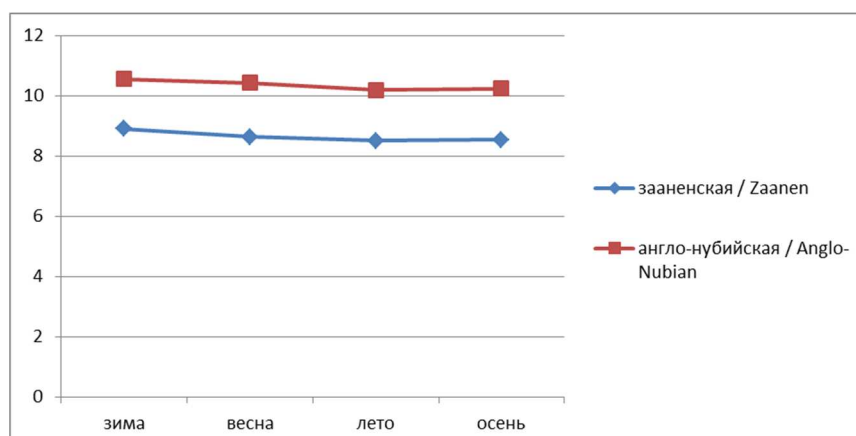


Рисунок 3 – Содержание лейкоцитов в крови козوماتок

Figure 3 – The content of white blood cells in the blood of female goats

Выводы. Результаты проведённых исследований позволяют сделать вывод о том, что козوماتки зааненской и англо-нубийской пород зарубежной селекции в условиях Нижнего Поволжья проявили хорошие адаптационные качества. Изученные клинические и морфологические показатели крови свидетельствуют о нормальном течении физиологических процессов в организме животных. Температура тела у козوماتок варьировала в зависимости от сезона года в пределах от 38,70 до 39,63 °С, частота дыхания – от 17,00 до 23,00, частота пульса – от 69,00 до 84,00 ударов в минуту. Содержание гемоглобина в крови зааненских козوماتок было выше, чем у англо-нубийских сверстниц, на 1,74 г/л, а по содержанию в крови эритроцитов и лейкоцитов англо-нубийские козы превосходили зааненских на $0,33 \cdot 10^{12}/л$ и $1,7 \cdot 10^9/л$ соответственно.

Дальнейшие исследования будут посвящены молочной продуктивности и качеству молока козوماتок англо-нубийской и зааненской пород.

Библиографический список

1. Адаптационные и продуктивные возможности молочных коз разных генотипов и условий выращивания / С. И. Новопашина, М. Ю., Санников, Е. И. Кизилова [и др.] // Сельскохозяйственный журнал. 2018. № 3 (11). С. 36-43.
2. Адаптационные особенности овец эдильбаевской породы, выращенных в агроэкологических условиях засушливых территорий Юга России / И. Ф. Горлов, Г. В. Федотова, М. И. Сложенкина [и др.] // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 3. С. 71-81.
3. Богатырев А. Н., Пряничникова Н. С., Макеева И. А. Натуральные продукты питания – здоровье нации // Пищевая промышленность. 2017. № 8. С. 26-29.
4. Горлов И. Ф., Короткова А. А., Храмова В. Н. Повышение биологической ценности молока // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2015. № 1. С. 60-63.
5. Зуева Е. М., Владимиров Н. И. Некоторые морфологические показатели крови молочных коз разных пород // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 2. С. 40-41.
6. Карнаухова И. В., Ширяева О. Ю. Качественный состав и свойства молока зааненской породы коз // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 61. С. 164-167.
7. 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.
8. Погодаев В. А., Арилов А. Н., Сергеева Н. В. Биохимические показатели крови баранчиков породы дорпер в период адаптации к природно-климатическим условиям // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017. № 46. С. 112-116.

9. Санников М. Ю., Новопашина С. И. Ещё раз о козьем молоке // Сыроделие и маслоделие. 2016. № 2. С. 22-23.

10. Торжков Н. И., Ивчатова А. Ю., Кузина А. Е. Физиологические особенности адаптации у коров-первотелок // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. 2015. № 2 (26). С. 104-108.

Conclusion. The results of the conducted studies allow us to conclude that goats of the Saanen and Anglo-Nubian breeds of foreign selection in the conditions of the Lower Volga region showed good adaptive qualities. The studied clinical and morphological parameters of blood indicate the normal course of physiological processes in the body of animals. The body temperature of goats varied depending on the season of the year in the range from 38.70 to 39.63 °C, the respiratory rate from 17.00 to 23.00, and the pulse rate from 69.00 to 84.00 beats per minute. The hemoglobin content in the blood of the Saanen goats was higher than that of the Anglo-Nubian counterparts by 1.74 g / l, and in terms of the content of erythrocytes and leukocytes in the blood, the Anglo-Nubian goats exceeded the Saanen goats by $0.33 \cdot 10^{12}$ / l and $1,7 \cdot 10^9$ / l, respectively. Further research will focus on the milk production and milk quality of Anglo-Nubian and Saanen goats.

Reference

1. Adaptation and productive capabilities of dairy goats of different genotypes and growing conditions / S. I. Novopashina, M. Yu. Sannikov, E. I. Kizilova [and others] // Agricultural journal. 2018. No. 3 (11). P. 36-43.

2. Adaptation features of Edilbaev breed sheep raised in agro-ecological conditions of arid territories of the South of Russia / I. F. Gorlov, G. V. Fedotova, M. I. Slozhenkina [and others] // South of Russia: ecology, development. 2019. V. 14. No. 3. P. 71-81.

3. Bogatyrev A. N., Pryanichnikova N. S., Makeeva I. A. Natural food products - the health of the nation // Food Industry. 2017. No. 8. P. 26-29.

4. Gorlov I. F., Korotkova A. A., Khramova V. N. Increasing the biological value of milk // Bulletin of the Russian agricultural science. 2015. No. 1. P. 60-63.

5. Zueva E. M., Vladimirov N. I. Some morphological indicators of blood of dairy goats of different breeds // Sheep, goats, woolen business. 2018. No. 2. P. 40-41.

6. Karnaukhova I. V., Shiryayeva O. Yu. Qualitative composition and properties of milk of the Zaanen breed of goats // News of the Oren-burg State Agrarian University. 2016. No. 61. P. 164-167.

7. Mansurova M. S. Morpho-biochemical blood parameters of the imported Australian beef cattle of the Hereford breed in the spring period of the year // Veterinary Medicine Today. 2017. No. 4 (23). P. 14-16.

8. Pogodaev V. A., Arilov A. N., Sergeeva N. V. Biochemical blood indices of Dorper rams during adaptation to natural and climatic conditions // Bulletin of the St. Petersburg State Agrarian University. 2017. No. 46. P. 112-116.

9. Sannikov M. Yu., Novopashina S. I. Once again about goat milk // Cheese making and butter making. 2016. No. 2. P. 22-23.

10. Torzhkov N. I., Ivchatova A. Yu., Kuzina A. E. Physiological features of adaptation in first-calf cows // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostycheva. 2015. No. 2 (26). P. 104-108.

Author's Information

Nodari Georgievich Chamurliov, Professor of the Department of «Private Zootechnics» of the Volgograd State Agrarian University, (Russian Federation, 400002, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy ave., 26), Doctor of Agricultural Sciences. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065>

E-mail: zootexnia@mail.ru

Shperov Alexander Sergeevich, Associate Professor of the Department of «Private Zootechnics» of the Volgograd State Agrarian University, (Russian Federation, 400002, Volgograd region, Volgograd, Universitetskiy ave., 26), Candidate of Agricultural Sciences. E-mail: shperov2011@mail.ru

Zykova Angelina Alekseevna, Post-graduate Student of the Department of «Private Zootechnics» of the Volgograd State Agrarian University, (26, Universitetskii ave., Volgograd, 400002, Volgograd Region, Russian Federation), E-mail: gelya.angelina2012@mail.ru

Ivan Savelievich Shengelia, General Director of ECOPRODUKT LLC (Russian Federation, 404175, Volgograd region, Svetloyarsky district, Dubovy Ravine settlement)

Информация об авторах

Чамурлиев Нодари Георгиевич, профессор кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета, (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2421-3065>
E-mail: zootexnia@mail.ru

Шперов Александр Сергеевич, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета, (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук. E-mail: shperov2011@mail.ru

Зыкова Ангелина Алексеевна, аспирант кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета, (РФ, 400002, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), E-mail: gelya.angelina2012@mail.ru

Шенгелия Иван Савельевич, генеральный директор ООО «ЭКОПРОДУКТ» (РФ, 404175, Волгоградская область, Светлоярский район, пос. Дубовый Овраг).

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-25

METABOLIC STRESS IN HEIFERS DURING THE DEVELOPMENT OF SUBCLINICAL ECLAMPSIA

V.D. Kocharyan¹, V.S. Avdeenko², K.A. Bakanova¹, O.K. Kocharyan¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova, Saratov*

Received 11.01.2021

Submitted 10.03.2021

Summary

This article presents the results of a diagnostic study of the subclinical form of eclampsia in heifers at the final stage of pregnancy. In the process of clinical examination, informative markers were identified that allow to substantiate the diagnosis and carry out differential diagnostics of eclamptic syndrome in heifers in production conditions. It was found that 27.69% of heifers have a symptom complex of eclamptic syndrome: arterial hypertension, proteinuria, edema.

Abstract

Introduction. The main reasons leading to a decrease in the reproductive capacity of the broodstock are the manifestations of metabolic stress in dry cows and heifers in the last stage of pregnancy, which in the end result may be the main cause of symptomatic infertility. The available data obtained in the course of the study make it possible to better understand the problem of intrauterine development of the fetus and the effect of metabolic changes on the viability and safety of young animals, as well as the need to use informative diagnostic methods in the practice of veterinary specialists at dairy enterprises in the Volgograd and Saratov regions. The aim of the study was to study the biochemical blood profile and the algorithm for the development of symptoms of subclinical eclampsia in heifers of foreign selection in the last trimester of pregnancy. **Object.** The studies were carried out on Holstein and Black-and-White cows. **Materials and methods.** The studies were carried out in 2016-2020. at the departments of the Volgograd State Agrarian University «Obstetrics and Therapy» and the Saratov State Autonomous Institution «Animal Diseases and Veterinary and Sanitary Expertise», as well as in the farms of the Saratov and Volgograd regions. In total, 1225 heads of deeply pregnant heifers with confirmed disease, subclinical ketosis in combination with gestosis, participated in the experiment. An increase in the concentration of ketone bodies in the blood above 1.03 mmol / l was considered a manifest symptom of eclampsia. Also, the ratio of acetoacetic acid to acetone to β -hydroxybutyric acid less than 1: 6 was considered a prognostic symptom of eclampsia. Subclinical eclampsia was confirmed by the presence of symptoms of the triad in the classic manifestation - arterial hypertension with arterial pressure within 135 ± 2.9 mm Hg, the content of protein fractions in urine (pro-

teinuria) not less than 0.5 ± 0.48 mmol / L and the presence of local edema in the dewlap and pelvic limbs. Clinical evaluation of blood tests was performed on automatic veterinary analyzers. **Results and Conclusions.** At the final stage of the third trimester, the experimental groups of heifers with symptoms of preeclampsia included cows with the presence of protein fractions in the urine above 0.5 mmol / l. We found that changes in metabolic metabolism in heifers in the last trimester of pregnancy entail changes in the content of ketone bodies 2-3 times higher than physiological norms. The content of buffer bases decreased to 18.4 ± 1.5 mmol / L. The blood glucose level decreased to 2.25 ± 0.17 mmol / L. The fractional ratio of ketone bodies of β -hydroxybutyric acid (BH) to acetone in a complex with acetoacetic acid (AcAc) is reduced to 1.9: 1. Metabolic processes in heifers entail a failure of the functional activity of the fetoplacental complex of heifers. It was noted that in the blood of heifers with symptoms of eclampsia, the content of lipid peroxidation products, expressed as ketodienes and conjugated trienes, increased by more than 1.5 times. At the same time, the content of malondialdehyde fluctuates within 1.15 ± 0.2 μ mol / l. The above suggests that the criteria of metabolic metabolism, traditionally used in diagnostics in heifers with symptoms of ketosis, are less sensitive and specific than the indicators of "lipid peroxidation - antioxidant protection", and during pregnancy correspond to signs of subclinical eclampsia.

Key words: *heifers, blood, subclinical ketosis, subclinical eclampsia, metabolic processes, lipid peroxidation - antioxidant defense, ketone bodies and their fractions.*

Citation. Kocharyan V.D., Avdeenko V.S., Bakanova K.A., Kocharyan O.K. Metabolic stress in heifers during the development of subclinical eclampsia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 251-260 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-25.

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

Conflict of interests. The authors declare no conflicts of interest

УДК 619:616-092.19:636.2.082.3

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ СТРЕСС У НЕТЕЛЕЙ ПРИ РАЗВИТИИ СУБКЛИНИЧЕСКОЙ ЭКЛАМПСИИ

В. Д. Кочарян¹, кандидат биологических наук, доцент
В. С. Авдеенко², доктор ветеринарных наук, профессор
К. А. Баканова¹, кандидат ветеринарных наук
О. К. Кочарян¹, ветеринарный врач

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет
им. Н. И. Вавилова, г. Саратов

Дата поступления в редакцию 11.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность. Главными причинами, ведущими к снижению воспроизводительной способности маточного поголовья, являются проявления метаболического стресса у сухостойных коров и нетелей на последнем этапе беременности, что в конечном результате может быть основной причиной симптоматического бесплодия. Имеющиеся данные, полученные в ходе исследования, дают возможность глубже понять проблему внутриутробного развития плода и влияние метаболических изменений на жизнеспособность и сохранность молодняка, а также необходимости применения информативных методов диагностики в практической деятельности ветеринарных специалистов на молочных предприятиях в Волгоградской и Саратовской областях. **Цель исследования** – изучить биохимический профиль крови и алгоритм развития симптоматики субклинической формы эклампсии у нетелей зарубежной селекции на последнем триместре беременности. **Объект.** Исследования проводили на коровах голштинской и черно-пестрой пород. **Материалы и методы.** Исследования проводились в 2016-2020 гг. на кафедрах Волгоградского ГАУ «Акушерство и терапия» и Саратовского ГАУ «Болезни животных и ВСЭ», а также в хозяйствах Саратовской и Волгоградской областей. Всего в опыте участвовало 1225 голов глубоко стельных нетелей с подтвержденным

заболеванием «субклинический кетоз в сочетании с гестозом». Повышение в крови концентрации кетоновых тел свыше 1,03 ммоль/л считали манифестирующим симптомом эклампсии. Также соотношение ацетоуксусной кислоты с ацетоном к β -оксимасляной кислоте менее 1 : 6 считали прогностическим симптомом эклампсии. Субклиническую эклампсию подтверждали наличием симптомов триады в классическом проявлении – артериальная гипертензия с АДС в пределах $135 \pm 2,9$ мм рт.ст., содержание белковых фракций в моче (протеинурия) не менее $0,5 \pm 0,48$ ммоль/л и наличие локальных отеков в области подгрудка и тазовых конечностей. Клиническую оценку исследованию крови проводили на автоматических ветеринарных анализаторах. **Результаты и выводы.** На завершающем этапе третьего триместра опытные группы нетелей с наличием симптомов преэклампсии включали в себя коров с наличием в моче белковых фракций свыше 0,5 ммоль/л. Нами было выявлено, что изменения метаболического обмена у нетелей в последнем триместре беременности влекут за собой изменение содержания кетоновых тел в 2-3 раза выше физиологических норм. Содержание буферных оснований понижалось до $18,4 \pm 1,5$ ммоль/л. Содержание глюкозы в крови снизилось до $2,25 \pm 0,17$ ммоль/л. Фракционное соотношение кетоновых тел β -оксимасляной кислоты (ВН) к ацетону в комплексе с ацетоуксусной кислоты (АсАс) снижается до 1,9 : 1. Метаболические процессы у нетелей влекут за собой сбой функциональной деятельности фетоплацентарного комплекса нетелей. Отмечено, что в крови нетелей с симптомами эклампсии содержание продуктов перекисной окислации липидов, выраженных кетодиенами и сопряженными триенами, повышается более чем в 1,5 раза. При этом содержание МДА колеблется в пределах $1,15 \pm 0,2$ мкмоль/л. Вышесказанное дает основание считать, что критерии метаболического обмена, традиционно используемые в диагностике у нетелей с симптомами кетоза, отличаются меньшей чувствительностью и специфичностью, чем показатели «перекисное окисление липидов – антиоксидантная защита», а в период стельности соответствуют признакам субклинической эклампсии.

Ключевые слова: нетели, метаболизм нетелей, метаболические стрессы, субклиническая эклампсия.

Цитирование Кочарян В. Д., Авдеенко В. С., Баканова К. А., Кочарян О. К. Метаболический стресс у нетелей при развитии субклинической эклампсии. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 251-260. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-25.

Авторский вклад. Авторы данного исследования непосредственно принимали участие в реализации и анализе результатов исследования. Все авторы данного исследования ознакомлены и согласны с представленными в данной статье материалами.

Конфликт интересов. Авторы сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Метаболические патологии имеют большой удельный вес в общей структуре заболеваний молочного поголовья. Данные нарушения приводят к сбою в системе обмена веществ, также способствуя возникновению и развитию субклинической эклампсии в третьем триместре беременности. Развитие эклампсического синдрома ведет к снижению темпов роста воспроизводства маточного стада, снижению удоев у молочного скота [1, 2, 4]. В числе большого количества актуальных вопросов современной ветеринарии лидирующее место занимает проблема повышения репродуктивных функций и сохранения их на высоком уровне у высокопродуктивного молочного скота. Данный критерий является одним из показателей высокой рентабельности продукции животноводства.

Ежегодно в США [9, 11] наблюдается рост числа заболеваний метаболического обмена. В разные годы у более миллиона животных регистрируется кетоз (до 5% поголовья коров). При этом в некоторых хозяйствах процент заболеваемости может колебаться и быть выше. Эти показатели имеют приблизительные числа ввиду неизвестности частоты использования диагностических данных и количества латентных и субклинических случаев возникновения патологий.

Использование инновационных технологий в области молочного скотоводства для разведения и селекции не всегда ведет к повышению продуктивных возможностей коров. Современные технологии в выращивании животных не учитывают потребностей

организма коров, что ведет к повышению нагрузки на организм животного в целом. В результате могут возникнуть функциональные расстройства, как во время беременности, так и в послеродовой период. Это отражается и на развитии плода [3, 8].

Перспективным направлением в решении вопроса эклампсии на последних сроках беременности у высокопродуктивных нетелей является изучение патогенеза в роли нарушений метаболического обмена. Данные патологии влекут развитие фетоплацентарной недостаточности, а также возможное рождение гипотрофного потомства [5, 10].

Несмотря на прогресс в изучении метаболических патологий, многие вопросы, касающиеся состояния плода и плаценты жвачных животных при развитии субклинической формы эклампсии, остаются открытыми и по сей день. Современные аспекты коррекции эклампсии [6] говорят о понижении содержания перекисного окисления липидов и связывания свободных радикалов в результате применения препаратов селена. Использование препаратов данного ряда ведет к восстановлению физиологических реакций в организме.

Ввиду вышесказанного, вопросы изучения «оксидативного стресса», имеющего отношение к системе перекисной окисляции липидов во взаимоотношении с антиоксидантной защитой и оксида азота в этиологии послеродовых заболеваний, являются чрезвычайно актуальными. Коррекция связи эндокринной системы и органов размножения возможна путем обеспечения организма животного биогенным стимулятором на основе селена. Данный элемент осуществляет контроль над уровнем перекисных окислений в составе основных веществ организма, а также стимулирует процессы, отвечающие за формирование иммунитета.

Цель работы – изучить биохимический профиль крови и алгоритм развития симптоматики субклинической формы эклампсии у нетелей зарубежной селекции на последнем триместре беременности.

Материалы и методы. Всего в опыте участвовало 1225 голов глубоко стельных нетелей с подтвержденным заболеванием субклинический кетоз.

Для опыта по лабораторному исследованию крови были отобраны образцы, полученные от коров до утреннего кормления. Кровь для исследования брали утром из под хвостовой вены. Методом йодометрического титрования определяли наличие кетоновых тел. Автоматическим ветеринарным газоанализатором i15 VET (EDAN, Китай) определяли содержание водородных. Для предотвращения свертываемости крови в качестве антикоагулянта использовали гепарин в концентрации 5000 ЕД, 2-4 капли на 10 мл крови.

Гематологические и биохимические исследования крови проводили на автоматических анализаторах Abacus junior vet (Automatic Veterinary, Германия) и Chem Well Combi Models 2910 (USA). Для определения содержания креатининкиназы, аспартатаминотрансферазы, щелочной фосфатазы, общего белка, альбуминов, глюкозы, мочевины (ФС «ДДС») использовали диагностические системы DiaSys, адаптированные для автоматического биохимического анализатора.

Биохимический анализ проводили для определения в крови первичных и вторичных продуктов липопероксидации. Данная картина отражалась наличием таких продуктов первичного распада, как изолированные двойные связи, сопряженные триены и кетодиены, диеновые конъюгаты. Наличие в крови малонового диальдегида определяло активность вторичных продуктов перекисного окисления липидов. Флуориметрическим методом определяли концентрацию α -токоферола, за эталон принимали D, L, α -токоферола фирмы «Serva». Одновременно определяли содержание токоферола.

После аналитического исследования крови проводили диагностику особенностей симптоматики субклинической эклампсии. В результате формировали группы нетелей по принципу пар-аналогов. Определяли наличие в крови и моче белковых фракций и кетоновых тел, а также соотношение их фракций β -оксимасляной кислоты к ацетону с ацетоуксусной кислотой.

Диагноз на эклампсию считали подтвержденным при клинической картине, включающей в себя проявление традиционных клинических симптомов: артериальная гипертензия с артериальным давлением свыше 136,5 мм рт.ст., протеинурия с концентрацией белковых фракций не ниже 0,7 г/л. Концентрация общих кетоновых тел в крови выше 1,034 ммоль/л.

Анализ статистических данных проводили с помощью программы StatSoft Statistica 6.1. Критерием Стьюдента определяли достоверность различий при констатации при $P < 0,05$.

Результаты и обсуждение. По результатам диспансеризации нетелей различной селекции, доставленных в хозяйства Волгоградской и Саратовской областей в течение 2015-2020 гг. из США (335 нетелей), Германии (250 нетелей), Венгрии (300 нетелей) и Нидерландов (340 нетелей), установили распространенность заболеваний среди них.

Частоту возникновения нарушений обменных процессов в ранний послеродовой период определяли при диспансерном обследовании животных. В ходе проведенных нами исследований установлено, что в поздний завершающий период стельности, а также в пуэрперальный период у животных проявляются осложнения беременности, такие как субклинические формы кетоза (31 %) и эклампсии (28 %). Остеодистрофические заболевания проявлялись у 16,5 % животных, в том числе сколиоз у 1,4 % коров, а кифоз в 0,7 % случаев. Со стороны пищеварительной системы проявлялись такие патологии, как заболевания печени (10 %), гипотонии и атонии преджелудков (10,4 %), ретикулит травматического характера (1,3 %). Нарушения мочеполовой системы проявлялись циститами в 0,7 % случаев.

Лабораторный экспресс-тест мочи от нетелей в формате тест-полосок Кетоглюк-1, выявил у 30,55 % животных повышение кетоновых тел свыше 0,5 ммоль/л. При применении экспресс-теста положительная реакция мочи на наличие кетоновых тел подтверждала диагноз на субклинический кетоз. При сравнительном анализе содержания кетоновых тел в моче было установлено, что концентрация была выше более чем в 2 раза. Содержание фракций ацетоуксусной кислоты с ацетоном поднималась почти в 6 раз, в то время как показатели бетаоксимасляной кислоты – всего в 1,5 раза. Биохимическим анализом крови установлено снижение щелочного резерва крови до 17,5 ммоль/л и глюкозы до 2,25 ммоль/л. Также формировали группу животных с сочетанным проявлением субклинического кетоза и эклампсии, при которых отмечали артериальное давление равное $169,5 \pm 4,2$ мм рт.ст., а также содержание белковых фракций в моче выше $1,2 \pm 0,5$ г/л.



Рисунок 1 – Частота встречаемости нарушений обмена веществ у нетелей

Picture 1 – The frequency of metabolic disorders in heifers

У нетелей содержание лимфоцитов при субклинических формах кетоза и эклампсии снижается в 1,17 и в 1,44 раза соответственно. Наличие симптоматики кетоза и эклампсии в субклиническом проявлении увеличивает СОЭ в 1,69 и 1,27 раза по отношению к клинически здоровым животным. При этом появление признаков субклинической эклампсии снижает содержание альбуминовых фракций в 1,33 раза. У животных при наличии манифестных симптомов субклинической эклампсии по сравнению с физиологически здоровыми животными качественное содержание в крови холестерина снижалось в 1,25 раза.

Содержание мочевины повышалось до $5,35 \pm 0,02$, $6,71 \pm 0,06$ и $7,07 \pm 0,03$ ммоль/л во всех подгруппах больных нетелей против $4,75 \pm 0,07$ ммоль/л в показателях у клинически здоровых животных. Важные изменения регистрировали при анализе концентрации ферментов аспартатаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы (АсАТ и АлАТ). У большинства больных животных (85,71 %) оба этих показателя были повышены.

На завершающем этапе беременности у нетелей выявляли осложнения, которые проявлялись биохимическими изменениями крови. Так, концентрация вторичного продукта липидного перекисного окисления – малонового диальдегида – повышалась на более чем на 40 %: с $1,11 \pm 0,15$ до $1,51 \pm 0,12$ мкмоль/л. Ввиду чего антиоксидантная защита повышает свое действие как ответная реакция на влияние токсических метаболитов перекисного распада. Показатели взаимоотношения антиоксидантной защиты и перекисного окисления липидов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели взаимоотношения липидной пероксидации и антиоксидантной защиты (n = 30)

Table 1 – Criteria for the relationship of the system «lipid peroxidation-antioxidant Protection» in heifers during pregnancy (n = 30)

Показатель/ Indicator	Референсные значения / Reference values	Субклинический кетоз / Subclinical ketosis	Субклиническая эклампсия / Subclinical eclampsia
Малоновый диальдегид мкмоль/л / Malondialdehyde, mmol/l	$1,12 \pm 0,16$	$1,53 \pm 0,2$	$1,58 \pm 0,15$
ГПО, мМ 0-8Н/л*мин GPO, mM 0-8N/l * min	$14,6 \pm 1,54$	$19,4 \pm 2,58$	$17,2 \pm 2,11$
Каталаза, мМ H ₂ O ₂ /л*мин / Catalase, mM H ₂ O ₂ /l*min	$32,2 \pm 1,26$	$36,4 \pm 2,44$	$35,4 \pm 1,01$
Вит. Е, ммоль/л / Vit. E, mmol/l	$11,1 \pm 0,89$	$8,5 \pm 0,98$	$8,9 \pm 1,22$
Вит. С, ммоль/л / Vit. C, mmol/l	$14,5 \pm 5,73$	$11,5 \pm 1,69$	$18,1 \pm 4,02$
NO, мкмоль/л	$62,1 \pm 8,02$	$80,3 \pm 8,5$	$86,0 \pm 7,9$

Выявлено, что липофильные антиоксиданты препятствуют перекислению ненасыщенных связей. Неферментные соединения антиоксидантной защиты, наиболее значимым из которых является витамин Е, продолжают падать: концентрация витамина Е сокращается на 44,5 % (до $7,5 \pm 0,92$ ммоль/л), витамина С снижается на 20 % (до $11,5 \pm 1,3$ ммоль/л).

Первичные продукты перекисного окисления липидов, проявляющиеся диеновыми конъюгатами, являются токсичными веществами метаболического обмена. Уровень данных липопероксидов в крови нетелей с диагнозом «субклинический кетоз» статистически ($p < 0,05$) повышается в 1,9 раз в отношении бессимптомной эклампсии.

Вторичные продукты липопероксидации (кетодиены и сопряженные триены) в крови нетелей с бессимптомно протекающей эклампсией повышаются 1,9 раза в сравнительном аспекте со скрытой формой кетоза, но в 3,7 раза по сравнению с клинически здоровыми животными. Таким образом, состояние субклинической эклампсии повы-

шает концентрацию малонового диальдегида в 1,2 раза, в то время как его содержание при субклинической форме кетоза равно $1,3 \pm 0,34$ мкмоль/л. При оценке активности МДА установили снижение функциональной активности антиоксидантной защиты организма. Понижение содержания супероксиддисмутазы менее 1,55 усл. ед. в более чем 83 % случаев говорит о наличии у животного субклинической формы эклампсии, в то время как только у 25 % нетелей этот показатель неинформативен, так как данные животные проявляют истинные симптомы субклинического кетоза.

Данные, полученные в результате проведения диспансеризации, говорят о том, что более чем у 27 % нетелей в течение последнего триместра беременности были обнаружены симптомы эклампсии, которые проявлялись манифестными симптомами. К ним относили повышение артериального давления (гипертензия) выше 135 мм рт.ст., повышение содержания белковых фракций в моче свыше 3,0 г/л. Также регистрировали наличие отеков в области тазовых конечностей и подгрудка, а также брюшной стенки.

Таблица 2 – Продукты перекисного окисления липидов, содержащихся в крови нетелей с субклиническим кетозом и эклампсией

Table 2 – Products of lipid peroxidation in the blood of heifers with subclinical ketosis and eclampsia

Показатель / Indicator	Субклиническая эклампсия / Sub-clinical eclampsia (n=15)	Субклинический кетоз / Subclinical ketosis (n=15)	Референсные значения / Reference values
Изолированные двойные связи, (усл. ед.) / Isolated double bonds, (conl.)	$1,644 \pm 0,41^*$	$1,859 \pm 0,3^{**}$	$1,386 \pm 0,4$
Диеновые конъюгаты (мкмоль/л) / Diene conjugates (mmol / L)	$0,509 \pm 0,19^*$	$0,695 \pm 0,32^{**}$	$0,372 \pm 0,07$
Сопряженные триены и кетодиены (усл. ед.) / Ketodienes and conjugated trienes (conl.)	$0,186 \pm 0,05^*$	$0,375 \pm 0,12^{**}$	$0,106 \pm 0,07$
А-токоферол (мкмоль/л) / A-tocopherol (mmol/l)	$7,57 \pm 0,41$	$6,98 \pm 0,59$	$8,16 \pm 0,38$
Ретинол (мкмоль/л) / Retinol (mmol / l)	$1,785 \pm 0,39$	$1,543 \pm 0,61$	$2,523 \pm 0,52$
Глутатион восстановленный (мкмоль/л) / Reduced glutathione (mmol/l)	$1,756 \pm 0,34$	$2,054 \pm 0,44$	$1,546 \pm 0,16$
Супероксиддисмутаза (усл. ед.) / Superoxide dismutase (usl. ed)	$1,3 \pm 0,3$	$1,11 \pm 0,31$	$1,74 \pm 0,4$

Примечание: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; (здесь и далее) в сравнении с показателями клинически здоровых животных.

Биохимическими исследованиями сыворотки крови нетелей, положительно реагирующих на экспресс-тест, установили увеличение общей концентрации билирубина в 1,73 раза. Содержание мочевины увеличивалось до $7,07 \pm 0,03$ ммоль/л, против $4,75 \pm 0,07$ ммоль/л у контрольной группы животных. Содержание АсАТ составило $85,17 \pm 3,31$ Ед/л у 85,71 % больных нетелей против $125,45 \pm 6,76$ Ед/л у клинически здоровых, а АлАТ - $18,33 \pm 0,88$ Ед/л против $25,34 \pm 1,50$ Ед/л. В крови отмечали увеличение содержания промежуточных продуктов перекисаации липидов на 43 %, которое выражалось в виде малонового диальдегида. Метаболиты азота имели тенденцию к повышению на 38 %, в то время как концентрация витамина С поднялась на 24,1 %. Концентрация витамина Е упала на 13,1 %.

Содержание вторичных продуктов распада кетодиенов и сопряженных триенов в сравнении с субклинической формой кетоза повышается почти в 2 раза по сравнению с параметрами физиологической нормы, в то время как при такой же форме эклампсиче-

ского синдрома поднимается почти в 4 раза. Активность супероксиддисмутазы была значительно ниже в сравнении с референсными значениями и составляла $1,3 \pm 0,3$ и $1,11 \pm 0,31$ усл.ед. соответственно.

Выводы. В результате проведенных исследований выявили, что изменения, происходящие в метаболическом обмене на последних этапах беременности у нетелей с подтвержденным диагнозом «кетоз», отличаются от специфических клинических проявлений, отраженных в картине биохимических изменений крови. Основой изменений является состояние липидного перекисного окисления, а также параметры антиоксидантной защиты. Также субклиническая форма кетоза сходна по клинической картине с симптомами субклинической эклампсии.

Проведенные исследования дают новые представления о механизме развития субклинических форм эклампсии и кетоза и предоставляют возможность нового формата диагностической оценки заболеваний. Возрастающие показатели перекисного окисления липидов активизируют систему антиоксидантной защиты организма нетелей на завершающем этапе беременности.

Библиографический список

1. Евглевский А. А. Теоретические и практические аспекты потенцирования метаболической активности жироподобных энергетиков пропиленгликоля и глицерина // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 4.
2. Заболотных М. В. Влияние кормовой добавки «Фелуцен» на метаболизм и ветеринарно-санитарную оценку молока высокопродуктивных коров // Вестник ОМГАУ. 2020. № 1 (37).
3. Морфологические взаимоотношения в плацентах крупного рогатого скота при осложненной беременности эклампсией / В. Д. Кочарян, В. С. Авдеенко, П. В. Родин, М. А. Ушаков // Известия НВ АУК. 2019. № 2(54). С. 238-244.
4. Никулина Н. Б., Аксенова В. М. Причины распространения заболеваний крупного рогатого скота в хозяйствах Пермского края // Пермский аграрный вестник. 2019. № 4 (28).
5. Показатели липидного обмена, перекисного окисления липидов и антиоксидантной системы плазмы крови коров-первотелок в заключительный период лактации / И. В. Котович [и др.] // Веснік МДПУ імя І. П. Шамякіна. 2015. № 1 (45).
6. Развитие, обоснование диагноза и терапия эклампсического синдрома у сухостойных коров / В. Д. Кочарян, С. А. Приходько, В. С. Авдеенко, С. Н. Тресницкий // Известия НВ АУК. 2018. № 2 (50).
7. Требухов А. В., Эленшлегер А. А. Белковый статус у больных кетозом коров // Вестник АГАУ. 2016. № 2 (136).
8. Турлюн В. И. Внедрение экспресс-методов определения кетоза у коров в технологический процесс производства молока // Известия СПбГАУ. 2019. № 1 (54).
9. Черницкий А. Е., Шабунин С. В., Сафонов В. А. Преэклампсия у коров: функциональные нарушения в системе мать-плацента-плод и их последствия для здоровья потомства // Сельскохозяйственная биология. 2019. № 2.
10. Abraham F. An Overview on Functional Causes of Infertility in Cows // JFIV Reprod Med Genet. 2017. № 5:2.
11. Clinico-hematologic and biochemical status of cows at gestosis / G. Nezhdanov, M. I. Retskii, Yu. N. Alekhin, V. A. Safonov, V. I. Shushlebin, N. E. Papin, T. P. Brekhov, E. V. Shishkina // Agricultural Biology. 2010. № 2. P. 118-123.
12. Metabolic and immunological changes in transition dairy cows: A review / P. R. Wankhade, A. Manimaran, A. Kumaresan, S. Jeyakumar, K. P. Ramesha, V. Sejian, D. Rajendran, M. R. Varghese // Veterinary World. 2017. № 10 (11). P. 1367-1377.

Conclusions. Thus, the metabolic parameters that are traditionally used in the diagnostic algorithm in heifers and pre-heifers with symptoms of subclinical ketosis in some cases are less sensitive and specific than the indicators of the system "lipid peroxidation - antioxidant protection» and during pregnancy correspond to symptoms of subclinical eclampsia.

Reference

1. Evglevsky A. A. Theoretical and practical aspects of potentiating the metabolic activity of fat-like energetics propylene glycol and glycerin // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2020. No. 4.
2. Zabolotnykh M. V. The influence of the feed additive "Felutsen" on the metabolism and veterinary and sanitary assessment of milk of highly productive cows // Bulletin of OMGAU. 2020. No. 1 (37).
3. Morphological relationships in placentomas of cattle with complicated pregnancy with eclampsia / V. D. Kocharyan, V. S. Avdeenko, P. V. Rodin, M. A. Ushakov // Izvestia NV AUK. 2019. No 2 (54). Pp. 238-244.
4. Nikulina N. B., Aksenova V. M. Causes of the spread of diseases of cattle in the farms of the Perm region // Perm Agrarian Bulletin. 2019. No. 4 (28).
5. Indicators of lipid metabolism, lipid peroxidation and antioxidant system of blood plasma of first-calf cows in the final period of lactation / I. V. Kotovich [et al.] // Vesnik MDPU I. P. Shamyakin. 2015. No. 1 (45).
6. Development, substantiation of the diagnosis and therapy of eclampsic syndrome in dry cows / V. D. Kocharyan, S. A. Prikhodko, V. S. Avdeenko, S. N. Tresnitsky // Izvestia NV AUK. 2018. No. 2 (50).
7. Trebukhov A. V., Elenschläger A. A. Protein status in patients with ketosis cows // Bulletin of AGAU. 2016. No. 2 (136).
8. Turlyun V. I. The introduction of express methods for determining ketosis in cows in the technological process of milk production // Izvestia SPbGAU. 2019. No.1 (54).
9. Chernitsky A. E., Shabunin S. V., Safonov V. A. Preeclampsia in cows: functional disorders in the mother-placenta-fetus system and their consequences for the health of the offspring // Agricultural Biology. 2019. No. 2.
10. Abraham F. An Overview on Functional Causes of Infertility in Cows // JFIV Reprod Med Genet. 2017. № 5:2.
11. Clinico-hematologic and biochemical status of cows at gestosis / G. Nezhdanov, M. I. Retskii, Yu. N. Alekhin, V. A. Safonov, V. I. Shushlebin, N. E. Papin, T. P. Brekhov, E. V. Shishkina // Agricultural Biology. 2010. № 2. P. 118-123.
12. Metabolic and immunological changes in transition dairy cows: A review / P. R. Wankhade, A. Manimaran, A. Kumaresan, S. Jeyakumar, K. P. Ramesha, V. Sejian, D. Rajendran, M. R. Varghese // Veterinary World. 2017. № 10 (11). P. 1367-1377.

Author's Information

Kocharyan Valentina Danilovna - Associate Professor, Head of the Department of Obstetrics and Therapy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University", (400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), Candidate of Biological Sciences, Associate Professor. Tel. 8 (905) 3345779 ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7519-5883>, e-mail: kvd202@mail.ru

Avdeenko Vladimir Semenovich - Professor of the Department of Obstetrics and Therapy of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov "(410012, Saratov, Teatralnaya pl., 1.), Doctor of Veterinary Sciences, Professor E-mail: avdeenko0106@mail.ru

Bakanova Ksenia Alekseevna - Assistant of the Department of Obstetrics and Therapy, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University", (400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), Candidate of Veterinary Sciences. E-mail: kseniya.golutvina.92@mail.ru

Kocharyan Ovik Karenovich - Applicant for the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University", (400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), E-mail: kvd707@mail.ru

Информация об авторах

Кочарян Валентина Даниловна – доцент, заведующий кафедрой «Акушерство и терапия» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр. Университетский, 26), кандидат биологических наук, доцент. тел. 8(905)3345779
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7519-5883>, e-mail: kvd202@mail.ru

Авдеенко Владимир Семенович – профессор кафедры «Болезни животных и ветеринарно-санитарная экспертиза» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова (410012, г.Саратов, Театральная пл., 1), доктор ветеринарных наук, профессор. E-mail: avdeenko0106@mail.ru

Баканова Ксения Алексеевна – ассистент кафедры «Акушерство и терапия» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования Волгоградский государственный аграрный университет, (400002, г. Волгоград, пр.-т Университетский, 26), кандидат ветеринарных наук. E-mail: kseniya.golutvina.92@mail.ru

Кочарян Овик Каренович – соискатель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Волгоградский государственный аграрный университет, (400002, Волгоград, пр. Университетский, 26), E-mail: kvd707@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-26

INBREED TYPES OF AIRSHIRE CATTLE OF RUSSIA

O.V. Tulinova¹, M.V.Pozovnikova¹, A.A. Sermyagin², E.N. Vasilyeva¹

¹*All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Research Center for Livestock – All-Russian Institute of Livestock named after Academician L. K. Ernst», St. Petersburg,*

²*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Research Center for Livestock – All-Russian Institute of Livestock named after Academician L. K. Ernst», Podolsk, Moscow region*

Received 25.11.2020

Submitted 25.02.2021

The reported study was funded by RFBR, project number 20-016-000146

Summary

The article presents the results of the history of the formation of types of Ayrshire cattle in Russia. Comparative characteristics of animals are given. Information on the bulls-producers of the Ayrshire breed used for breeding in the Russian Federation is presented.

Abstract

Introduction. The relevance is due to the stability of the livestock and the progressive increase in the level of productivity with high quality indicators of milk of cows of the domestic population of Ayrshire cattle, which differ in the specifics of their breeding in different climatic zones of the Russian Federation. **Object** of the study is animals of four inbreed types of Ayrshire cows: the history of creation, methods of breeding and improvement – «Novoladozhsky», «Smena», «Prilutsky», «Karelsky». **Materials and methods.** The study is based on statistical data arrays of livestock and main economically useful traits of livestock in originating farms for creating types. The history of creation, methods of breeding and improving the types was studied through publications of specialists of farms and breeding services, research workers of research institutes participating in the process of forming new types of animals. **Results and Conclusions.** In the course of research, it was revealed that the process of breeding intra-breed types can be combined into V similar stages. The basis of all types was heifers imported from Finland, the descendants of the next generations of which were obtained by purebred breeding using foreign breeders. However, when breeding the Karelian type at the initial stage of creation, broodstock of Kholmogory cattle were used. In all types, in further work, both young and judged by the quality of the offspring of Finnish and domestic breeders were used. In addition, Swedish and American bulls worked in the «Novoladozhsky» type, American bulls in the «Change», and Canadian bulls in the «Prilutsky» type. When creating the «Novoladozhsky» type, special attention was paid to the selection of bulls in such a way that in each subsequent generation the fathers had a higher breeding value for the selected traits than the previous one. The uniqueness of animals of the Smena type lies in the fact that high productivity is combined with good reproductive ability. Selection in the «Prilutsky» type contributes to the breeding of highly productive animals with long-term productive use. A

distinctive feature of the methods of breeding «Karelian» type of cattle is the emphasis on animal health, including mastitis resistance. The historical and production aspects of the Ayrshire breed breeding in the Russian Federation indicate that the huge area and variety of climatic conditions are not an obstacle to their spread in different regions of Russia, and with purposeful selection and breeding work both in individual subpopulations (types) and in the breed in general, will not reduce the competitiveness of the breed even in the conditions of the aggressive distribution of Holstein cattle.

Key words: bull, cow, points, milk production.

Citation. Tulinova O.V., Pozovnikova M.V., Sermiyagin A.A., Vasilyeva E.N. Indreed types of Ayrshire cattle of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 260-278 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-26.

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

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

УДК 636.22/28.082

ВНУТРИПОРОДНЫЕ ТИПЫ АЙРШИРСКОГО СКОТА РОССИИ

О. В. Тулинова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

М. В. Позовникова¹, кандидат биологических наук

А. А. Сермягин², кандидат сельскохозяйственных наук

Е. Н. Васильева¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, 196601, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское ш., 55а;

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста. 142132, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, дом 60

Дата поступления в редакцию 25.11.2020

Дата принятия к печати 25.02.2021

**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ
в рамках научного проекта № 20-016-000146**

Актуальность обусловлена стабильностью по поголовью и прогрессивным ростом уровня продуктивности с высокими качественными показателями молока коров отечественной популяции айрширского скота, отличающихся спецификой разведения в разных климатических зонах РФ. **Объектом исследования** являются история создания, методы выведения и совершенствования животных четырех внутрипородных типов коров айрширской породы: «Новоладожский», «Смена», «Прилуцкий», «Карельский». **Материалы и методы.** Исследование основано на массивах статистических данных поголовья и основных хозяйственно полезных признаков скота в хозяйствах-оригинаторах по созданию типов. История создания, методы выведения и совершенствования типов изучались по публикациям специалистов хозяйств и племенных служб, научных сотрудников НИИ, участвующих в процессе формирования новых типов животных. **Результаты и выводы.** В ходе исследований выявлено, что процесс выведения внутрипородных типов можно объединить в 5 аналогичных этапов. Основой всех типов являлись завезенные из Финляндии нетели, потомков следующих генераций которых получали путем чистопородного разведения с использованием производителей зарубежной селекции. Однако при выведении типа «Карельский» на начальном этапе создания использовали маточные стада холмогорского скота. Во всех типах в дальнейшей работе использовали как молодых, так и оцененных по качеству потомства производителей финской и отечественной селекции. Кроме этого, в типе «Новоладожский» работали быки шведской и американской, в «Смене» американской, в «Прилуцком» канадской селекции. При создании типа «Новоладожский» особое внимание уделялось подбору быков с таким расчетом, чтобы в каждом после-

дующем поколении использовались производители с более высокой племенной ценностью по селекционируемым признакам в сравнении с предыдущим. Животные типа «Смена» уникальны в том, что их высокая продуктивность сочетается с хорошей воспроизводительной способностью. Отбор коров типа «Прилуцкий» способствует выведению высокопродуктивных животных с длительным сроком продуктивного использования. Отличительной особенностью методов выведения «Карельского» типа крупного рогатого скота является акцент на здоровье животных, в том числе на маститоустойчивость. Исторические и производственные аспекты разведения айрширской породы в РФ указывает на то, что огромный ареал и разнообразие климатических условий не является препятствием их распространению в разных регионах России и при целенаправленной селекционно-племенной работе как в отдельных субпопуляциях (типах), так и в породе в целом не снизит конкурентоспособность породы даже в условиях агрессивного распространения голштинского скота.

Ключевые слова: айрширская порода скота, внутривидовые типы айрширского скота, молочная продуктивность айрширов.

Цитирование. Тулинова О. В., Позовникова М. В., Сермягин А. А., Васильева Е. Н. Внутривидовые типы айрширского скота России. *Известия НВ АУК*. 2021. 1 (61). 260-278. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-26.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Особенности айрширской породы России определяются историей ее происхождения и используемых методов селекции. Современная отечественная популяция айрширов является не только отражением мировых тенденций в селекционной политике с айрширским скотом разных странах, а именно Скандинавии, Финляндии и Канады, но и обладает уникальностью. Айрширская порода выведена в Шотландии в графстве Эйр (Ауг) и официально зарегистрирована в 1826 году. Порода была создана с использованием сложного воспроизводительного скрещивания местного скота с животными переселенцев скандинавских стран и дальнейшем прилитием крови голландской, шортгорнской, тисватерской, джерсейской, альдернейской, герефордской и хайландской пород. Животные отличались высокой молочной продуктивностью, жирномолочностью, отличными адаптационными качествами, что благоприятствовало широкому распространению породы за пределы Шотландии. В США и Австралию первые партии айрширского скота были завезены в 1822 г., в Канаду, Новую Зеландию и Швецию - в период с 1845 по 1848 гг. В Норвегию впервые айрширских животных поставили в 1859 г. из Швеции и в 1860 г. из Шотландии, в Финляндию из Германии в 1847 г., а затем до 1923 г. айрширов покупали в Шотландии и Швеции, после чего импорт скота в эту страну был прекращен. В России айрширский скот впервые появился в 1850 году. Далее айрширский скот разводился обособленно в каждой стране, благодаря чему за долгие годы сформировались достаточно обособленные массивы животных данной породы [8, 24]. **Объект исследования.** Анализировались животные четырех внутривидовых типов коров айрширской породы: история создания, методы выведения и совершенствования – «Новоладожский», «Смена», «Прилуцкий», «Карельский».

Материалы и методы. Методологической основой исследований явились научные публикации отечественных и зарубежных авторов, изучающих проблемы разведения айрширского скота в России и за рубежом, методы выведения внутривидовых типов, совершенствование племенных и продуктивных качеств животных типов, их конкурентоспособность в разных климатических регионах РФ. В процессе исследований использовались общие методы научного познания: наблюдение, анализ, сравнение, обобщение; рейтинговые оценки и представления информации в форме таблиц, диаграмм. Динамика поголовья

и продуктивности айрширских животных в отдельных типах и в породе в целом изучалась по данным справочно-нормативных материалов ВНИИплем, статистической отчетности сельскохозяйственных организаций, а также научно-методическим рекомендациям по испытанию селекционных достижений на отличимость, однородность и стабильность КРС, информационных потенциалов сети Интернет.

Результаты и обсуждение. Современный ареал распространения айрширского скота включает 26 республик, краев и областей пяти федеральных округов РФ. Основной зоной разведения этой породы является Северо-Западный федеральный округ (хозяйства Ленинградской, Вологодской, Новгородской областей и Республик Карелия и Коми) [38]. По данным бонитировки за 2019 г. поголовье айрширского КРС в 103 стадах РФ составило 76,68 тыс. голов, среди которых 50,65 тыс. коров. На племпредприятиях РФ содержится 53 быка-производителя данной породы. Относительная же численность животных айрширской породы остается на одном и том же уровне (2,9 % по КРС и, в том числе 3,16 % по коровам), как в 2019 г., так и на всем протяжении разведения айрширов в России [20]. По численности поголовья среди молочных и молочно-мясных пород популяция айрширского скота занимает 7-е место, по удою за 305 дней лактации и производству молочного жира – 3-е место.

Современная популяция айрширского скота сформирована на базе маточного поголовья, завезенного из Финляндии, а также путем скрещивания чистопородных айрширских быков с такими породами молочного скота, как холмогорская, красная степная, ярославская, черно-пестрая, симментальская [46]. По результатам исследований отечественных ученых выявлено превосходство айрширских коров по выходу молочного жира, жирности и белковости молока, оплате корма молоком животных широко распространенных в стране пород – черно-пестрой и холмогорской [50]. В целом в истории формирования различных типов айрширского скота РФ можно выделить несколько этапов (рисунок 1).

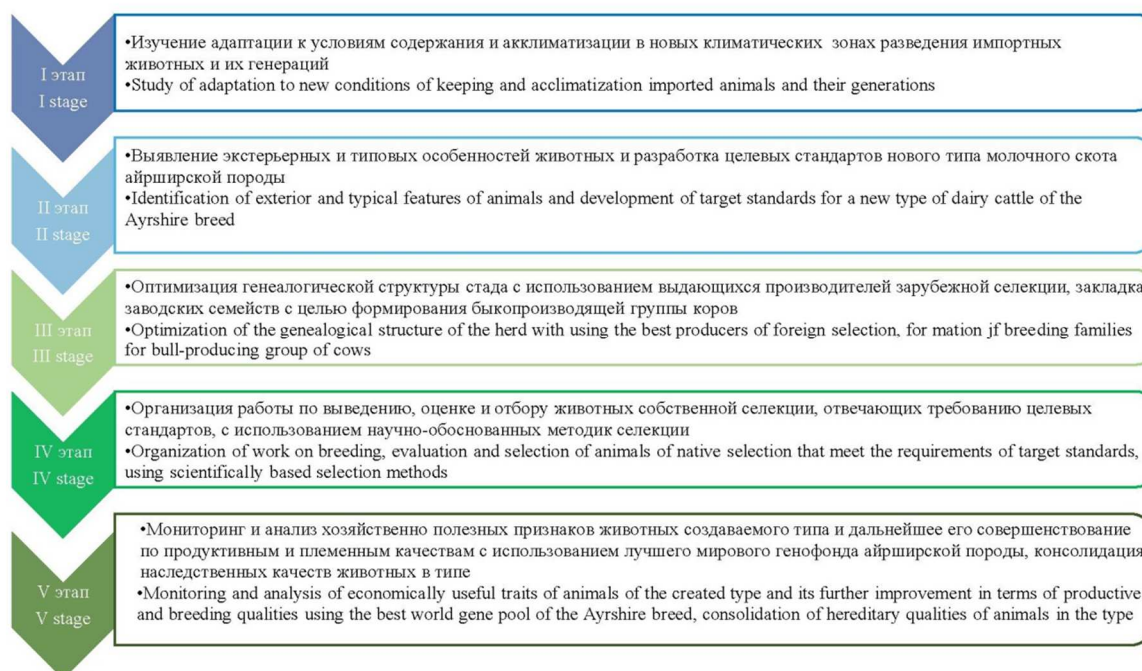


Рисунок 1 – Этапы формирования и совершенствования типов айрширского скота РФ

Figure 1 – Stages of formation and improvement of types of Ayrshire cattle in the Russian Federation

Заводские типы, история создания. Как известно, прогресс породы возможен только при неоднородности ее структурных групп. Внутрипородные и заводские типы являются структурными единицами породы. Формирование нового типа скота на основе импортного в первое время после завоза происходит в определенной степени стихийно. В новых климатических условиях искусственный и естественный отбор приводит к формированию популяций животных с глубокими изменениями в онтогенезе, ведущими к перестройке их экстерьерно-конституционных особенностей в сторону лучшей приспособленности к новым условиям [32]. Целенаправленная работа селекционеров и ученых завершилась формированием популяций животных (типов), отличающихся не только от исходной финской айрширской породы, но и друг от друга. Оригинальность созданных типов проявляется в разных аспектах [45]. Среди молочного скота айрширской породы можно выделить несколько региональных популяций (субпопуляций), каждая из которых имеет свои характеристики и отличается как по экстерьерным показателям животных, так и по молочной продуктивности [3, 48]. За последние десятилетия в РФ утверждены в качестве селекционных достижений 4 типа айрширского скота – «Новоладожский» (патент № 2830, 2005 г.) [6], «Смена» (патент № 3656, 2007 г.) [7], «Прилуцкий» (патент № 5358, 2010 г.) [27], «Карельский» (патент № 6764, 2013 г.) [13].



(a)



(b)



(c)



(d)

Рисунок 2 – Различные типы айрширского скота России:

(a) – корова типа «Новоладожский»; (b) – корова типа «Смена»; (c) – корова типа «Прилуцкий»; (d) – корова типа «Карельский»

Figure 2 – Different types of Ayrshire cattle in Russia:

(a) – a cow of the «Novoladozhsky» type; (b) – a cow of the «Change»; (c) – a cow of the «Prilutsky»; (d) – a cow of the «Karelian»

Тип «Новоладожский» (рисунок 2 (а)). Хозяйством-оригинатором типа «Новоладожский» является ООО «ПЗ «Новоладожский» Волховского района Ленинградской области, современное айрширское стадо которого берет начало от 461 нетели, завезенных в 1963-1967 гг. из Финляндии. Животные заводского типа «Новоладожский» выводились путем длительной целенаправленной селекции при чистопородном разведении на протяжении 6 поколений. При этом особое внимание уделялось подбору быков: в каждом последующем поколении отцы коров имели более высокую племенную ценность по селекционируемым признакам по сравнению с предыдущим. При этом использовалась сперма производителей финской, шведской и американской селекции с целью получения в дальнейшем племенных животных, несущих в себе наследственный материал лучших популяций айрширской породы в мире [35]. На момент регистрации типа удой 700 коров составила 7001 кг молока с жирностью 3,96 % и белковостью 3,28 %. За период существования завода до апробации типа на племпредприятии «Невское» оценено по качеству потомства 124 быка, выведенных в ООО «ПЗ «Новоладожский». Совершенствование животных типа «Новоладожский» осуществляется усилиями специалистов ПЗ «Новоладожский» и сотрудников Селекционного центра по айрширской породе при ВНИИГРЖ путем мониторинга и реализации заложенного генетического потенциала [36], выявления и применения методов выведения высокопродуктивных коров [23] с высоким генетическим потенциалом, оцененным методом BLUP [28], производящих высокорентабельную продукцию [43].

Тип «Смена» (рисунок 2 (b)). С 1972 года велась работа по формированию типа «Смена», основной задачей которой являлось выведение животных с высоким производством молочного жира и белка. В ходе работы использовался метод чистопородного разведения полузакрытой популяции импортного поголовья, завезенного из Финляндии. В дальнейшей работе были задействованы как молодые, так и оцененные по качеству потомства айрширские производители американской селекции. Хозяйством-оригинатором типа «Смена» является ФГБУ «Селекционно-генетический центр «Смена» Сергиево-Посадского района Московской области. Животные созданного типа сочетают высокую продуктивность с хорошей воспроизводительной способностью. Результаты апробации показали, что продуктивность 402 коров типа составляла 8301 кг молока, жирность – 4,27 %, белковость – 3,50 %, выход молодняка – 92 %. Выведенные на маточном поголовье ФГБУ СГЦ «Смена» быки были поставлены на племпредприятия страны, из которых 25 производителей оценены по качеству потомства улучшателями по молочной продуктивности и являлись конкурентоспособными [33, 34].

Тип «Прилуцкий» (рисунок 2 (c)). Хозяйством-оригинатором является СПК «Агрофирма Красная Звезда» Вологодского района Вологодской области. История создания типа «Прилуцкий» берет свое начало в период 1967-1970 гг. с чистопородного разведения животных айрширской породы, импортированных из Финляндии. Дальнейшее формирование типа проводилось с применением быков-производителей финской, канадской и отечественной селекции [2, 31]. На момент апробации типа в 2008 году продуктивность 816 коров в среднем составила 7272 кг молока с содержанием жира 4,44 %, белка – 3,51 %. В СПК «Красная Звезда» за последние 40 лет получено 82 быка, которые являются сыновьями и внуками быков собственной селекции. Постоянный мониторинг племенных и продуктивных качеств животных в хозяйствах Вологодской области позволяет разрабатывать перспективные планы развития айрширской породы в данном регионе [4], выстраивая генеалогическую структуру популяции [1] на основе рейтинга быков, используемых на маточном поголовье стад [5], и расширяет перечень селекционируемых признаков [39], отбор по которым способствует выведению высокопродуктивных животных с длительным сроком продуктивного использования.

Тип «Карельский» (рис. 2 (d)). История создания типа насчитывает более 30 лет зоотехнической, селекционной и организационной работы в хозяйствах-оригинаторах, которыми являются племенные заводы ОАО ПС «Мегрега» и ОАО ПХ «Ильинское» Олонец-

кого района Республики Карелия. При создании типа «Карельский» использовался метод чистопородного разведения с быками финской и отечественной селекции на основе импортного айрширского скота из Финляндии. Особенностью типа является то, что на начальном этапе создания использовали маточные стада холмогорского скота. На заключительном этапе была сформирована генеалогическая структура выводимого типа и закладка высокопродуктивных семейств [11]. На всех этапах создания типа использовались как финские производители, так и чистопородные быки местной селекции с высокой племенной ценностью [10, 14, 25]. Продуктивность коров в 2013 году на момент апробации типа составляла в среднем 7948 кг молока с жирностью – 4,10 % и белковостью – 3,22 %.

Разведение животных айрширской породы при интенсивном молочном производстве в Республике Карелии подтверждает его конкурентоспособность [9, 12, 47]. Отличительной особенностью методов выведения Карельского типа крупного рогатого скота является акцент на здоровье животных, в том числе на маститостойчивость [15, 17, 41, 42, 52]. Особое внимание уделяется оценке семейств, имеющих большое значение при выведении отечественных быков-производителей, проводится генетический мониторинг, рекомендуется использование метода генетического маркирования [30]. Имея монополию на разведение айрширского скота в Республике, специалисты, занятые в разведении данной породы, по праву претендуют на статус племенной базы айрширской породы РФ [16].

Таблица 1 – Характеристика животных разных типов по ряду признаков [46]

Table 1 – Characteristics of animals of different types for a number of characteristics [46]

Порода, тип / Breed, type	Основной окрас / Main color	Дополнительный окрас / Additional color		Телочки / Heifers		
		Цвет Colour	место проявления / Place of manifestation	живая масса, кг / live weight, kg		возраст физиологической зрелости, мес. / The age of physiological maturity, months
				при рождении / At birth	18 мес. / 18 months	
Айрширская / Ayrshire	Красный / Red	Белый / White	На всей голове / All over my head	≤ 30	≤ 340	≤ 16
Новолодожский / Novoladozhsky	Красный / Red	Белый / White	На других частях головы / On other parts of the head	34,9±0,2	407,0±2,8	16,8±0,1
Смена / Smena	Белый / White	Красный / Red	Вокруг глаз и на других частях головы / Around the eyes and other parts of the head	25,9±0,1	386,8±2,8	15,8±0,2
Прилуцкий / Priluckij	Белый / White	Красный / Red	На всей голове / All over my head	23,2±0,2	375,4±3,1	17,7±0,2
Карельский ¹ / Karel'skij ¹	Красный / Red	Белый / White	На других частях головы, по всему туловищу / On other parts of the head, all over the body	29,0	391	18,6

¹ – «Материалы по созданию и апробации племенных качеств, хозяйственной полезности животных нового типа «Карельский» айрширской породы скота» - Петрозаводск, 2012.

¹ – «Materials for the creation and testing of breeding qualities, economic usefulness of animals of a new type "Karelian" of the Ayrshire cattle breed» - Petrozavodsk, 2012.

Животные айрширской породы, как правило, имеют красно-пеструю масть с вариациями от сплошной красной до белой. По методике испытаний на отличимость, однородность и стабильность (ООС) выявлено, что наиболее сходными с классической айрширской породой по масти являются животные типа «Новоладожский» и «Карельский», у которых основной окрас волосяного покрова – красный (таблица 1).

Животные типа «Новоладожский» крупные и по живой массе превосходят аналогов других типов.

Животные типа «Новоладожский» имеют более объемное туловище и крепкий костяк по сравнению с типами «Смена» и «Прилуцкий» (таблица 2). Первотелки типа «Прилуцкий» и «Карельский» отличаются глубоким туловищем и большим обхватом пясти. При практически одинаковой глубине туловища – 73,0 против 72,8 см высота в крестце животных типа «Прилуцкий» составила на 5,1 см меньше, чем у животных типа «Смена».

Таблица 2 – Промеры туловища животных айрширской породы [46]

Table 2 – Body measurements of the Ayrshire breed animals [46]

Промеры, см / Measurements, cm	Тип				Айршир- ская по- рода / Ayrshire
	Новоладож- ский / Novoladozhsky	Смена / Smena	Прилуц- кий / Priluckij	Карель- ский ¹ / Karel'skij ¹	
Длина головы / Head length	47,3±0,2	51,4±0,2	45,0±0,2		44-50
Ширина лба / Forehead width	24,4±0,1	23,4±0,1	19,5±0,2		18-22
Ширина груди за лопатками / Chest width behind shoulder blades	41,7±0,3	41,2±0,3	40,6±0,4	36,9	38-47
Ширина грудной кости / Sternum width	18,6±0,2	18,4±0,1	21,9±0,2		менее 32
Глубина груди / Chest depth	68,3±0,3	68,9±0,1	67,5±0,4	68,6	62-70
Обхват груди / Chest girth	193,0±0,6	185,2±0,4	183,4±1,4	177,1	180-195
Ширина таза в маклоках / The width of the pelvis in the hips	52,0±0,3	51,3±0,3	47,4±0,5	49,7	44-50
Ширина таза в тазобедренных сочленениях / The width of the pelvis at the hip joints	47,4±0,2	48,0±0,2	45,2±0,8		41-47
Полуобхват зада / Half grip of the rear	91,8±0,4	104,4±0,4	95,8±0,8		≤ 96
Ширина таза в седалищных буграх / The width of the pelvis in the ischial tubercles	32,6±0,2	32,6±0,2	32,2±0,3		32-38
Косая длина туловища / Oblique torso length	146,7±0,7	149,5±0,7	148,5±1,3	148,9	≤ 153
Глубина туловища / Torso depth	72,4±0,3	72,8±0,3	73,0±0,4		73-82
Высота в крестце / Rump height	134,2±0,5	135,5±0,4	130,4±0,6		130-142
Высота в холке / Height at withers	128,2±0,5	129,5±0,4	124,4±0,5	123,7	124-136
Обхват пясти / Pastern girth	18,9±0,1	18,5±0,1	18,3±0,1	19,0	16-19

¹ – «Материалы по созданию и апробации племенных качеств, хозяйственной полезности животных нового типа «Карельский» айрширской породы скота» - Петрозаводск, 2012.

¹ – «Materials for the creation and testing of breeding qualities, economic usefulness of animals of a new type "Karelian" of the Ayrshire cattle breed» - Petrozavodsk, 2012.

Важным критерием при экстерьерной оценке является форма вымени и сосков, что определяет пригодность коров к машинному доению. Коровы-первотелки всех типов по качеству вымени соответствуют стандарту породы, но в сравнении с исходной айрширской породой расположение передних сосков у них уже и составляет менее 14 см [46].

Как видно из данных таблицы 3, с момента апробации и регистрации типов продуктивность коров стад новой селекционной формации по ряду показателей прогрессирует.

Таблица 3 – Динамика продуктивности коров в хозяйствах оригинаторах четырех типов айрширского скота [21]

Table 3 – Dynamics of cow productivity in farms originating four types of Ayrshire cattle [21]

Тип / Хозяйство / Type / Farm	Год / Year	Коров / Cows	В среднем по стаду / Average for the herd			
			удой, кг / Milk yield, kg	жир, % / Fat, %	белок, % / Protein, %	живая масса, кг / Live weight, kg
«Новоладожский» ООО ПЗ «Новоладожский» / «Novoladozhsky» LLC PZ «Novoladozhsky»	2005*	1643	7061	3,92	-	529
	2019	2365	8354	4,17	3,46	608
	± к 2019	+722	+1293	+0,25		+79
«Смена» ФГБУ СГЦ «Смена» / «Smena» FSBI SGC «Smena»	2007*	668	7168	4,55	-	558
	2019	643	7665	4,40	3,48	522
	± к 2019	-25	+497	-0,15		-36
«Прилуцкий» АФ СПК «Красная Звезда» / «Priluckij» AF SEC «Krasnaya Zvezda»	2010*	1480	6977	4,39	3,35	511
	2019	1613	8172	4,45	3,26	521
	± к 2019	+133	+1195	-0,06	-0,09	+10
«Карельский» ОАО ПЗ «Ильинское» / «Karel'skij» JSC PZ «Ilyinskoe»	2013*	1100	7916	4,05	3,14	528
	2019	1200	8454	4,21	3,28	529
	± к 2019	+100	+538	+0,16	+0,14	+1
«Карельский» / ОАО ПЗ «Мегрега» / «Karel'skij» JSC PZ «Megrega»	2013*	1265	7345	3,97	3,30	524
	2019	1355	8796	4,08	3,26	561
	± к 2019	+90	+1451	+0,11	-0,04	+37

* - год апробации

* - Year of approbation

По данным бонитировки 2019 г. лучшими являются коровы типа «Карельский». Средний удой коров в племязаводах «Ильинское» и «Мегрега» составил 8454 и 8796 кг молока. На втором месте по молочной продуктивности находится тип «Новоладожский» с удоём 8354 кг молока. Тип «Прилуцкий», находясь на третьем месте по удою (8172 кг молока), отличается высокой жирномолочностью коров – 4,45 %. Удой животных типа «Смена» составил всего 7665 кг, но выделяется высокой жирностью и белковостью молока (4,40 и 3,48 %).

Племенные ресурсы быков айрширской породы. Общеизвестно, что большое значение в увеличении генетического потенциала продуктивных и экстерьерных качеств животных имеет отбор быков. Значительного генетического прогресса в стаде можно достичь при использовании спермы быков-лидеров мирового генофонда. В основном на айрширских коровах отечественной популяции используется сперма быков-производителей из Финляндии. Выбор селекционеров обоснован тем, что эти быки являются улучшателями не только продуктивности, но и передают своим дочерям такие признаки, как устойчивость к заболеваниям копыт, нарушениям метаболизма и репродуктивной системы, продуктивное долголетие. Использование спермы быков из США и Канады оказывает в основном влияние на улучшение типа телосложения коров [37]. На современном этапе развития молочного скотоводства России получение высокоценных быков-производителей на маточном поголовье отечественных стад для племпредприятий России проводится с ис-

пользованием мирового генофонда породы [22]. В ОАО «Невское» по племенной работе Ленинградской области в настоящее время содержат быков-производителей айрширской породы (Финляндия) высокой племенной ценности. В РФ большое внимание специалисты хозяйств уделяют отбору коров в быкопроизводящую группу и быков-производителей с высокой племенной ценностью по продуктивным, экстерьерным и другим хозяйственно полезным признакам в качестве родителей бычков нового поколения при заказном спаривании с прогнозом племенной ценности, предусмотренной минимальными требованиями для отбора молодых бычков [19]. На протяжении 20 лет ассоциация «АСЧАР» импортирует сперму быков мирового генофонда пород, оцененных по геному и качеству потомства, из США, Канады, Финляндии, Швеции и Дании для совершенствования отечественной популяции айрширского скота [29]. Мониторинг племенных и продуктивных качеств коров показал, что лучшие результаты по племенной ценности были у потомков, полученных от семени импортных быков [44].

Ежегодно проводимый мониторинг племенных качеств быков-производителей отечественных племпредприятий и зарубежных ассоциаций по разведению айрширского скота сотрудниками Селекционного центра по айрширской породе (ВНИИГРЖ) позволяет постоянно верифицировать и пополнять данные в созданных электронных базах «Картотека быков айрширской породы КРС» (19090 записей) (регистрационный номер 15070.7822000013.13.5.001/002 от 17 июля 2013 г.) и «Картотека матерей быков айрширской породы КРС» (18066 записей) (регистрационный номер 15070.7822000013.13.5.001/003 от 17 июля 2013 г.) с использованием зарегистрированной компьютерной программы «Селекционно-генетическая статистика» («СГС-ВНИИГРЖ», регистрационный номер 15070.7822000013.13.5.001/001 от 17 июля 2013 г., Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015663613 от 25 декабря 2015 г.). На сегодняшний день в электронной базе доступна информация по 221 быку типа «Новоладожский», по 23 быкам типа «Смена», 71 быку типа «Прилуцкий», 4 быкам типа «Карельский». Из них оценены по качеству потомства 181, 20, 31 и 2 производителя соответственно.

Таблица 4 – Лучшие отечественные быки-производители [26]

Table 4 – The best domestic bulls-producers [26]

Тип / Type	Кличка и № быка / Name and number of the bull	Категория / Category	Число дочерей / Number of daughters	Племенная ценность / Tribal value		
				удой, кг / Milk yield, kg	жир, % / Fat, %	белок, % / Protein, %
Новоладожский / Novoladozhsky	Оазис 1530	A1	120	285	+0,03	+0,01
Новоладожский / Novoladozhsky	Капрал 2540	A2	592	281	0,00	0,01
Новоладожский / Novoladozhsky	Великан 1621	A2	580	251	-0,01	-0,02
Смена / Smena	Лимон 3659	A2	52	214	0,00	+0,02
Прилуцкий / Karel'skij	Аромат 111	A1	118	240	-0,01	-0,01
Прилуцкий / Karel'skij	Зингер 418	A2	90	429	-0,10	-0,04
Карельский / Карельский	Сармат 199	A2	20	375	+0,01	-0,03
Карельский / Карельский	Славуч 594	A2	20	640	-0,17	0,00

На 01.01.2019 г. на ПП РФ хранилась сперма 181 производителя айрширской породы, в том числе от 30 молодых быков [18]. На первом месте по объему семени быки, типа «Прилуцкий» (40 %), затем «Новоладожский» – 17 %, на третьем месте «Смена» – 9,6 % и на 4-м – «Карельский» (4,8 %). От общего числа молодых быков на долю типа

«Прилуцкий» приходится 43,0 %, «Новоладожский» – 14,0 %, «Карельский» – 19,0 %. В таблице 4 показаны лучшие по племенной ценности быки-представители типов. Из них можно особо отметить молодых быков Зингера, Сармата и Славуча, племенная ценность которых по удою составила +429; +375; +640 кг молока соответственно.

Проведен анализ принадлежности маточного поголовья по происхождению, в результате которого установлено, что коровы типов «Новоладожский» и «Карельский» в основном состоят из животных финского происхождения, а типа «Смена» - отечественного. Но при этом все три типа сходны тем, что на их поголовье использовались быки ОАО ПП «Карельское».

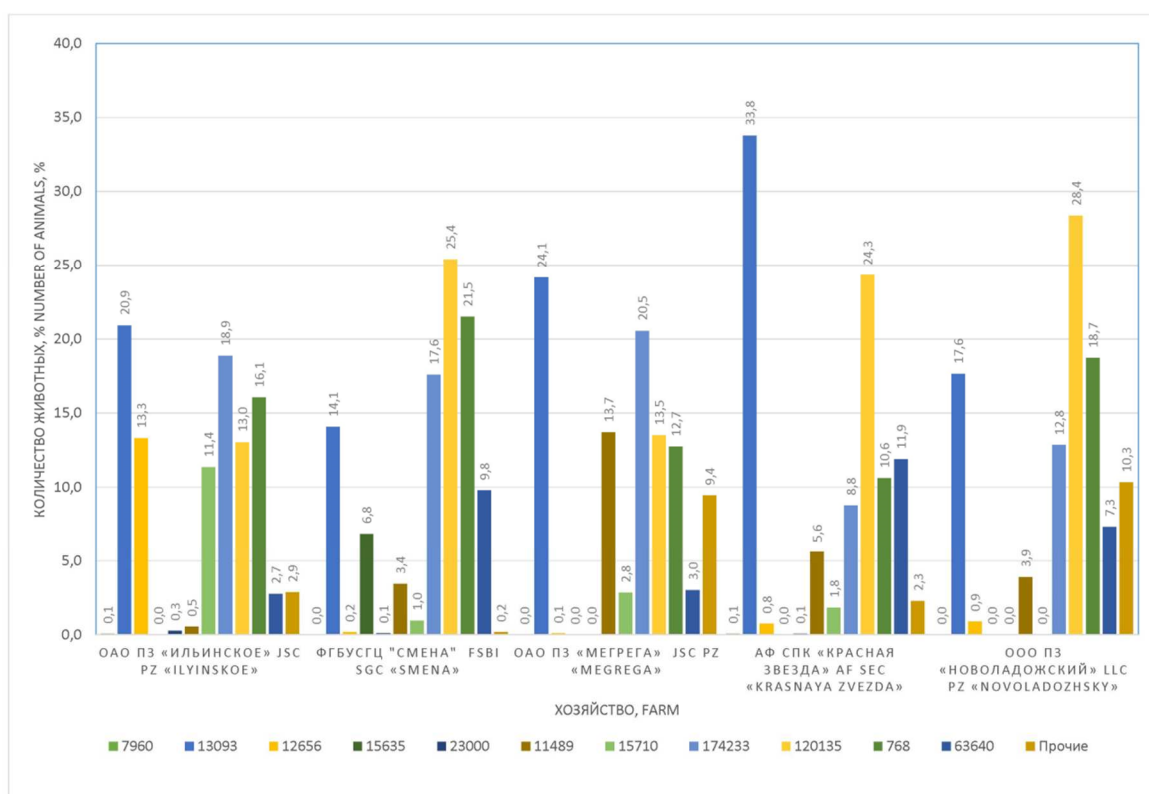


Рисунок 3 – Генеалогическая структура стад внутривидовых типов по линейной принадлежности

Генеалогические линии: 7960 – Дон Жуан; 13093 – Р.У. Ерранта; 12656 – Кинг Ерранта; 15635 – Б. Юнкер; 23000 – Ханнулан Яюскяр; 11489 – Тоосилан Брахмы; 15710 – Юттеро Ромео; 174233 (31700) – С.Б. Коммандера; 120135 - О.А.К.Р. Лихтинг; 768 – Дик; 63640 – Снипериум; Прочие – 1606 Frasse, 13711 Л. Рухтинас и не привязанные к линиям

Figure 3 – Genealogical structure of herds of intra-breed types by lineage
Genealogical lines: 7960 – Don Juan; 13093 - R.W. Erranta; 12656 - King Erranta; 15635 – B. Juncker; 23000 – Hannulan Yayuskyar; 11489 – Toosilan Brahma; 15710 – Juttero Romeo; 174233 (31700) – S. B. Commander; 120135 – O.A.K.R. Lichting; 768 – Dick; 63640 – Sniperium; Others – 1606 Frasse, 13711 L. Rukhtinas and not tied to the lines

Специфика стад по генеалогической структуре отражена на рисунке 3. Это линии следующих селекций – финской Р.У. Ерранта 13093 и Кинг Ерранта 12656; норвежской - Дика 768 и Тоосилан Брахмы 11489; канадской – О.Р. Лихтинга 120135 и

С.Б. Коммандера 31700 174233; шведской – Снперума 63640. В стадах имеется незначительное поголовье животных исчезающих линий – Ханнулан Яюскяр 23000, Дон Жуан 7960, Б. Юнкер 15635, Юттеро Ромео 15710. Однако необходимо отметить тот факт, что селекционеры ПЗ «Ильинское» сохраняют и целенаправленно возрождают животных линии Юттеро Ромео 15710. Другой особенностью «Карельского» типа можно считать ограниченное использование животных шведской селекции по сравнению с другими линиями и стадами.

Таким образом, высокий уровень продуктивности стад и их генетический потенциал способствуют тому, что специалисты племпредприятий Российской Федерации как раньше, так и в настоящее время приобретают быков выведенных типов для последующего их использования в искусственном осеменении.

Целенаправленная работа специалистов племенных служб и хозяйств по разведению айрширского скота направлена не только на сохранение уникальной породы молочного скота РФ, но и на ее совершенствование для поддержания на высоком уровне валового производства молока. Приведенные данные на рисунке 4 показывают динамику поголовья айрширских коров, уровня их удоя и валового производства молока за последние 15 лет. Несмотря на сокращение поголовья коров всех категорий хозяйств на 27,7 %, валовое производство молока в популяции айрширского скота за этот период увеличилось на 10,2 %. Определяющим моментом при этом является увеличение удоя коров на 52,4 %. Более значительный прирост валового производства молока наблюдается в племенных заводах (21,5 %) при малом снижении поголовья (-7,0 %). Племенные хозяйства являются авангардом породы. Так, по данным бонитировок (ВНИИплем), еще в 2012 г. было всего одно стадо с удоем свыше 8000 кг молока на корову, в 2016 г. их стало 8, в 2018 г. – 13, а в 2019 г. – 18, в том числе в двух превышен удой 9100 кг молока.

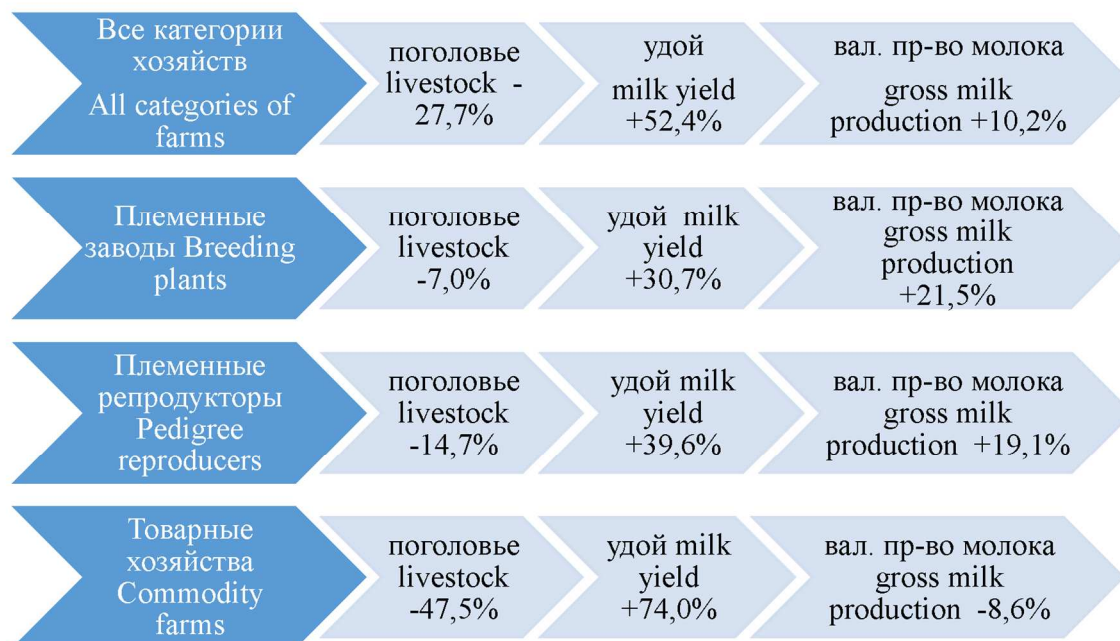


Рисунок 4 – Динамика основных показателей производства молока от коров айрширской породы за 2005 и 2019 гг.

Figure 4 – Dynamics of the main indicators of milk production from Ayrshire cows in 2005 and 2019

На пути решения проблемы использования генетических ресурсов айрширской породы в мире создана скандинавская кооперация в разработке и применении системы оценки молочного скота [49, 51]. В настоящее время за рубежом селекционно-племенная работа с айрширским скотом ведется по единой программе Viking Red с тремя популяциями североевропейских красных молочных пород скота – Финляндии, Швеции и Дании [8, 40]. Программы совершенствования современной отечественной популяции айрширского скота ориентированы на оптимальное использование мирового генофонда родственных пород при сохранении специфических характеристик внутрипородных типов, адаптированных к климатическим и производственным условиям содержания животных в РФ.

Выводы. Проведенный мониторинг исторических и производственных аспектов разведения айрширской породы в РФ указывает на то, что огромный ареал и разнообразие климатических условий не является препятствием их распространения в разных регионах России, и при целенаправленной селекционно-племенной работе как в отдельных субпопуляциях (типах), так и в породе в целом не снизит конкурентоспособности породы даже в условиях агрессивного распространения голштинского скота.

Библиографический список

1. Абрамова Н., Власова Г., Богорадова Л. Генеалогическая структура айрширского скота // Животноводство России. 2016. № 4. С. 37-44.
2. Абрамова Н. И., Богорадова Л. Н. Создаваемый Вологодский тип айрширской породы // Перспективы развития айрширской породы крупного рогатого скота в России. Вологда-Молочное, 2008. С. 8-13.
3. Абрамова Н. И., Власова Г. С., Богорадова Л. Н. Ключевые аспекты совершенствования современной вологодской популяции айрширской породы // Генетика и разведение животных. 2019. № 2. С. 48-55.
4. Абрамова Н. И., Власова Г. С., Богорадова Л. Н. Современное состояние и перспективы развития айрширской породы Вологодской области // Генетика и разведение животных. 2017. № 2. С. 86-91.
5. Абрамова Н. И., Селимян М. О. Рейтинг оценки быков производителей айрширской породы по селекционируемым признакам // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 2 (38). С. 20-30.
6. Алексеева И. В., Алешина Л. Н., Бойков Ю. В. Крупный рогатый скот Новолодожский: патент на селекционное достижение РФ № 2830. 2005. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. 2016. Т. 2. С. 8.
7. Бойков Ю. В., Васильева Е. Н. Крупный рогатый скот Смена: патент на селекционное достижение РФ № 3656. 2007 // Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. 2016. Т. 2. С. 9.
8. Болгов А. Е. Айрширы в XXI веке. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2015. 99 с.
9. Болгов А. Е. Биологические, селекционные и технологические факторы использования инноваций в племенном молочном животноводстве // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015. № 8 (153). С. 30-34.
10. Болгов А. Е. Выведен новый тип «Карельский» айрширской породы скота // Сельскохозяйственные вести. 2013. № 2. С. 12.
11. Болгов А. Е. Карельский тип айрширского скота: этапы выведения, оценка статуса и пути совершенствования // Перспективы развития айрширской породы скота в России: сборник научных трудов. Вологда. 2008. С. 32-39.
12. Болгов А. Е. Конкурентоспособность айрширской породы скота при интенсивном молочном производстве // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сборник научных трудов. Вып. 2. ч. 2. Горки: Белорусская ГСХА, 2009. С. 338-344.
13. Болгов А. Е., Васильева Е. Н. Крупный рогатый скот Карельский: патент на селекционное достижение РФ № 6764. 2013 // Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. 2016. Т. 2. С. 8.

14. Болгов А. Е., Васильева Е. Н., Чекменева Н. Ю. Выведение типа «Карельский» в айрширской породе скота - новое селекционное достижение // VI съезд ВОГиС и ассоциированные генетические симпозиумы. 2014. 140 с.
15. Болгов А. Е., Карманова Е. П., Муравья Л. Н. Повышение резистентности крупного рогатого скота к маститу. Петрозаводск: ПетрГУ, 1996. 182 с.
16. Болгов А. Е., Петрачкова И. Н. Республика Карелия - племенная база айрширской породы // Генетика и разведение животных. 2017. № 2. С. 92-96.
17. Возрастные и наследственные факторы изменчивости количества соматических клеток в молоке коров айрширской породы / А. Е. Болгов [и др.] // Генетика и разведение животных. 2019. № 2. С. 36-41.
18. Генетические ресурсы отечественной популяции айрширского скота: справочное пособие / О. В. Тулинова [и др.]. Санкт-Петербург, Пушкин, 2019. 186 с.
19. Егиазарян А. В., Конюшко И. В., Трусова Л. Ю. На передовых рубежах племенной работы в молочном скотоводстве Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 5. С. 9-12.
20. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. Москва: ФГБНУ ВНИИплем, 2020. 270 с.
21. Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации. Москва: ФГБНУ ВНИИплем, 2005, 2007, 2010, 2013. 270 с.
22. Ескин Г. В., Племяшов К. В., Турбина И. С. Состояние отечественного генофонда быков айрширской породы // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 5. С. 5-8.
23. Живоглазова Е. В., Тулинова О. В. Удой первотелок айрширской породы в зависимости от методов выведения, уровня продуктивности стада и менеджмента // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 2(6). С. 48-57.
24. История формирования айрширской породы и современное ее состояние в России и Вологодской области / Н. И. Абрамова [и др.] // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы: материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 49-57.
25. Карельский тип айрширского скота / А. Е. Болгов [и др.] // Зоотехния. 2014. № 10. С. 2-4.
26. Каталог быков-производителей молочных и молочно-мясных пород, оцененных по качеству потомства в 2020 году. Москва: ФГБНУ ВНИИплем, 2020. 241 с.
27. Крупный рогатый скот Прилуцкий: патент на селекционное достижение RU 5358 / Абрамов А. И., Абрамова Н. И., Анищенко Н. И., Власова Г. С., Богорадова Л. Н., Виноградова Н. И., Власова Г. С., Власова Л. Н., Воронин Г. М., Логинов Н. В., Плотникова В. В., Тяпугин Е. А., Тяпугин С. Е., Шабанова Л. Л.; заявка № 52401 от 30.07.2009.
28. Кудинов А. А., Петрова А. В., Племяшов К. В. Применение метода BLUP Animal Model для оценки племенной ценности коров айрширской породы Ленинградской области // Генетика и разведение животных. 2017. № 2. С. 79-85.
29. Лантух М. Н. Оценка айрширских быков разной селекции в стадах Ленинградской области // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 5. С. 20-22.
30. Максимова Л. Р. Оценка семейств внутрипородного карельского типа айрширского скота // Генетика и разведение животных. 2017. № 2. С. 60-64.
31. Метод создания нового типа "Прилуцкий" айрширской породы крупного рогатого скота / Е. А. Тяпугин [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 1. С. 64-65.
32. Методы выведения нового заводского типа в айрширской породе – «Новоладожский» / П. Н. Прохоренко [и др.] // Селекционно-генетические методы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных: сб. науч. трудов № 2. СПб., 2006. С. 75-80.
33. На пути решения импортозамещения в молочном скотоводстве Российской Федерации / Л. И. Тучемский [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 8. С. 13-17.
34. Новое селекционное достижение в айрширской породе – тип «Смена» / Л. И. Тучемский [и др.] // Зоотехния. 2008. № 6. С. 2-4.

35. Новый заводской тип в айрширской породе – Новоладожский / П. Н. Прохоренко [и др.] // Зоотехния. 2006. № 1. С. 10-12.
36. Петрова А. В. Анализ племенных и продуктивных качеств ленинградской популяции айрширского скота // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 7. С. 22-27.
37. Петрова А. В., Васильева Е. Н. Использование быков-производителей разного происхождения на маточном поголовье трех типов айрширского скота // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 2 (6). С. 88-98.
38. Прохоренко П. Н., Тулинова О. В., Васильева Е. Н. Состояние и перспективы разведения айрширской породы крупного рогатого скота // Молочное и мясное скотоводство. 2014. № 5. С. 6-9.
39. Селимян М. О., Абрамова Н. И. Взаимосвязь экстерьерных признаков коров первого отела айрширской породы с молочной продуктивностью // АгроЗооТехника. 2019. Т. 2. № 1. С. 1-10.
40. Смирнова О. В., Тележенко Е. В. Современное состояние селекции красных северо-европейских молочных пород группы Viking Red // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 5. С. 13-16.
41. Способ отбора быков на резистентность к маститу по индексам племенной ценности на основе количества соматических клеток в молоке: патент на изобретение RU 2718001 C1, 27.03.2020 / Болгов А. Е., Комлык И. П., Гришина Н. В.; заявка № 2019122718 от 15.07.2019.
42. Способ отбора коров и быков на резистентность к маститу по количеству соматических клеток в молоке: патент на изобретение RU 2660574 C1, 06.07.2018 / Болгов А. Е., Комлык И. П., Гришина Н. В., Калинин П. И.; заявка № 2017105049 от 15.02.2017.
43. Суровцев В. Н., Никулина Ю. Н. Реализация региональных и местных преимуществ для устойчивого развития молочного скотоводства // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 2. С. 12-16.
44. Тулинова О. В., Петрова А. В., Соловей Г. П. Использование айрширских производителей разного происхождения // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 5. С. 30-34.
45. Тюриков В. Селекционные достижения в животноводстве // Животноводство России. 2008. № 6. С. 45.
46. Чекменева Н., Тюриков В. Сходство и различия новых типов айрширского скота // Молочное и мясное скотоводство. 2011. № 7. С. 17-18.
47. Чистякова И. А., Болгов А. Е., Осипова О. В. Зоотехнические и технологические факторы конкурентоспособного производства молока в айрширских стадах на Европейском Севере // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (51). С. 147-151.
48. Экстерьерные признаки айрширских коров разных региональных популяций и их связь с молочной продуктивностью / Е. А. Смотрова [и др.] // Генетика и разведение животных. 2019. № 2. С. 17-23.
49. Aamand G. P. Scandinavian co-operation in dairy evaluation // World Ayrshire Congress-2008, Seminar 2, 4 th June 2008, Hameenlinna.
50. Airshire Cattle in Russia / A. E. Bolgov [et al.] // World Ayrshire Congress-2008. World Federation Report, Seminar 3, 5 th June 2008, Hameenlinna.
51. Maki-Tanila A. Utilization of Ayrshire genetic resources in the world // World Ayrshire Congress-2008, Seminar 2, 4 th June 2008, Hameenlinna.
52. Misheneva E. Y., Bolgov A. E. Genetic evaluation of bulls on mastitis resistance by means of linear statistic models // European Journal of Natural History. 2007. № 1. P. 132.

Conclusions. The monitoring of the historical and production aspects of the Ayrshire breed breeding in the Russian Federation indicates that the huge area and variety of climatic conditions are not an obstacle to their spread in different regions of Russia and with targeted selection and breeding work both in individual subpopulations (types) and in the breed. in general, will not reduce the competitiveness of the breed even in the conditions of the aggressive distribution of Holstein cattle

Reference

1. Abramova N., Vlasova G., Bogoradova L. Genealogicheskaya struktura ajrshirskogo skota // Zhivotnovodstvo Rossii. 2016. № 4. P. 37-44.
2. Abramova N. I., Bogoradova L. N. Sozdavaemyj Vologodskij tip ajrshirskoj porody // Perspektivy razvitiya ajrshirskoj porody krupnogo rogatogo skota v Rossii. Vologda-Molochnoe, 2008. P. 8-13.
3. Abramova N. I., Vlasova G. S., Bogoradova L. N. Klyuchevye aspekty sovershenstvovaniya sovremennoj vologodskoj populyacii ajrshirskoj porody // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2019. № 2. P. 48-55.
4. Abramova N. I., Vlasova G. S., Bogoradova L. N. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya ajrshirskoj porody Vologodskoj oblasti // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2017. № 2. P. 86-91.
5. Abramova N. I., Selimyan M. O. Rejting ocenki bykov proizvoditelej ajrshirskoj porody po selekcioniruемым признакам // Molochnohozyajstvennyj vestnik. 2020. № 2 (38). P. 20-30.
6. Alekseeva I. V., Aleshina L. N., Bojkov Yu. V. Krupnyj rogatyj skot Novoladozhskij: patent na selekcionnoe dostizhenie RF № 2830. 2005. Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopuschennyh k ispol'zovaniyu. 2016. T. 2. P. 8.
7. Bojkov Yu. V., Vasil'eva E. N. Krupnyj rogatyj skot Smena: patent na selekcionnoe dostizhenie RF № 3656. 2007 // Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopuschennyh k ispol'zovaniyu. 2016. T. 2. P. 9.
8. Bolgov A. E. Ajrshiry v XXI veke. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2015. 99 p.
9. Bolgov A. E. Biologicheskie, selekcionnye i tehnologicheskie faktory ispol'zovaniya innovacij v plemennom molochnom zhivotnovodstve // Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 8 (153). P. 30-34.
10. Bolgov A. E. Vyveden novyj tip "Karel'skij" ajrshirskoj porody skota // Sel'skohozyajstvennye vesti. 2013. № 2. P. 12.
11. Bolgov A. E. Karel'skij tip ajrshirskogo skota: etapy vyvedeniya, ocenka statusa i puti sovershenstvovaniya // Perspektivy razvitiya ajrshirskoj porody skota v Rossii: sbornik nauchnyh trudov. Vologda. 2008. P. 32-39.
12. Bolgov A. E. Konkurentosposobnost' ajrshirskoj porody skota pri intensivnom molochnom proizvodstve // Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva: sbornik nauchnyh trudov. Vyp. 2. ch. 2. Gorki: Belorusskaya GSXA, 2009. P. 338-344.
13. Bolgov A. E., Vasil'eva E. N. Krupnyj rogatyj skot Karel'skij: patent na selekcionnoe dostizhenie RF № 6764. 2013 // Gosudarstvennyj reestr selekcionnyh dostizhenij, dopuschennyh k ispol'zovaniyu. 2016. T. 2. P. 8.
14. Bolgov A. E., Vasil'eva E. N., Chekmeneva N. Yu. Vyvedenie tipa "Karel'skij" v ajrshirskoj porode skota - novoe selekcionnoe dostizhenie // VI s'ezd VOGiS i associirovannye geneticheskie simpoziumy. 2014. 140 p.
15. Bolgov A. E., Karmanova E. P., Murav'ya L. N. Povyshenie rezistentnosti krupnogo rogatogo skota k mastitu. Petrozavodsk: PetrGU, 1996. 182 p.
16. Bolgov A. E., Petrachkova I. N. Respublika Kareliya - plemennaya baza ajrshirskoj porody // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2017. № 2. P. 92-96.
17. Vozrastnye i nasledstvennye faktory izmenchivosti kolichestva somaticheskikh kletok v moloche korov ajrshirskoj porody / A. E. Bolgov [i dr.] // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2019. № 2. P. 36-41.
18. Geneticheskie resursy otechestvennoj populyacii ajrshirskogo skota: spravochnoe posobie / O. V. Tulinova [i dr.]. Sankt-Peterburg, Pushkin, 2019. 186 p.
19. Egiazaryan A. V., Konyushko I. V., Trusova L. Yu. Na peredovyh rubezhah plemennoj raboty v molochnom skotovodstve Rossijskoj Federacii // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2015. № 5. P. 9-12.
20. Ezhegodnik po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvah Rossijskoj Federacii. Moskva: FGBNU VNIImplem, 2020. 270 p.
21. Ezhegodnik po plemennoj rabote v molochnom skotovodstve v hozyajstvah Rossijskoj Federacii. Moskva: FGBNU VNIImplem, 2005, 2007, 2010, 2013. 270 p.

22. Eskin G. V., Plemyashov K. V., Turbina I. S. Sostoyanie otechestvennogo genofonda bykov ajrshirskoj porody // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2015. № 5. P. 5-8.
23. Zhivoglazova E. V., Tulinova O. V. Udoj pervotelok ajrshirskoj porody v zavisimosti ot metodov vyvedeniya, urovnya produktivnosti stada i menedzhmenta // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2016. № 2(6). P. 48-57.
24. Istoriya formirovaniya ajrshirskoj porody i sovremennoe ee sostoyanie v Rossii i Vologodskoj oblasti / N. I. Abramova [i dr.] // Agrarnaya nauka na sovremennom etape: sostoyanie, problemy, perspektivy: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 2018. P. 49-57.
25. Karel'skij tip ajrshirskogo skota / A. E. Bolgov [i dr.] // Zootehniya. 2014. № 10. P. 2-4.
26. Katalog bykov-proizvoditelej molochnyh i molochno-myasnyh porod, ocenennyh po kachestvu potomstva v 2020 godu. Moskva: FGBNU VNIIPlem, 2020. 241 p.
27. Krupnyj rogatyj skot Priluckij: patent na selekcionnoe dostizhenie RU 5358 / Abramov A. I., Abramova N. I., Anischenko N. I., Vlasova G. S., Bogoradova L. N., Vinogradova N. I., Vlasova G. S., Vlasova L. N., Voronin G. M., Loginov N. V., Plotnikova V. V., Tyapugin E. A., Tyapugin S. E., Shabanova L. L.; zayavka № 52401 ot 30.07.2009.
28. Kudinov A. A., Petrova A. V., Plemyashov K. V. Primenenie metoda BLUP Animal Model dlya ocenki plemennoj cennosti korov ajrshirskoj porody Leningradskoj oblasti // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2017. № 2. P. 79-85.
29. Lantuh M. N. Ocenka ajrshirskih bykov raznoj selekcii v stadah Leningradskoj oblasti // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2015. № 5. P. 20-22.
30. Maksimova L. R. Ocenka semejstv vnutripородного karel'skogo tipa ajrshirskogo skota // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2017. № 2. P. 60-64.
31. Metod sozdaniya novogo tipa "Priluckij" ajrshirskoj porody krupnogo rogatogo skota / E. A. Tyapugin [i dr.] // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2011. № 1. P. 64-65.
32. Metody vyvedeniya novogo zavodskogo tipa v ajrshirskoj porode - "Novoladozhskij" / P. N. Prohorenko [i dr.] // Selekcionno-geneticheskie metody povysheniya produktivnosti sel'sko-hozyajstvennyh zhivotnyh: sb. nauch. trudov № 2. SPb., 2006. P. 75-80.
33. Na puti resheniya importozamescheniya v molochnom skotovodstve Rossijskoj Federacii / L. I. Tuchemskij [i dr.] // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2015. № 8. P. 13-17.
34. Novoe selekcionnoe dostizhenie v ajrshirskoj porode - tip "Smena" / L. I. Tuchemskij [i dr.] // Zootehniya. 2008. № 6. P. 2-4.
35. Novyj zavodskoj tip v ajrshirskoj porode - Novoladozhskij / P. N. Prohorenko [i dr.] // Zootehniya. 2006. № 1. P. 10-12.
36. Petrova A. V. Analiz plemennyh i produktivnyh kachestv leningradskoj populyacii ajrshirskogo skota // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2018. № 7. P. 22-27.
37. Petrova A. V., Vasil'eva E. N. Ispol'zovanie bykov-proizvoditelej raznogo proisxozhdeniya na matochnom pogolov'e treh tipov ajrshirskogo skota // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2016. № 2 (6). P. 88-98.
38. Prohorenko P. N., Tulinova O. V., Vasil'eva E. N. Sostoyanie i perspektivy razvedeniya ajrshirskoj porody krupnogo rogatogo skota // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2014. № 5. P. 6-9.
39. Selimyan M. O., Abramova N. I. Vzaimosvyaz' jekster'nyh priznakov korov pervogo otela ajrshirskoj porody s molochnoj produktivnost'yu // AgroZooTehnika. 2019. T. 2. № 1. P. 1-10.
40. Smirnova O. V., Telezhenko E. V. Sovremennoe sostoyanie selekcii krasnyh severoevropejskih molochnyh porod gruppy Viking Red // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2015. № 5. P. 13-16.
41. Sposob otbora bykov na rezistentnost' k mastitu po indeksam plemennoj cennosti na osnove kolichestva somaticheskikh kletok v moloke: patent na izobretenie RU 2718001 C1, 27.03.2020 / Bolgov A. E., Komlyk I. P., Grishina N. V.; zayavka № 2019122718 ot 15.07.2019.
42. Sposob otbora korov i bykov na rezistentnost' k mastitu po kolichestvu somaticheskikh kletok v moloke: patent na izobretenie RU 2660574 C1, 06.07.2018 / Bolgov A. E., Komlyk I. P., Grishina N. V., Kalinin P. I.; zayavka № 2017105049 ot 15.02.2017.
43. Surovcev V. N., Nikulina Yu. N. Realizaciya regional'nyh i mestnyh preimuschestv dlya ustojchivogo razvitiya molochnogo skotovodstva // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2018. № 2. P. 12-16.

44. Tulinova O. V., Petrova A. V., Solovej G. P. Ispol'zovanie ajrshirskih proizvoditelej raznogo proisxozhdeniya // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2015. № 5. P. 30-34.
45. Tyurikov V. Selekcionnye dostizheniya v zhivotnovodstve // Zhivotnovodstvo Rossii. 2008. № 6. P. 45.
46. Chekmeneva N., Tyurikov V. Sxodstvo i razlichiya novyh tipov ajrshirskogo skota // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2011. № 7. P. 17-18.
47. Chistyakova I. A., Bolgov A. E., Osipova O. V. Zootekhnicheskie i tehnologicheskie faktory konkurentosposobnogo proizvodstva moloka v ajrshirskih stadah na Evropejskom Severe // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 2 (51). P. 147-151.
48. Jekster'ernye priznaki ajrshirskih korov raznyh regional'nyh populyacij i ih svyaz' s molochnoj produktivnost'yu / E. A. Smotrova [i dr.] // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2019. № 2. P. 17-23.
49. Aamand G. P. Scandinavian co-operation in dairy evaluation // World Ayrshire Congress-2008, Seminar 2, 4 th June 2008, Hameenlinna.
50. Airshire Cattle in Russia / A. E. Bolgov [et al.] // World Ayrshire Congress-2008. World Federation Report, Seminar 3, 5 th June 2008, Hameenlinna.
51. Maki-Tanila A. Utilization of Ayrshire genetic resources in the world // World Ayrshire Congress-2008, Seminar 2, 4 th June 2008, Hameenlinna.
52. Misheneva E. Y., Bolgov A. E. Genetic evaluation of bulls on mastitis resistance by means of linear statistic models // European Journal of Natural History. 2007. № 1. P. 132.

Author's Information

Tulinova Olga Vasilyevna, Leading Researcher Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (RRIFAGB) (55A, Moskovskoye sh., Tyarlevo, St. Petersburg, Pushkin, 196625), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7731-509X> **E-mail:** tulinova_59@mail.ru

Pozovnikova Marina Vladimirovna, Senior Researcher Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (RRIFAGB) (55A, Moskovskoye sh., Tyarlevo, St. Petersburg, Pushkin, 196625), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8658-2026> **E-mail:** pozovnikova@gmail.com

Sermyagin Alexander Alexandrovich, Leading Researcher Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst (60, Dubrovitsy rural settlement, Podolsk, Moscow region, 142132, Russian Federation), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1799-6014> **E-mail:** alex_sermyagin85@mail.ru

Vasilyeva Ekaterina Nikolaevna, Senior Researcher Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry (RRIFAGB) (55A, Moskovskoye sh., Tyarlevo, St. Petersburg, Pushkin, 196625), Candidate of Agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7731-509X> **E-mail:** tulinova_59@mail.ru

Информация об авторах:

Тулинова Ольга Васильевна, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (196601, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское ш., 55а), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7731-509X> **E-mail:** tulinova_59@mail.ru

Позовникова Марина Владимировна, старший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (196601, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское ш., 55а), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8658-2026> **E-mail:** pozovnikova@gmail.com

Сермягин Александр Александрович, ведущий научный сотрудник Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» (142132, Московская область, Городской округ Подольск, поселок Дубровицы, дом 60), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1799-6014> **E-mail:** alex_sermyagin85@mail.ru

Васильева Екатерина Николаевна, старший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (196601, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Московское ш., 55а), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4542-0706> E-mail: tulinova_59@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-27

MEASURES FOR PREVENTION AND TREATMENT OF HONEY BEES IN VARROATOSIS IN ORGANIC ANIMAL HUSBANDRY

V. A. Chuchunov, E. B. Radzievsky, V. A. Zlepkin,
T. V. Konobley, Yu. V. Radzievsky

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Receive 10.11.2020

Submitted 05.02.2021

Summary

The article presents the results of a study of the treatment and prevention of varroatosis in honeybees in the Volgograd region, using formic acid. It is recommended to use formic acid as an acaricide in the treatment of honeybees when conducting organic animal husbandry.

Abstract

Introduction. The main problem of beekeeping is effective control of the Varroa-Jacobsoni mite. When conducting organic animal husbandry, when the possibility of using a wide range of therapeutic and preventive drugs becomes impossible, the use of organic acids, and in particular formic acid, becomes quite promising. **Object.** The object of this study was to bee bred on the belt of the Volgograd region. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of the use of formic acid as an antiparasitic drug that affects the varroa mite, and to assess the possibility of its use in organic beekeeping. **Materials and methods.** In the course of our research, immediately after the main bribe, experienced families were twice treated with 85% formic acid at intervals of two weeks, which in the form of a gel placed in bags of 30 g. was located on the upper frames of the nest, directly under the canvas. **Results and conclusions.** During the survey of apiaries for the degree of contamination, we found that the number of mites in the surveyed apiaries ranged from 20.4 % to 32.7 %. After carrying out health measures in the experimental groups, the number of mites in bee families decreased by 14.3% - 28.2%, the number of which in the experimental groups did not exceed 3.8%. After treatment, the bees were fed 50% sugar syrup in the winter and after the formation of the winter club, the extreme frames that were not incubated by bees were removed, and the nest was compressed by diaphragms, and the nest was not insulated. Bee clubs in experienced families in the winter were located on 6-8 Dadan frames, and several families occupied 9 frames. Wintering in the experimental families has been fairly quiet. The loss of bees over the winter in the experimental groups ranged from 7.3% to 8.3%, while in the control groups, where therapeutic measures were not carried out, from 18.8% to 22.3% were showered, and one family perished completely in 2 apiaries. Evaluating the indicators of honey productivity, it was noted that the difference between the obtained gross honey in the experimental and control groups was from 13.22 kg to 21.18 kg. Most commercial honey was also obtained in the experimental groups, the average amount of which ranged from 15.42 kg in apiary No. 2 to 24.26 kg in apiary No. 3. Based on the results of our research, we recommend that bee farms working in the field of organic production use formic acid as an anti-varicose agent.

Key words: *organic animal husbandry, honey bee, Varroa – Jacobsoni mite, formic acid.*

Citation. Chuchunov V. A., Radzievsky E. B., Zlepkin V. A., Konobley T. V., Radzievsky Yu. V. Measures for the prevention and treatment of honeybees in varroatosis in organic animal husbandry. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 278-287 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-27.

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

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

УДК 638.157

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПРОФИЛАКТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ МЕДОНОСНЫХ ПЧЕЛ ПРИ ВАРРОАТОЗЕ В ОРГАНИЧЕСКОМ ЖИВОТНОВОДСТВЕ

В. А. Чучунов, кандидат биологических наук
Е. Б. Радзиевский, кандидат сельскохозяйственных наук
В. А. Злепкин, доктор сельскохозяйственных наук
Т. В. Коноблей, кандидат сельскохозяйственных наук
Ю. В. Радзиевская, магистр

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.11.2020

Дата принятия к печати 05.02.2021

Аннотация. Представлены результаты исследования лечения и профилактики варроатоза медоносных пчел в условиях Волгоградской области посредством применения муравьиной кислоты. Рекомендовано при ведении органического животноводства применять в качестве акарицида при лечении медоносной пчелы муравьиную кислоту.

Актуальность. Основная проблема пчеловодства – эффективная борьба с клещом Варроа-Якобсони. При ведении органического животноводства, когда использование широкого спектра лечебных и профилактических препаратов становится невозможным, применение органических кислот, и в частности муравьиной, становится достаточно перспективным. **Объект.** Объектом исследований являлись пчелы, разводимые на пасеках Волгоградской области. **Цель.** Оценить эффективность применения муравьиной кислоты в качестве противопаразитарного препарата, воздействующего на клеща Варроа, и оценить возможность ее использования при ведении органического пчеловодства. **Материалы и методы.** В ходе проведенных нами исследований сразу после главного взятка опытные семьи были двукратно с интервалом в две недели подвергнуты обработке 85 % муравьиной кислотой, которая в виде геля, размещенного в пакетики по 30 г, располагалась на верхних рамках гнезда, непосредственно под холстик. **Результаты и выводы.** Во время обследования пасек на степень заклещёванности нами было выявлено, что количество клеща на обследованных пасеках составляло от 20,4 % до 32,7 %. После проведения оздоровительных мероприятий в опытных группах удалось снизить количество клеща в пчелиных семьях на 14,3-28,2 %, количество которого в опытных группах не превышало 3,8 %. После проведения лечения пчел закармливали в зиму 50 % сахарным сиропом. После формирования зимнего клуба были удалены крайние рамки, не обсиженные пчелами, а гнездо сжато диафрагмами, утепления гнезда не производили. Клубы пчел в опытных семьях в зиму располагались на 6-8 дадановских рамках, а несколько семей занимало 9 рамок. Зимовка в опытных семьях протекала достаточно спокойно. Потеря пчел за зиму в опытных группах составляла от 7,3 % до 8,3 %, в то время как в контрольных группах, где лечебные мероприятия не проводились осыпалось от 18,8 % до 22,3 %, а на 2-х пасеках полностью погибло по одной семье. Оценивая показатели медопродуктивности, отмечали, что разница между полученным валовым медом в опытных и контрольных группах составляла от 13,22 кг до 21,18 кг. Больше всего товарного меда также было получено в опытных группах, количество которого в среднем составляло от 15,42 кг на пасеке №2, до 24,26 кг на пасеке №3. По результатам проведенных нами исследований рекомендуем пчеловодческим хозяйствам, работающим в области органического производства, применять в качестве противоварроатозного средства муравьиную кислоту.

Ключевые слова: органическое животноводство, лечение медоносных пчел, клещ Варроа-Якобсони, муравьиная кислота.

Цитирование. Чучунов В. А., Радзиевский Е. Б., Злепкин В. А., Конобле Т. В., Радзиевская Ю. В. Мероприятия по профилактике и лечению медоносных пчел при варроатозе в органическом животноводстве. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 278-287. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-27.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Впервые в литературных источниках данные о том, что на теле медоносной пчелы обнаруживается паразитирующий клещ, появились в 1958 году в результате обследования пчел, разводимых на юге Китая. А уже спустя 6 лет клещ Варроа стал появляться и в нашей стране, паразитируя на медоносных пчелах, обитающих в Приморском крае. Затем паразит распространился на территории Азии и в Европу, а впоследствии охватил весь мир. Вследствие своего глобального распространения и достаточно высокого ущерба, наносимого данным заболеванием пчеловодческой отрасли, его нельзя сопоставить ни с какими другими болезнями, встречающимися у пчёл. Уже начиная с 90-х годов двадцатого столетия каждую из пасек, которые находились на территории Российской Федерации, можно было условно подозревать в поражении клещом Варроа в той или иной мере.

Острая проблема в пчеловодстве на протяжении десятка лет – это эффективность противоварроатозных мероприятий. С принятием ГОСТ Р 57022-2016 «Национальный стандарт Российской Федерации: о порядке проведения добровольной сертификации органического производства», а также ГОСТ 33980-2016 «Межгосударственный стандарт: продукция органического производства: правила производства, переработки, маркировки и реализации» для повышения конкурентоспособности меда и другой пчеловодческой продукции возникла необходимость соответствия требованиям ведения органического животноводства. Перечень лекарственных и профилактических средств, которые могут использоваться при ведении производства, относящегося к органическому, достаточно ограничен. Стандартом ГОСТ 33980-2016 допускается использование при производстве органической продукции муравьиной кислоты (Е 236) в качестве консерванта при силосовании кормов, а также как вещества, которое можно применять для дезинфекции и очистки помещений, оборудования в животноводческом органическом производстве [6, 7].

В ряде исследований установлено, что применяемые для лечения варроатоза химические средства предусматривают обработку пчелосемей веществами химической природы, которые воздействуют на паразита, приводя к осыпанию клещей либо к его гибели. Из классических химических веществ, которые применяют в борьбе с паразитами, наиболее эффективным средством считается проведение обработок семей парами муравьиной, щавелевой или молочной кислот, а кроме того, тимолом. Во время применения данных химических веществ под их влияние попадают только те паразиты, которые в данный момент обработки присутствовали на хитиновом покрове пчелы медоносной. При этом негативным фактором использования химических препаратов, используемых для лечения варроатоза, по опыту ряда авторов, является то, что использование химических веществ угнетает репродуктивные органы пчелиных маток [9, 4, 8, 10, 11].

Клещ Варроа-Якобсони, который паразитирует, находясь на хитиновом покрове тела медоносной пчелы или же закрытого расплода, использует в качестве пищи гемолимфу хозяина, при этом ослабляет его и, открывая ворота вторичной инфекции, делает его более восприимчивым к сопутствующим заболеваниям [3]. Кроме того, гемолимфа насекомых, в отличие от крови млекопитающих, не имеет тромбоцитов, и раненое насекомое, даже если клещ осыпался, слабеет вследствие её потери.

Клещи, паразитирующие на пчелах, не имеют органов зрения, и в поиске своих жертв используют терморесепторы, а также органы обоняния. К телу пчелы они прикрепляются посредством присосок, находящихся на лапках паразитов. Применяемые для лечения варроатоза кислоты, воздействуя на присоски на лапах паразита, препятствуют прикреплению клеща к хитиновому покрову пчелы. Кроме того, используемые химические средства не могут, в отличие от других лекарственных препаратов, вызывать привыкание у паразита [12, 13].

Основным признаком, по которому можно диагностировать данное заболевание в условиях пасеки, – это выявление вокруг улья, и особенно в районе летка, пчёл с дефектами развития (рудиментарные и искривлённые крылья или их отсутствие), в более тяжелом случае течения болезни появляются пчелы без лапок. Если производить профилактический осмотр пчел, то в пораженных семьях можно обнаружить у некоторых пчел в районе брюшка или груди шириной 1,8 мм и длиной 1,1 мм округлой формы коричневого цвета половозрелых самок клеща. Зараженность семей паразитами определяется следующими степенями поражения: 1 степень – сильная заклещёванность – поражение клещами свыше 21 %, 2 степень – средняя заклещёванность, когда поражение составляет от 11 до 20 %, и 3 степень – слабая – составляет до 10 %, то есть из 100 пчел, взятых для исследования пораженными, оказывается от 0 до 10 пчёл [1, 2, 5, 12, 14]. Однако, по наблюдениям многих авторов, допустимым процентом заклещёванности семьи пчел, который не препятствует развитию и проявлению продуктивных качеств, считается уровень не превышающий 4 %.

Исследованиями ряда авторов в этом направлении отмечается, что при условии даже тщательно проведённых лечебно-профилактических мероприятий полностью избавиться от данного паразита не представляется возможным вследствие биологических особенностей клеща и перекрёстного заражения от других насекомых во время сборы пыльцы и нектара. Поэтому все проводимые лечебно-оздоровительные мероприятия позволяют только на некоторое время сократить уровень заклещёванности пчелиных семей до так называемого условно-безопасного уровня.

Материалы и методы. Цель исследования – оценить эффективность применения муравьиной кислоты в качестве противопаразитарного препарата, воздействующего на клеща Варроа, и оценить возможность ее использования при ведении органического пчеловодства. Для выявления влияния муравьиной кислоты в качестве препарата, используемого при лечении варроатоза в органическом животноводстве, нами были проведены исследования на кочевых пасеках города Волгограда (пасека 1), Ольховского (пасека 2) и Дубовского (пасека 3) районов Волгоградской области. Нами после главного взятка (конец июля – начало августа) перед началом подготовки пчелиных семей к зимовке при сокращении гнезда были сформированы методом пар аналогов по 5 опытных и контрольных семей на каждой из пасек. В опытных группах двукратно с интервалом в две недели были проведены противопаразитарные мероприятия с применением геля, содержащего 85 % муравьиной кислоты. Гель находился в пакетиках массой 30 г и из расчета 1 пакетик на семью раскладывался поверх рамок под холстик.

Таблица 1 – Схема опыта

Table 1 – Schedule of experience

№ пасеки / № apiaries	Группа / Group	Препарат / Medication	Количество семей / Number of families
1	опытная / experienced	муравьиная кислота / formic acid	5
	контрольная / control	-	5
2	опытная / experienced	муравьиная кислота / formic acid	5
	контрольная / control	-	5
3	опытная / experienced	муравьиная кислота / formic acid	5
	контрольная / control	-	5

Перед проведением наших исследований и через неделю после повторного применения препарата из семей, отобранных по принципу пар-аналогов, из центра гнезда отбирались пробы, состоящие из нескольких десятков живых пчел, с целью определе-

ния степени заклещёванности. После чего выборку заливали растворителем, а затем, после тщательного перемешивания и отстаивания, отделяли от мертвых пчёл мёртвых клещей, а затем производили количественный подсчет тех и других и находили процентное соотношение, определяя при этом, насколько семьи заклещёваны.

Схема проводимых нами исследований представлена в таблице 1.

В соответствии с представленной выше схемой наших исследований, опытные семьи обрабатывались двукратно посредством внесения в гнездо 85 % муравьиной кислоты, которая была в форме геля, заключенного в 30 граммовые пакетики.

Результаты и обсуждение. Результаты проведенных нами исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная оценка заклещёванности семей при использовании муравьиной кислоты (n=5)

Table 2 – Comparative assessment of the family's castration rate when using formic acid (n=5)

№ пасеки / № apiaries	До обработки препаратами (в опытных группах) / Before treatment with drugs (in experimental groups)			После обработки препаратами (в опытных группах) / After treatment with drugs (in experimental groups)		
	Кол-во пчел в пробе / Number of bees in the sample	Кол-во осыпавшегося клеща / The number of falling mites	% заклещёванности / % of salesianos	Кол-во пчел в пробе / Number of bees in the sample	Кол-во осыпавшегося клеща / The number of falling mites	% заклещёванности / % of salesianos
Пасека 1 / Apiary 1	Опытная группа / Experimental group					
	85,4±4,33	18,8±2,05	21,9	95,6±3,06	3,6±0,4	3,8
	Контрольная группа / Control group					
Пасека 2 / Apiary 2	91±1,24	18,6±0,55	20,4	93,6±0,94	23,2±0,74	24,2
	Опытная группа / Experimental group					
	83,6±3,46	24±1,92	28,8	85,8±3,77	3,2±0,2	3,7
Пасека 3 / Apiary 3	Контрольная группа / Control group					
	97,8±1,07	31,8±0,48	32,7	98,4±0,79	38,8±0,49	39,5
	Опытная группа / Experimental group					
Пасека 3 / Apiary 3	91,2±4,63	27,8±1,36	30,7	95,2±4,59	2,4±0,24	2,5
	Контрольная группа / Control group					
	92,2±0,57	25,2±0,38	27,3	91,6±1,19	29,8±0,32	32,5

Обследуя пасеки после главного взятка на поражение их клещом Варроа-Якобсони, установили, что наивысшее количество клеща было на пасеке № 2 в контрольной группе и составило 32,7 %, а наименьшее – на пасеке № 1 с показателем 20,4 % в контрольной группе. То есть, в соответствии со шкалой оценки поражения клещом, во всех пчелиных семьях отмечалась сильная заклещёванность. Проводя оценку по степени заклещёванности семей пчел после применения нами муравьиной кислоты и без ее применения в контрольных ульях, отмечаем, что в тех семьях, в которых двукратно применяли муравьиновую кислоту, удалось снизить количество клеща на пасеках 1, 2, 3 на 14,3 %, 25,1 % и 28,2 % соответственно. При этом уровень заклещёванности в этих семьях составил от 2,5 на пасеке под № 3 до 3,8 на пасеке под № 1. В то же время в контрольных группах пчелиных семей наблюдалась тенденция роста количества клеща: так, в семье №1 увеличение составило 3,8 % и достигло 24,2 %, в семье №2 увеличение составило 6,8 % и достигло 39,5 % и в семье №3 увеличение составило 5,2 % и достигло 32,5 %. Применение муравьиной кислоты в качестве лекарственного средства при варроатозе даёт заметный положительный эффект.

После лечения в конце августа и сентябре пчелы закармливались в зиму 50 % сахарным сиропом до 16 литров на семью. В ноябре были удалены крайние рамки, не занятые пчелами, и гнездо с обеих сторон было сжато диафрагмами, сверху, кроме холстика, никакого утепления гнезда не производили. Зимовка пчел осуществлялась в деревянных ульях Дадана - Блата на улице, при этом клуб пчел в семьях располагался на 6-8 дадановских рамках. Показатели зимовки пчел представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка зимовки пчел

Table 3 – Assessment of bee wintering

№ пасеки / № apiaries	Группа / Group	Количество рамок с пчелами, пошедшими на зимовку / Number of frames with bees that went to winter	Количество рамок с пчелами, вышедшими с зимовки / Number of frames with bees that came out of the winter	% отхода / % departure's
1	опытная / experienced	7,6±0,24	7±0,32	7,9
	контрольная / control	7,4±0,24	5,75±0,19	22,3
2	опытная / experienced	7,2±0,12	6,6±0,4	8,3
	контрольная / control	7±0,1	5,6±0,24	20
3	опытная / experienced	8,2±0,37	7,6±0,08	7,3
	контрольная / control	8±0,32	6,5±0,06	18,8

Оценивая показатели подготовки пчел к зимовке, отмечаем, что в зиму на всех пасеках пчелы сформировали достаточно хорошие клубы, которые размещались на 6-8 рамках, при том что на пасеке № 3 было несколько семей занимавших 9 рамок. При оценке результатов зимовки нами отмечалось, что контрольные семьи, в которых не производили каких-либо противоварроатозных обработок, перезимовали гораздо хуже тех семей, в которых в качестве противоварроатозного средства применялась муравьиная кислота. Количество осыпавшихся пчел в контрольных группах составило от 18,8 % на пасеке №3 до 22,3 % на пасеке №1. Кроме того, на пасеках 1 и 3 в контрольных группах произошла гибель по одной семье и наблюдались следы массового поноса, весенний облет пчел был недружный и растянут по времени. В то время как в опытных группах все семьи благополучно пережили экстремальный зимний период, потери пчел составили в среднем от 7,3 % до 8,3 % на пасеках 3 и 2, соответственно и в некоторых семьях отмечались единичные следы поноса, весенний облет был дружный.

В конце мая, перед выездом кочевых пасек на медосбор, мы также оценили семьи, участвующие в опыте, по степени заклещеванности. Данные проведенных исследований представлены в таблице 4.

По данным таблицы 4 видно, что в опытных группах, где осенью проводили противоварроатозные обработки, количество клеща не превышало 10 %, (3 степень – слабая заклещеванность) и составила от 7,2 % на пасеке №1 до 9,87 % на пасеке №3, в то время как в контрольных пчелиных семьях % заклещеванности был выше 21 %, то есть 1 степень (сильная заклещеванность), и составил от 25,72 % на пасеке №1 до 48, 51 на пасеке №3. При таком поражении клещами контрольных семей, если не принять экстренных оздоровительных мероприятий, возможна гибель семей. Следует также отметить более слабое весеннее развитие семей контрольных групп по сравнению с семьями опытных групп.

В конце сезона после главного взятка была проведена сравнительная оценка медовой продуктивности семей, подвергнутых осенью предыдущего года лечебным мероприятиям, с семьями, в которых противоварроатозные мероприятия не проводили. Данные о продуктивности семей представлены в таблице 5.

Таблица 4 – Весенняя оценка пчелиных семей на заклещёванность

Table 4 – Spring assessment of bee colonies for breaching

№ пасеки / № apiaries	Кол-во пчел в пробе / Number of bees in the sample	Кол-во осыпавшегося клеща / The number of falling mites	% заклещёванности / % of salesianos
Пасека 1 / Apiaries 1	Опытная группа / Experimental group		
	96,8±3,09	7±0,71	7,2
	Контрольная группа / Control group		
	90,2±0,59	23,2±0,74	25,72
Пасека 2 / Apiaries 2	Опытная группа / Experimental group		
	98,6±1,66	8,4±0,75	8,52
	Контрольная группа / Control group		
	94,5±7,1	43,5±3,31	46,03
Пасека 3 / Apiaries 3	Опытная группа / Experimental group		
	95,2±4,59	9,4±1,36	9,87
	Контрольная группа / Control group		
	101±7,52	49±3,64	48,51

Таблице 5 – Оценка медовой продуктивности пчел

Table 5 – Estimation of honey productivity of bees

№ пасеки / № apiaries	Группа / Group	Количество сот- рамок с медом, шт. / Number of honeycomb frames with honey, pcs	Получено всего меда, кг / Total honey received, kg	В том числе товарного меда, кг / Including commercial honey, kg
1	опытная / experienced	11,4±0,6	34,88±2,04	23,58±1,091
	контрольная / control	4,5±0,22	13,7±0,72	5,98±0,59
2	опытная / experienced	8,6±0,68	27,42±2,07	15,42±1,85
	контрольная / control	5±0,31	14,2±0,86	6,46±0,67
3	опытная / experienced	11,6±1,08	36,68±0,97	24,26±0,9
	контрольная / control	6,25±0,16	17,9±0,55	8,33±0,34

Изучив показатели медовой продуктивности семей, отметили, что разница по полученному валовому меду между контрольными и опытными группами составляла 21,18 кг, 13,22 кг и 18,78 кг соответственно пасекам № 1, №2, и №3. Наибольшее количество товарного меда было получено в опытных группах, количество меда в которых колебалось в среднем от 15,42 кг на пасеке №2 до 24,26 кг на пасеке №3. В то время как в контрольных группах товарного меда удалось собрать в среднем только от 5,98 кг на пасеке №1 до 8,33 кг на пасеке №3.

Выводы. Проведены исследования на кочевых пасеках Волгоградской области по целесообразности применения муравьиной кислоты в качестве противоварроатозного средства, которое может быть рекомендовано при ведении органического животноводства. Следует отметить, что проводимые лечебные мероприятия в опытных группах дали положительный эффект. На всех пасеках в группах, где проводили лечебные обработки перед зимовкой, количество клеща имело тенденцию к снижению на 14,3-28,2 % и в конечном результате после лечения не превышало 3,8 %, в то время как в контрольных группах данный показатель имел тенденцию к увеличению. Также нами от-

мечалось, что проводимые лечебные мероприятия повлияли на эффективность зимовки. Отход пчел по опытным группам в среднем составил от 7,3 % до 8,3 %, в то время как в контрольных семьях, в которых при подготовке пчел к зимовке противоварроатозные мероприятия не применялись, данный показатель был не ниже 18,8 %. Следует также отметить, что на 2 пасеках произошла гибель по 1 семье в контрольных группах. Кроме того отмечалось более слабое весеннее развитие семей контрольных групп по сравнению с семьями опытных групп. Медовая продуктивность в конечном итоге также была выше в опытных группах, так по показателю «В том числе товарного меда» было получено от опытных семей в сравнении с контрольными семьями в среднем от 8,96 кг на пасеке №2 до 17,6 кг на пасеке № 1.

Библиографический список

1. Борьба с клещом Варроа-Якобсони на пасеках Волгоградской области / В. А. Чучунов, Е. Б. Радзиевский, В. А. Злепкин, Т. В. Коноблей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 213-219.
2. Вирусная и клещевая нагрузки на пчелиные семьи в Ростовской области / В. И. Масленникова, Е. А. Климов, А. В. Королев, З. Г. Кокаева, А. А. Шевцова // Пчеловодство. 2019. № 5. С. 20-33.
3. Ивойлова М. М., Брандорф А. З., Семакина А. А. Критерии резистентности медоносных пчел к *Varroa destructor* // Пчеловодство. 2017. № 7. С. 20-23.
4. Оценка влияния вирусной и клещевой нагрузки на гибель пчел / В. И. Масленникова, Е. А. Климов, А. В. Королев, З. Г. Кокаева, Р. Р. Гареев, А. А. Луньева // Пчеловодство. 2017. № 5. С. 28-30.
5. Поведенческие адаптации популяции клещей *Varroa destructor* при противоварроатозных обработках / В. И. Масленникова, Н. М. Ишмуратова, А. В. Королев, В. Е. Кулабухов // Пчеловодство. 2019. № 7. С. 21-23.
6. Продукция органического производства. Правила производства, переработки, маркировки и реализации (с поправкой): ГОСТ 33980-2016.
7. Продукция органического производства. Порядок проведения добровольной сертификации органического производства: ГОСТ Р 57022-2016.
8. Сохликов А. Б., Игнатьева Г. И. Борьба с варроатозом // Пчеловодство. 2018. № 3. С. 30-33.
9. Эффективность ветеринарных препаратов в профилактике и лечении варроатоза пчел / Ж. А. Землянкина, В. Н. Косарев, Р. В. Ляшенко, М. С. Галичева // Пчеловодство. 2019. № 2. С. 24-26.
10. Юмагужин Ф. Г. Варроатоз в семьях бурзянских бортовых пчел // Пчеловодство. 2014. № 5. С. 32-33.
11. Ecology and Biological Resources of Melliferous Plants in the Vasyugan Plain and their Importance for the Arctic Belt / V. G. Kashkovskii, A. A. Plakhova, I. V. Moruzi, V. S. Tokarev, D. V. Kropachev // International Journal of Engineering and Technology. 2018. Vol. 7. No 4.38. Pp. 235-238.
12. Genetic diversity of honeybees in different geographical regions of Siberia / N. V. Ostroverkhova, A. N. Kucher, O. L. Konusova, T. N. Kireeva, I. V. Sharakhov // International Journal of Environmental Studies. 2017. Vol. 74, № 5. P. 771-781.
13. Ruiz J., Gutierrez M., Porrini C. Biomonitoring of Bees as Bioindicators // Bee World. 2013. Vol. 90. № 3. P. 61-63.
14. Van der Steen J. J., Kraker J., Grotenhuis T. Assessment of the Potential of Honeybees (*Apis mellifera* L.) in Biomonitoring of Air Pollution by Cadmium, Lead and Vanadium // Journal of Environmental Protection. 2015. № 6. P. 96-102.

Conclusions. Having conducted research on nomadic apiaries of the Volgograd region on the feasibility of using formic acid as an anti-varicose agent, which can be recommended for organic livestock farming. It should be noted that the treatment measures carried out in the experimental groups had a positive effect. In all apiaries in the groups where medical treatments were

performed before wintering, the number of mites tended to decrease by 14.3% - 28.2% and in the final result after treatment did not exceed 3.8%, while in the control groups this indicator tended to increase. We also noted that the therapeutic measures carried out affected the effectiveness of wintering, the departure of bees in the experimental groups averaged from 7.3% to 8.3% . at the same time, in control families in which anti-varicose measures were not used when preparing bees for wintering, this indicator was not lower than 18.8%. it should also be noted that 1 family in the control groups died in 2 apiaries. In addition, there was a weaker spring development of the families of the control groups compared to the families of the experimental groups. Honey productivity in the end was also higher in the experimental groups, so the indicator " including commercial honey " was obtained from experimental families in comparison with control families on average from 8.96 kg in apiary No. 2, to 17.6 kg in apiary No. 1.

Reference

1. Against mites Varroa-Jakobsoni on apiaries with Volgogradskoi region / V. A. Chuchunov, E. B. Radzievskiy, V. A. Shapkin, T. V. Konobley // Proceedings of lower Volga agrouniversity complex: science and higher professional education. 2020. № 1 (57). P. 213-219.
2. Viral and tick-borne loads on bee families in the Rostov region / V. I. Maslennikova, E. A. Klimov, A. V. Korolev, Z. G. Kokaeva, A. A. Shevtsova // Beekeeping. 2019. No. 5. Pp. 20-33.
3. Ivoilova M. M., Brandorf A. Z., Semakina A. A. Criteria for resistance of honeybees to Varroa destructor // Beekeeping. 2017. No. 7. Pp. 20-23.
4. Evaluation of the impact of viral and tick-borne loads on bee death / V. I. Maslennikova [et al.] // Beekeeping. 2017. No. 5. Pp. 28-30.
5. Behavioral adaptations of the Varroa destructor tick population during anti-varroa treatments / V. I. Maslennikova, N. M. Ishmuratova, A. V. Korolev, V. E. Kulabukhov // Beekeeping. 2019. No. 7. Pp. 21-23.
6. Products of organic production. Rules for production, processing, labeling and sale (as Amended): GOST 33980-2016.
7. Products of organic production. Procedure for voluntary certification of organic production: GOST R 57022-2016.
8. Sokhlikov A. B., Ignatieva G. I. Fight against varroaosis // Beekeeping. 2018. No. 3. P. 30-33.
9. Efficacy of veterinary medicines in the prevention and treatment varroaosis bees / J. A. Zemlyankina, V. N. Kosarev, R. V. Lyashenko, M. S. Galicheva // Beekeeping. 2019. No. 2. Pp. 24-26.
10. Yumaguzhin F. G. Varroa in the families of the burzyansky wild-hive bee // Beekeeping. 2014. No. 5. Pp. 32-33.
11. Ecology and Biological Resources of Melliferous Plants in the Vasyugan Plain and their Importance for the Arctic Belt / V. G. Kashkovskii, A. A. Plakhova, I. V. Moruzi, V. S. Tokarev, D. V. Kropachev // International Journal of Engineering and Technology. 2018. Vol. 7. No 4.38. Pp. 235-238.
12. Genetic diversity of honeybees in different geographical regions of Siberia / N. V. Ostroverkhova, A. N. Kucher, O. L. Konusova, T. N. Kireeva, I. V. Sharakhov // International Journal of Environmental Studies. 2017. Vol. 74, № 5. P. 771-781.
13. Ruiz J., Gutierrez M., Porrini C. Biomonitoring of Bees as Bioindicators // Bee World. 2013. Vol. 90. № 3. P. 61-63.
14. Van der Steen J. J., Kraker J., Grotenhuis T. Assessment of the Potential of Honeybees (*Apis mellifera* L.) in Biomonitoring of Air Pollution by Cadmium, Lead and Vanadium // Journal of Environmental Protection. 2015. № 6. P. 96-102.

Author's Information

Chuchunov Vasily Alexandrovich, associate Professor of the Department of Private animal science at the Volgograd state agrarian University (26 Universitetskii Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), candidate of biological Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3569-5725>

Radzievsky Evgeny Borisovich, associate Professor of the Department of Private animal science at Volgograd state agrarian University (26 Universitetskii Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), candidate of agricultural Sciences, associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045-yenia79@mail.ru>

Zipkin Victor Alexandrovich, associate Professor of "Private animal husbandry" Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26.) doctor of agricultural Sciences, <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>, vzlepkin@mail.ru

Conable Tatiana Viktorovna, associate Professor of "Private animal husbandry" Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, University Ave., 26.) candidate of agricultural Sciences, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8274-3961>, oziola@mail.ru

Radzievskaya Yulia Vladimirovna, master of the Department of Private animal science, Volgograd state agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045-yenia79@mail.ru>

Информация об авторах

Чучунов Василий Александрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат биологических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3569-5725>

Радзиевский Евгений Борисович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045-yenia79@mail.ru>

Злепкин Виктор Александрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26) доктор сельскохозяйственных наук, <https://orcid.org/0000-0002-0804-7634>, vzlepkin@mail.ru

Коноблея Татьяна Викторовна, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26) кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8274-3961>, oziola@mail.ru

Радзиевская Юлия Владимировна, магистр кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045-yenia79@mail.ru>

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-28

PECULIARITIES OF CHICKEN POPULATION «EXPERIMENTAL CS» IN GROUPS WITH DIFFERENT LIVE WEIGHT

A.V. Makarova, A.B. Vakhrameev

*All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals –
the branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center
for Animal Husbandry - All-Russian Institute of Animal Husbandry
named after Academician L.K. Ernst», St. Petersburg*

Receive 13.08.2020

Submitted 25.02.2021

*The work was performed in the framework of the State Assignment
on the theme of the science project: 0445-2021-0012*

Summary

A study was conducted of the growth and development of young chickens of the population «Experimental CS» in the period from 6 to 12 weeks of life. Relationships of exterior indicators with meat productivity of poultry are estimated. As a result of studies of the dynamics of the increase in live weight and sizes of body parts of hens and roosters population «Experimental CS», changes in the nature of the differences between the heavy and light groups of birds were revealed.

Abstract

Introduction. Selection of the most valuable breeding animals has always been an important task for selectionists. One of the methods of its solution is the study of the evaluation of the breeding value by indicators of the exterior. Due to the complexity of further selection to increase productive traits in industrial crosses, there is a need to use additional methods to assess the breeding value of birds and the prospects for their use in selection programs. Supplementing the calculation of the forecast of breeding value of chickens with exterior assessment data increases its accuracy. **Object.** For the study, we used chickens from the experimental population «Experimental CS of the bioresource collection «Genetic collection of rare and endangered chicken breeds» of All-Russian Scientific Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural, were

used. **Materials and methods.** Chickens from the age of one day to 12 weeks were weighed weekly on electronic scales with an accuracy of 0.001 kg. At the age of 4 to 6 weeks, the Chicks were separated into intensely and slowly gaining live weight. From the age of 6 to 12 weeks old the exterior was measured weekly using conventional methods. At the age of 16 weeks 19 roosters were taken from both groups to study the relationship of the yield of carcasses and parts of chickens with indicators of the exterior. Correlation analysis was performed using the method of K. Pearson. The reliability of the results was evaluated by the Student's t-test. **Results and conclusion.** Different parts of the body of birds in the chicken population «Experimental CS» grow unevenly at different age periods. The most intensive growth of the skeleton is observed until the age of 7 weeks. After seven weeks of age, the absolute and relative growth rates of skeletal parts in groups of birds with different live weight have no statistically significant differences. The final results of growing chicken population «Experimental CS» depend on the starting indicators at six weeks of age. The highest positive correlation with the meat productivity of chicken population «Experimental CS» has indicators of chest circumference, oblique length of the body (OLB) and length of the lower leg.

Key words: hens, selection, meat productivity, exterior, growth, development.

Citation. Makarova A.V., Vakhrameev A.B. Peculiarities of chicken population «Experimental CS» in groups with different live weight. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 287-297 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-28.

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

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

УДК 636.082

ЭКСТЕРЬЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦЫПЛЯТ ПОПУЛЯЦИИ ОПЫТНАЯ ЦС В ГРУППАХ С РАЗНОЙ ЖИВОЙ МАССОЙ

А. В. Макарова, научный сотрудник

А. Б. Вахрамеев, старший научный сотрудник

*Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения
сельскохозяйственных животных – филиал Федерального государственного бюджетного
научного учреждения Федеральный научный центр животноводства –
ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, г. Санкт-Петербург*

Дата поступления в редакцию 13.08 2020

Дата принятия к печати 25.02.2021

Работа выполнена по теме государственного задания НИР: 0445-2021-0012

Актуальность Отбор наиболее ценных племенных животных всегда являлся важной задачей для селекционеров. Одним из методов ее решения служит исследование оценки племенной ценности по показателям экстерьера. В связи с приближением к селекционному плато продуктивных признаков в промышленных кроссах появляется необходимость применения дополнительных методов оценки племенной ценности птиц и перспектив их использования в селекционных программах. Дополнение расчёта прогноза племенной ценности молодняка данными экстерьерной оценки увеличивает его точность. **Объект.** Для исследования использовались цыплята экспериментальной популяции опытная ЦС биоресурсной коллекции «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» ВНИИГРЖ. **Материалы и методы.** Цыплят с суточного возраста до 12 недель еженедельно взвешивали на электронных весах с точностью до 0,001 кг. В возрасте с 4-х до 6-ти недель молодняк разделён на интенсивно и медленно набирающих живую массу. С возраста 6 недель еженедельно по общепринятым точкам измерения брались промеры экстерьера до достижения 12 недельного возраста. В возрасте 16 недель из обеих групп были взяты 19 петухов для проведения анатомической разделки и изучения взаимосвязи полученных данных с показателями экстерьера. Корреляционный анализ проводился по методу К. Пирсона, достоверность результатов оценивалась по t-критерию Стьюдента. **Результаты и выводы.** Разные стати тела птиц в популяции кур опытная ЦС, растут неравномерно в разные возрастные периоды. Наиболее интенсивный рост скелета наблюдается до воз-

раста 7 недель. После семинедельного возраста показатели абсолютного и относительного прироста статей тела в группах с разной живой массой не имеют статистически значимых различий. Итоговые результаты выращивания цыплят популяции опытная ЦС зависят от стартовых показателей в шестинедельном возрасте. Наиболее высокую положительную корреляцию с мясной продуктивностью птицы в популяции кур опытная ЦС имеют показатели обхвата груди, косой длины туловища (КДТ) и длины голени.

Ключевые слова: мясная продуктивность кур, экстерьер кур, рост кур, развитие кур.

Цитирование. Макарова А. В., Вахрамеев А. Б. Экстерьерные особенности цыплят популяции опытная ЦС в группах с разной интенсивностью роста. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 287-297. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-28.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования собрали материал, проанализировали данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Способность птиц адаптироваться к разным условиям окружающей среды делает их важным источником животного белка для человека [10]. Промышленное птицеводство в основном обеспечивает людей продукцией, однако в долгосрочной перспективе использование только высокопродуктивных гибридных линий представляет серьезную угрозу для сохранения генетического разнообразия вида [7]. Местные локальные породы кур вносят свой вклад в фермерское и приусадебное птицеводство. Часть потребителей готова платить больше за мясо кур, выращенных в условиях экстенсивного производства при свободном выгуле [8].

Экстерьер – (от лат. exterior – внешний, наружный) – строение тела животного, его внешний вид. Оценка экстерьера способствует определению принадлежности животного к виду или породе, типа его конституции, направления продуктивности, степени развития животного, выраженности половых различий – полового диморфизма, возраста и индивидуальных особенностей, состояния его здоровья [9, 11]. В отличие от продуктивных признаков, показатели экстерьера меньше зависят от внешних факторов, т.к. в большей степени обусловлены строением скелета и являются высоконаследуемыми [1].

В птицеводстве также используются индексы телосложения для определения развития отдельных статей или частей тела по отношению друг к другу [3, 6]. При их вычислении обычно оперируют промерами частей тела, морфологически или функционально связанными между собой.

Птицеводы, как правило, оценивают стати, которые наиболее связаны с продуктивными качествами: корпус, грудь, спина, ноги, оперение и др. [2, 12]. Интенсивность роста наилучшим образом характеризуется в относительных величинах, в частности, относительным приростом.

Целью нашего исследования стала оценка особенностей развития экстерьерных признаков у цыплят с разной живой массой для определения критериев отбора племенной птицы и повышения мясной продуктивности в популяции опытная ЦС.

Материалы и методы. Опытная ЦС – популяция комбинированного типа продуктивности. Куры имеют живую массу 2,3-2,5 кг, петухи – 3-3,5 кг в возрасте 52 недель. Птица выращивалась в клетках по 20-25 голов. В суточном возрасте опытная группа была разделена по полу. Цыплят поместили крылометками. Молодняк с суточного возраста до 12 недель еженедельно взвешивали на электронных весах с точностью до 0,001 кг. В возрасте с 4-х до 6-ти недель молодняк разделён на интенсивно и медленно набирающих живую массу. С возраста 6 недель еженедельно по общепринятым точкам измерения брались промеры экстерьера до достижения 12 недельного возраста.

В возрасте 16 недель методом случайной выборки из обеих групп были взяты 19 петухов для проведения анатомической разделки и изучения взаимосвязи полученных данных с показателями экстерьера.

Корреляционный анализ проводился по методу К. Пирсона, достоверность результатов оценивалась по t-критерию Стьюдента [4].

Результаты и обсуждение. Динамика роста некоторых статей тела петухов опытной ЦС в период от 6 до 12 недель жизни представлена в таблице 1. Из таблицы можно увидеть, что с возрастом во всех группах динамика роста статей тела снижается.

Таблица 1 – Динамика промеров экстерьера петухов с высокой и низкой живой массой

Table 1 – Dynamics of the size of the body parts of roosters with high and low live weight

Признак / trait	Абсолютный прирост, см / Absolute increase, cm			Относительный прирост, % / Relative increase %		
	6-8 недель / 6-8 weeks	8-10 недель / 8-10 weeks	10-12 недель / 10-12 weeks	6-8 недель / 6-8 weeks	8-10 недель / 8-10 weeks	10-12 недель / 10-12 weeks
Высокая живая масса (n=92) / high live weight						
Обхват груди, см / Chest circumference, cm	4,1±0,12	2,3±0,11	2,7±0,13	19,2±0,57	9,1±0,45	10,3±0,76
Глубина груди, см / Chest depth, cm	2,1±0,10	0,8±0,06	1,2±0,06	29,5±0,76	9,0±0,77	12,1±0,61
КДТ, см*, OLB, cm	2,8±0,11	1,4±0,07	1,5±0,07	22,1±0,93	9,5±0,43	9,7±0,89
Длина киля, см / Keel length, cm	1,8±0,08	0,7±0,05	0,8±0,06	27,1±1,08	8,2±0,71	8,8±0,73
Длина плюсны, см / Metatarsal length, cm	2,0±0,07	1,0±0,06	1,0±0,06	25,6±1,03	10,0±0,70	9,4±0,66
Длина голени, см / Length of the lower leg, cm	2,3±0,12	1,1±0,07	1,5±0,08	29,1±0,57	7,8±0,81	11,8±0,68
Длина бедра, см / Hip length, cm	1,3±0,10	1,0±0,08	1,0±0,07	17,8±1,08	11,4±1,06	10,4±0,72
Низкая живая масса (n=90) / low live weight						
Обхват груди, см / Chest / circumference, cm	3,9±0,15	2,7±0,12	2,1±0,12	19,4±0,91	11,0±0,52	7,6±0,45
Глубина груди, см / Chest depth, cm	2,1±0,10	0,8±0,12	0,8±0,07	30,9±1,12	9,5±0,53	7,9±0,79
КДТ, см / OLB, cm	2,6±0,11	1,4±0,11	1,3±0,9	22,1±0,94	9,7±1,11	7,9±0,59
Длина киля, см / Keel length, cm	1,6±0,13	0,8±0,07	0,5±0,07	26,4±0,84	9,6±0,97	5,9±0,78
Длина плюсны, см / Metatarsal length, cm	1,9±0,12	1,1±0,08	0,9±0,06	27,7±0,75	11,9±0,97	9,2±0,67
Длина голени, см / Length of the lower leg, cm	2,7±0,13	1,2±0,11	1,2±0,08	29,2±1,09	10,6±0,90	8,9±0,63
Длина бедра, см / Hip length, cm	2,4±0,13	1,1±0,10	0,72±0,11	43,9±1,09	13,3±0,44	8,0±0,57

Примечание: *КДТ-косая длина туловища / note: * oblique length of the body

Наши опыты показали, что цыплята с высокой живой массой превосходят сверстников с низкой живой массой по всем показателям промеров экстерьера в течение всего периода выращивания. Однако относительные приросты петухов из легкой

группы превосходят аналогичные показатели тяжелых петухов, особенно в период 6-8 недель жизни. Это связано с тем, что наиболее интенсивный рост птицы происходит в ранний период до возраста 4 недель. Например, относительные приросты живой массы в этот период в тяжелой группе достигают 169 %, а в легкой – 165 % [5]. Поэтому к шести неделям петухи из тяжелой группы значительно превосходят петухов из группы с низкой живой массой по промерам экстерьера: например, по обхвату груди – на 1,2 см (5,7 %); по длине голени – на 1 см (11 %); по длине бедра на 1,6 см (28 %). В период 6-8 недель абсолютные показатели приростов статей тела выравниваются и по большинству промеров не имеют статистически значимых различий между группами. В то же время относительно стартовых показателей в возрасте 6 недель приросты в группе петухов с низкой живой массой выше, чем в тяжелой группе.

Таблица 2 – Динамика промеров экстерьера кур с высокой и низкой живой массой

Table 2 – Dynamics of the size of the body parts of hens with high and low live weight

Признак / trait	Абсолютный прирост, см / Absolute increase, cm			Относительный прирост, % / Relative increase %		
	6-8 недель / 6-8 weeks	8-10 недель / 8-10 weeks	10-12 недель / 10-12 weeks	6-8 недель / 6-8 weeks	8-10 недель / 8-10 weeks	10-12 недель / 10-12 weeks
Высокая живая масса (n=92) / high live weight						
Обхват груди, см / chest Circumference, cm	3,9±0,22	2,4±0,15	2,3±0,13	18,7±0,95	9,7±0,60	8,4±0,53
Глубина груди, см / Chest depth, cm	2,0±0,15	1,0±0,07	0,9±0,08	32,4±1,00	10,9±0,89	9,6±0,92
КДТ, см*, OLB, cm	2,3±0,14	1,4±0,11	1,1±0,09	18,9±0,97	9,8±0,75	6,9±0,41
Длина киля, см / Keel length, cm	1,9±0,11	0,8±0,09	0,9±0,09	32,2±0,92	10,5±1,00	6,9±0,98
Длина плюсны, см / Metatarsal length, cm	2,5±0,12	0,9±0,08	0,6±0,07	41,7±0,82	10,1±0,76	5,7±0,84
Длина голени, см / Length of the lower leg, cm	2,4±0,09	1,0±0,08	1,0±0,07	25,2±1,00	8,4±0,66	7,5±0,46
Длина бедра, см / Hip length, cm	1,7±0,14	1,1±0,12	0,7±0,10	28,6±0,81	14,5±0,98	7,7±1,03
Низкая живая масса (n=90) / low live weight						
Обхват груди, см / chest / Circumference, cm	3,8±0,26	2,4±0,11	2,2±0,13	18,8±0,43	10,4±0,57	8,9±0,50
Глубина груди, см / Chest depth, cm	1,8±0,17	1,1±0,07	0,7±0,07	28,7±0,60	14,2±0,98	8,1±0,83
КДТ, см / OLB, cm	2,4±0,29	1,6±0,12	1,1±0,12	20,8±0,57	12,0±0,57	7,7±0,50
Длина киля, см / Keel length, cm	1,9±0,22	0,8±0,07	0,6±0,06	33,3±0,68	10,9±0,63	6,9±0,57
Длина плюсны, см / Metatarsal length, cm	1,8±0,19	0,9±0,07	0,7±0,07	28,9±0,60	11,5±0,33	7,5±0,60
Длина голени, см / Length of the lower leg, cm	2,1±0,13	1,1±0,06	1,0±0,06	23,7±0,75	10,3±0,65	8,1±0,53
Длина бедра, см / Hip length, cm	1,8±0,17	0,9±0,09	0,7±0,10	32,7±0,98	12,1±0,59	8,3±0,67

Наиболее ярко этот факт можно увидеть по показателю длины бедра. Средние показатели длины бедра в тяжелой группе увеличиваются за период 6-8 недель на 1,3 см (с 7,3 см до 8,5 см), а в медленно растущей – на 2,4 см (с 5,7 см до 8,1 см). Поэтому, несмотря на превосходство тяжелых петухов по данному промеру, относительный прирост длины бедра в легкой группе на 26 % превосходит аналогичный показатель в интенсивно растущей группе.

В период 8-10 недель абсолютные и относительные приросты показателей экстерьера в обеих группах не имеют статистически значимых различий.

В период 10-12 недель абсолютные и относительные приросты статей тела у тяжелых петухов превосходят аналогичные показатели в легкой группы: по обхвату груди – на 2,7 % при $P < 0,01$; по глубине груди – на 4,2 % при $P < 0,001$; по длине кля – на 2,9 % при $P < 0,01$; по длине голени – на 2,9 % при $P < 0,01$; по длине бедра – на 2,4 %. По косой длине туловища значения приростов не имеют статистически значимых различий. Однако абсолютные значения КДТ в интенсивно растущей группе превосходят аналогичные показатели медленно растущих петухов на 0,84 см при $P < 0,001$.

У кур популяции опытная ЦС рост статей тела с возрастом снижается, также как и у петухов (таблица 2). Но по большинству промеров в изученный период статистически значимых различий в динамике роста статей тела между группами не наблюдается.

В период 6-8 недель куры из тяжелой группы превосходят кур из легкой группы по приросту длины плюсны на 0,7 см (12,8 %) при $P < 0,01$. В последующие периоды значения прироста длины плюсны в обеих группах выравниваются.

Более наглядно динамику и характер роста некоторых статей тела цыплят популяции опытная ЦС можно увидеть на графиках (рисунки 1, 2, 3) На графике 1 представлена динамика роста обхвата груди.

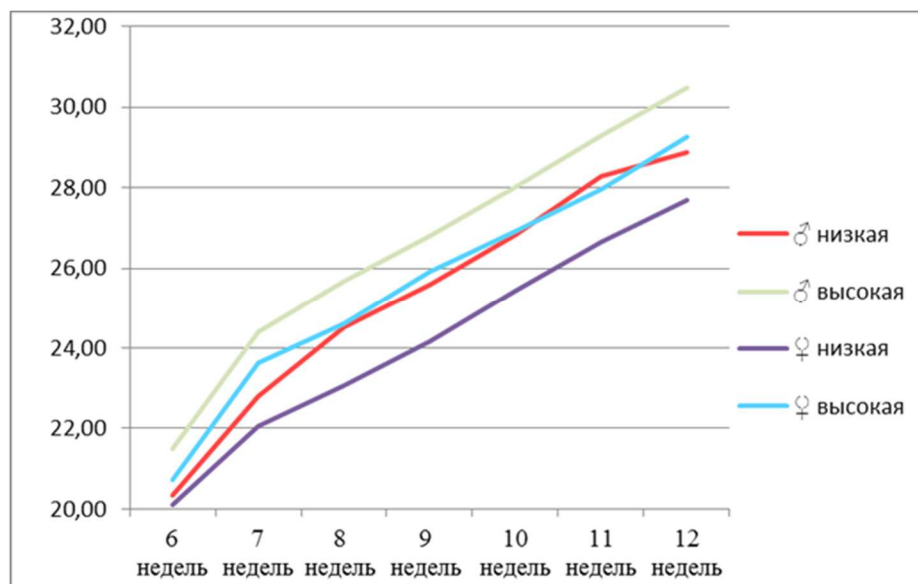


Рисунок 1 – Динамика роста обхвата груди у цыплят популяции опытная ЦС с высокой и низкой живой массой

Figure 1 – Dynamics of breast circumference growth in chickens of the experimental CS population with high and low live weight

Из графика можно увидеть, что наиболее интенсивный рост этой стати тела наблюдается до седьмой недели жизни. В дальнейшем темп увеличения показателей обхвата груди снижается, причём у кур обеих групп динамика роста становится иден-

тичной, а кривые роста почти параллельными. Из графика также видно, что стартовые показатели в возрасте 6 недель имеют существенные различия. Например, обхват груди у петухов тяжелой группы – $21,5 \pm 0,12$, что на 1,2 см выше, чем в легкой $20,3 \pm 0,27$ при $P < 0,001$. У кур из тяжелой группы обхват груди в возрасте 6 недель на 0,6 см больше и составляет $20,1 \pm 0,27$ см, а у медленно растущих кур – $20,7 \pm 0,15$ при $P < 0,05$.

Динамика роста косой длины туловища у цыплят популяции опытная ЦС представлена на рисунке 2.

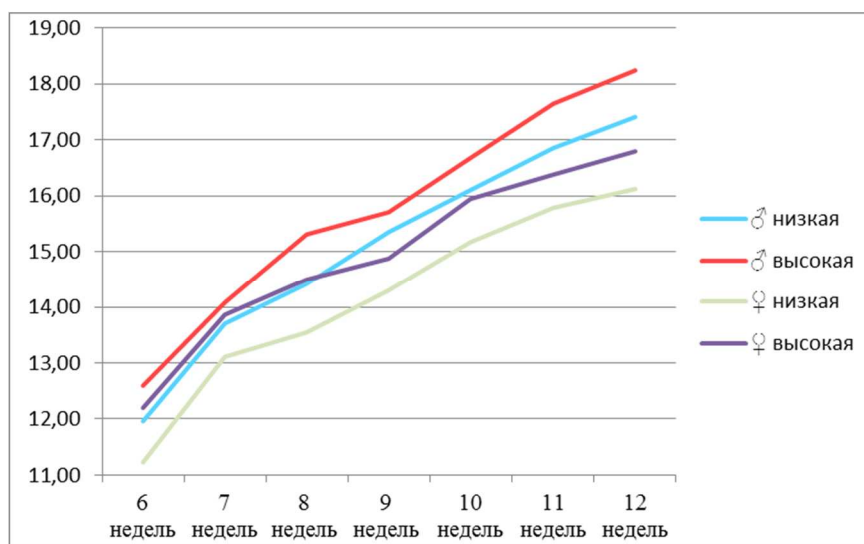


Рисунок 2 – Динамика роста косой длины туловища у цыплят популяции опытная ЦС с высокой и низкой живой массой

Figure 2 – Dynamics of oblique length of the body growth in chickens of the experimental CS population with high and low live weight

Из графиков роста косой длины туловища на рисунке 2 можно увидеть большую её изменчивость по сравнению с динамикой роста обхвата груди. Наиболее интенсивный рост этого параметра также наблюдается с шестой по седьмую неделю жизни. В дальнейшем темп увеличения роста КДТ в группах с низкой живой массой снижается и становится более однородным за исключением интенсивно растущих петухов. У них наблюдается наиболее длительный период интенсивного роста из всех представленных групп с шестой до середины восьмой недели, а потом с девятой по одиннадцатую. У интенсивно растущих кур также два периода высокой динамики роста: с шестой до седьмой недели жизни, потом – с девятой по десятую. После этого снова наступает замедление темпа роста косой длины туловища до конца изучаемого периода.

Динамика роста длины голени у цыплят популяции опытная ЦС представлена на рисунке 3.

Так же как и показатели предыдущих параметров на рисунках 1 и 2, на рисунке 3 можно увидеть наиболее интенсивный рост длины голени в период до седьмой недели жизни. В дальнейшем темп увеличения в группах с низкой интенсивностью развития становится более однородным, а интенсивно развивающиеся группы показывают менее равномерную динамику. Но в целом показатели длины голени в изученный период зависят в большей степени от стартовых промеров в шестинедельном возрасте. Например, длина голени у петухов тяжелой группы в возрасте 6 недель $10,1 \pm 0,11$ см, что на 1 см превышает аналогичный показатель легких петухов – $9,1 \pm 0,22$ при $P < 0,001$. В последующий период кривые роста длины голени во всех группах почти параллельны.

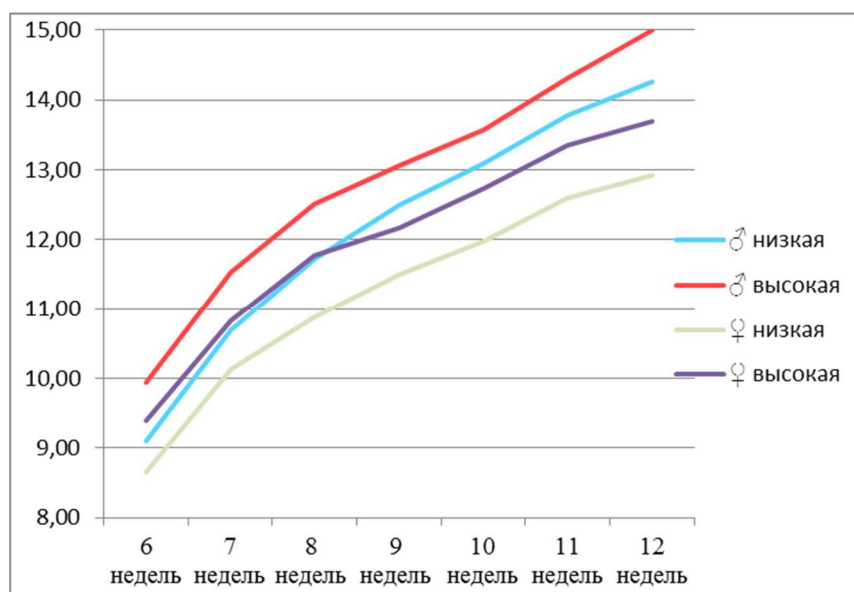


Рисунок 3 – Динамика роста длины голени у цыплят популяции опытная ЦС

Figure 3 – Dynamics of lower leg length growth in chickens of the experimental CS population with high and low live weight

В целом можно сказать, что итоговые показатели роста и развития цыплят популяции опытная ЦС зависят от интенсивности роста в начальный период до семинедельного возраста. В дальнейшем при одинаковых условиях содержания и кормления темп роста статей тела птиц опытной популяции не имеет существенных различий.

Для определения статей тела птицы популяции опытная ЦС, которые наиболее связаны с ее мясной продуктивностью, сделана анатомическая разделка петухов в возрасте 16 недель и проведен корреляционный анализ (рисунок 4).

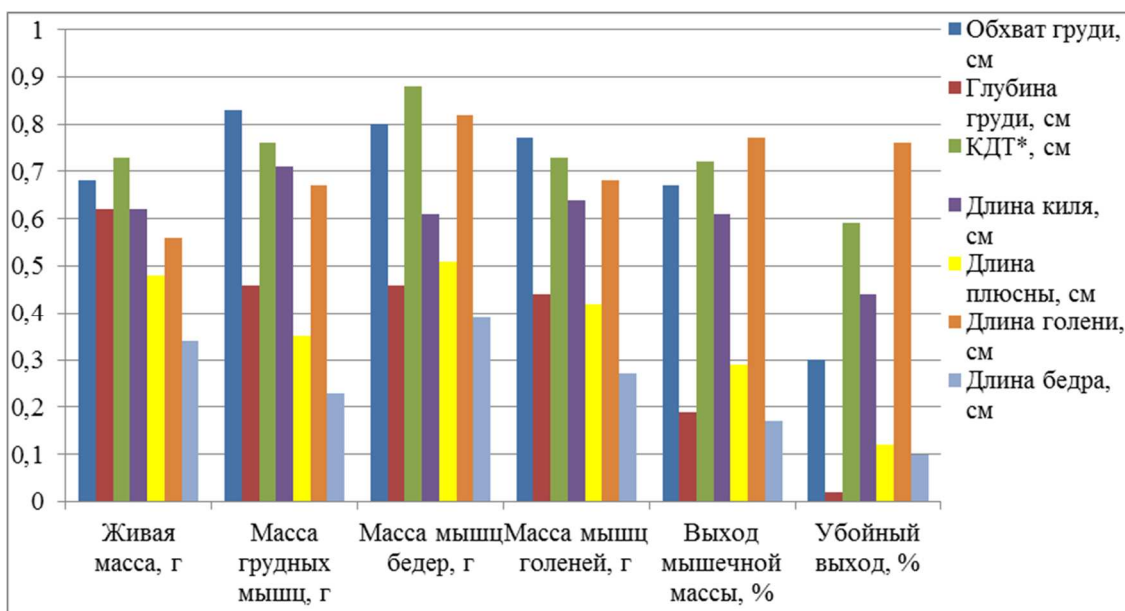


Рисунок 4 – Корреляции мясных качеств петухов популяции опытная ЦС с показателями экстерьера

Figure 4 – Correlations of meat qualities of roosters in the population of the experimental CA with indicators of the exterior

На рисунке 4 можно увидеть, что косая длина туловища, обхват груди и длина голени показывают наиболее высокие положительные значения корреляций с мясными качествами петухов в популяции опытная ЦС. Косая длина туловища положительно коррелирует со всеми показателями мясной продуктивности на уровне 0,59-0,88. Максимальная положительная связь косой длины туловища наблюдается с массой мышц бедра (0,88). Высокие значения положительной корреляции КДТ с массой грудных мышц (0,76), а также с выходом мышечной массы (0,72) показывает, что этот промер может рассматриваться как основной показатель общей обмускуленности птицы в популяции опытная ЦС. Обхват груди показывает высокие значения положительной корреляции на уровне 0,67-0,83 с живой массой, массой грудных мышц, мышц голени и бедра, а также с выходом мышечной массы в целом. Длина киля имеет сильную положительную связь ($>0,6$) с массой всех мышц и выходом мышечной массы в процентах. В то время как глубина груди имеет лишь средние положительные значения корреляции (0,44-0,46) с массой грудных мышц, мышц бедра и голени, а с убойным выходом, в нашем исследовании, взаимосвязь практически отсутствует (0,02).

Длина голени показывает высокую положительную связь на уровне 0,56-0,82 со всеми представленными показателями мясной продуктивности.

Выводы. По результатам проведенных исследований можно заключить, что разные стати тела птиц в популяции кур опытная ЦС растут неравномерно в разные возрастные периоды. Наиболее интенсивный рост скелета наблюдается до возраста 7 недель. После семинедельного возраста показатели абсолютного и относительного прироста статей тела в группах с разной живой массой не имеют статистически значимых различий. Итоговые результаты выращивания цыплят популяции опытная ЦС зависят от стартовых показателей в более ранний период жизни.

Наиболее высокую положительную корреляцию с мясной продуктивностью птицы в популяции кур опытная ЦС имеют показатели обхвата груди, косой длины туловища (КДТ) и длины голени. Птица с высоким выходом мышечной массы показывает и более высокие значения данных промеров экстерьера, что может быть использовано для селекции кур по признаку мясной продуктивности.

Библиографический список

1. Гришина Д. С., Жаркова И. П. Экстерьерные особенности гусей генофондного стада // Птица и Птицепродукты. 2019. № 4. С. 35-38.
2. Егорова А. В. Экстерьерные признаки мясных кур // Птицеводство. № 7. 2018. С. 9-11.
3. Жиликова Г. М., Кокорина О. П. Рост и развитие молодняка кур разных пород мясо-яичного направления продуктивности // Ветеринария и зоотехния. 2015. № 3 (40). С. 41-47.
4. Кузнецов В. М. Основы научных исследований в животноводстве. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. 568 с.
5. Макарова А. В., Вахрамеев А. Б. Влияние интенсивности развития и экстерьера на мясную продуктивность кур популяции опытная ЦС // Птица и птицепродукты. 2020. № 2. С. 28-31.
6. Оценка мясных кур исходных линий селекционного стада по скорости роста / А. В. Егорова, Ж. В. Емануйлова, Д. Н. Ефимов, Л. И. Тучемский // Птицеводство. 2018. № 6. С. 8-13.
7. Юрченко О. П., Вахрамеев А. Б., Макарова А. В. Гетерогенный подбор в пушкинской породе кур // Генетика и разведение животных. 2017. № 3. С. 51-57.
8. Carcass and parts yield of broilers reared under a semi-extensive system / P. Faria M. Bressan, X. Souza, Rossato, L. Botega, L. Gama // Revista Brasileira De Ciência Avícola. 2010. № 12. P. 153-159.
9. FAO. The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture; Food and agriculture organization of the united nations: Roma, Italy, 2015. 606 p.

10. Phenotypic characterization of the indigenous chickens (*Gallus gallus*) in the northwest of Algeria / L. Dahloun, N. Moula, M. Halbouche, S. Mignon-Grasteau // Arch. Anim. Breed. 2016. V. 59. P. 79-90.

11. Robins A., Phillips C. International approaches to the welfare of meat chickens // World's Poultry Science Journal. 2011. V. 67. P. 351-369.

12. Willems O. W., Miller S. P., Wood B. J. Aspects of selection for feed efficiency in meat producing poultry // World's Poult. Sci. J. 2013. V. 69. No 1. P. 77-88.

Conclusions. According to the results of the research, it can be concluded that different parts of the body of birds in the chicken population of the experimental CA grow unevenly at different age periods. The most intensive growth of the skeleton is observed until the age of 7 weeks. After seven weeks of age, the indicators of absolute and relative growth of body parts in groups with different live weight do not have statistically significant differences. The final results of growing chickens in the experimental CS population depend on the starting indicators at six weeks of age. The highest positive correlation with the meat productivity of poultry in the population of chickens of the experimental CA has indicators of chest girth, oblique length of the corpus and length of the lower leg. A bird with a high output of muscle mass also shows higher values of the exterior measurements, which can be used for selecting breeding birds based on meat productivity.

Reference

1. Grishina D. S., Zharkova I. P. Jekster'ernye osobennosti gusej genofondnogo stada // Ptica i Pticeprodukty. 2019. № 4. P. 35-38.

2. Egorova A. V. Jekster'ernye priznaki myasnyh kur // Pticevodstvo. № 7. 2018. P. 9-11.

3. Zhilyakova G. M., Kokorina O. P. Rost i razvitie molodnyaka kur raznyh porod myaso-yaichnogo napravleniya produktivnosti // Veterinariya i zootehniya. 2015. № 3 (40). P. 41-47.

4. Kuznecov V. M. Osnovy nauchnyh issledovanij v zhivotnovodstve. Kirov: Zonal'nyj NIISX Severo-Vostoka, 2006. 568 p.

5. Makarova A. V., Vahrameev A. B. Vliyanie intensivnosti razvitiya i jekster'era na myasnuyu produktivnost' kur populyacii opytная CS // Ptica i pticeprodukty. 2020. № 2. P. 28-31.

6. Ocenka myasnyh kur iskhodnyh linij selekcionnogo stada po skorosti rosta / A. V. Egorova, Zh. V. Emanujlova, D. N. Efimov, L. I. Tuchemskij // Pticevodstvo. 2018. № 6. P. 8-13.

7. Yurchenko O. P., Vahrameev A. B., Makarova A. V. Geterogennyj podbor v pushkinskoj porode kur // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2017. № 3. P. 51-57.

8. Carcass and parts yield of broilers reared under a semi-extensive system / P. Faria M. Bresan, X. Souza, Rossato, L. Botega, L. Gama // Revista Brasileira De Ciência Avícola. 2010. № 12. P. 153-159.

9. FAO. The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture; Food and agriculture organization of the united nations: Roma, Italy, 2015. 606 p.

10. Phenotypic characterization of the indigenous chickens (*Gallus gallus*) in the northwest of Algeria / L. Dahloun, N. Moula, M. Halbouche, S. Mignon-Grasteau // Arch. Anim. Breed. 2016. V. 59. P. 79-90.

11. Robins A., Phillips C. International approaches to the welfare of meat chickens // World's Poultry Science Journal. 2011. V. 67. P. 351-369.

12. Willems O. W., Miller S. P., Wood B. J. Aspects of selection for feed efficiency in meat producing poultry // World's Poult. Sci. J. 2013. V. 69. No 1. P. 77-88.

Author's Information

Makarova Aleksandra Vladimirovna, Research Scientist of the Department of Poultry Genetics, Breeding and Gene pool Preservation, Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, 196601, St. Petersburg – Pushkin, Moscovskoe shosse, 55a

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3281-4581> admiralmak@mail.ru

Vakhrameev Anatoliy Borisovich, Senior research Scientist of the Department of Poultry Genetics, Breeding and Gene Pool Preservation, Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, 196601, St. Petersburg – Pushkin, Moscovskoe shosse, 55a

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-ab_poultry@mail.ru

Информация об авторах:

Макарова Александра Владимировна, научный сотрудник отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (ВНИИГРЖ), 196601, С.-Петербург – г. Пушкин, Московское шоссе, 55a

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3281-4581> admiralmak@mail.ru

Вахрамеев Анатолий Борисович, старший научный сотрудник отдела генетики, разведения и сохранения генетических ресурсов сельскохозяйственных птиц, Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных — филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста» (ВНИИГРЖ), 196601, С.-Петербург – г. Пушкин, Московское шоссе, 55a

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5166-979X> ab_poultry@mail.ru

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-29

THE USE OF FUZZY MODELING IN ASSESSING THE INTENSITY OF TECHNOLOGIES FOR THE DISPOSAL OF ORGANIC WASTE

S. N. Borychev¹, N. V. Limarenko^{1,2}, E. A. Rakul³,
I. A. Uspensky¹, I. A. Yukhin¹, K. V. Khokhlova²

¹Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Ryazan

²Don State Technical University, Rostov-on-don

³Bryansk State Agrarian University, Bryansk

Received 15.01.2021

Submitted 02.03.2021

The work was performed under the grant, the research Fund of assistance to development of small forms of enterprises in scientific-technical sphere, contract number 3822ГC1/63200 from 19.12.2020

Summary

The possibility of using fuzzy set methods in making optimal decisions for comparing multiparametric objects is considered, using the example of technological approaches to the disposal of organic waste, and using the Harrington desirability function, a promising approach from the energy and environmental point of view is determined.

Abstract

Introduction. The directions of organic waste utilization, on the example of liquid manure, as a promising energy carrier, are considered. The advantages and disadvantages of the approaches used are analyzed in terms of biotransformation intensity in accordance with the requirements of environmental safety and energy efficiency. The methods of making optimal decisions under the specified conditions are considered. The prospects of using fuzzy set methods relative to the methods of calculus of variations when comparing multifactorial and multivariate objects are proved by the example of organic waste disposal approaches. Geometric interpretations of the described approaches are presented. The relevance of the research and its importance for science and technology is confirmed by the lack of universal solutions that ensure maximum energy and environmental efficiency in the disposal of organic waste. Based on the analysis, the aim of the study is formulated, which is to evaluate the effectiveness of approaches to the disposal of organic waste from animal husbandry using fuzzy modeling methods. **Object.** Technological approaches to the utilization of organic animal waste. Subject – parameters of energy and environmental efficiency. **Materials and methods.** The analysis of sources and the results of preliminary studies confirmed the effectiveness of using fuzzy set methods in making optimal decisions in comparing technological approaches to the utilization of organic waste into organic fertilizers. It is established that the most promising method is the use of Harrington desirability functions. The essence of which is to establish correspondences between the natural values of the particular indicators of the objects being compared and the psychophysical parameters that represent expert a posteriori estimates of the desirability of the values of the indicators, in accordance with the desirability grading. Desirability grading is a range of values from 0 to 1 that determines the correspondence of values from least to most preferred based on a generalized integral criterion. The interpretation of the values of energy and environmental intensity of technological approaches to the disposal of organic waste is carried out in accordance with the grading of the Harrington scale according to the following levels of preferences: «high», «above average», «medium», «below average», «low». **Results and conclusions.** As a result of the behavioral study, the prospects of using fuzzy modeling methods in making optimal decisions for studies of multivariate and multifactorial objects are justified, using the example of the Harrington desirability function; the efficiency of using the Harrington desirability function in the ranking of approaches to the utilization of organic waste from animal husbandry on the example of liquid manure, depending on the bio-transformation intensity, is proved; it is established

that the most optimal from the point of view of the intensity of biotransformation is a technology providing for the utilization of liquid organic waste into liquid bio-organic fertilizer and use activator disinfection, ensuring reduced time and energy costs while maintaining required regulatory documents level of environmental safety of energy. The perspective of the development of the obtained results is the development of tools for digitalization of comparison of multiparametric objects and automation of their evaluation.

Key words: *fuzzy modeling, Harrington desirability function, organic waste, technological approaches to the disposal of organic waste.*

Citation. Borychev S.N., Limarenko N.V., Rakul E.A., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Khokhlova K.V. The use of fuzzy modeling in assessing the intensity of technologies for the disposal of organic waste. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 298-315 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-29.

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

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

УДК 519.863

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЁТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

С. Н. Борычев¹, доктор технических наук, профессор
Н. В. Лимаренко^{1,2}, кандидат технических наук, доцент
Е. А. Ракул³, кандидат технических наук, доцент
И. А. Успенский¹, доктор технических наук, профессор
И. А. Юхин¹, доктор технических наук, профессор
К. В. Хохлова², студент

¹ФГБОУ ВО Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева

²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

³ФГБОУ ВО Брянский государственный аграрный университет

Дата поступления в редакцию 15.01.2021

Дата принятия к печати 02.03.2021

Работа выполнена в рамках реализации гранта ФГБУ Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, договор № 3822ГС1/63200 от 19.12.2020

Актуальность. Рассмотрены направления утилизации органических отходов на примере бесподстильного навоза как перспективного энергоносителя. Проведён анализ преимуществ и недостатков используемых подходов с точки зрения биотрансформационной интенсивности в соответствии с требованиями экологической безопасности и энергетической эффективности. Рассмотрены методы принятия оптимальных решений при выполнении обозначенных условий. Доказана перспективность использования методов нечётких множеств относительно методов вариационного исчисления при сравнении многофакторных и многопараметрических объектов на примере подходов утилизации органических отходов. Представлены геометрические интерпретации описанных подходов. Актуальность исследования и его важность для науки и техники подтверждается отсутствием универсальных решений, обеспечивающих максимальную энерго-экологическую эффективность при утилизации органических отходов. На основании проведённого анализа сформулирована цель исследования, представляющая оценку эффективности подходов утилизации органических отходов животноводства с использованием методов нечёткого моделирования. **Объект** – технологические подходы утилизации органических отходов животноводства. **Предмет** – параметры энерго-экологической эффективности. **Материалы и методы.** Анализ источников и результаты предварительных исследований подтвердили эффективность использования методов нечётких

множеств при принятии оптимальных решений в сравнении технологических подходов утилизации органических отходов в органические удобрения. Установлено, что наиболее перспективным методом является использование функций желательности Харрингтона. Его суть заключается в установлении соответствий между натуральными значениями частных показателей сравниваемых объектов и психофизических параметров, представляющих экспертные апостериорные оценки желательности значения показателей, в соответствии с градуировкой желательности. Градуировка желательности представляет собой диапазон значений от 0 до 1, определяющий соответствие значений от наименее к наиболее предпочтительному на основании обобщённого интегрального критерия. Интерпретация значений энергетической и экологической интенсивности технологических подходов утилизации органических отходов осуществляется в соответствии с градуировкой шкалы Харрингтона по следующим уровням предпочтений: «высокий», «выше среднего», «средний», «ниже среднего», «низкий». **Результаты и выводы.** В результате проведённого исследования обоснована перспективность использования методов нечёткого моделирования при принятии оптимальных решений исследований многопараметрических и многофакторных объектов на примере функции желательности Харрингтона; доказана эффективность использования функции желательности Харрингтона при ранжировании подходов утилизации органических отходов животноводства на примере бесподстильного навоза, в зависимости от биотрансформационной интенсивности; установлено, что наиболее оптимальной с точки зрения интенсивности биотрансформации является технология, предусматривающая утилизацию жидких органических отходов в жидкое биоорганическое удобрение и использование активатора обеззараживания, обеспечивающего сокращение временных и энергетических затрат при сохранении требуемого нормативными документами уровня экологической безопасности энергоносителя. Перспективой развития полученных результатов является совершенствование инструментов цифровизации сравнения многопараметрических объектов и автоматизации их оценки.

Ключевые слова: нечёткое моделирование, функция желательности Харрингтона, органические отходы, технологии утилизации органических отходов.

Цитирование. Борычев С. Н., Лимаренко Н. В., Ракул Е. А., Успенский И. А., Юхин И. А., Хохлова К. В. Использование нечёткого моделирования при оценке интенсивности технологий утилизации органических отходов. *Известия НВ АУК*. 2021. 1 (61). 298-315. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-29.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Традиционно органические отходы обладают энергетическим потенциалом и представляют интерес для использования в качестве удобрений. Однако для его полноценного использования необходимо минимизировать соответствующие патогенные влияния на окружающую экосистему. Решить данную проблему можно выбрав оптимальный подход к их утилизации. Согласно [5, 6, 8, 11, 12], основными недостатками применяемых решений являются ресурсоёмкость и низкая экологическая безопасность, что делает важным формулирование критериев, позволяющих применить методы поиска оптимальных решений, снижающих уровень патогенного влияния и повышающих энергетический потенциал органических отходов. Одной из наиболее отходоёмких отраслей является животноводство, наиболее типичным отходом которого является бесподстильный навоз, обусловленный высокими производственными мощностями хозяйств. Соответственно, задача оптимизации ресурсов, направленных на его утилизацию, является важной для науки и техники. Процесс утилизации бесподстильного навоза (далее органических отходов) – комплекс мероприятий, требующий высоких ресурсозатрат. Эффективность применяемых решений определяется не только за-

трачиваемой мощностью, но и регламентами безопасности. Соответственно, задача оценки эффективности используемых подходов с точки зрения энергоинтенсивности является актуальной. Энергетическая оценка проводится при сравнительном анализе существующих технологий с целью выявления наиболее привлекательных по наименьшему значению энергоемкости производства [5, 15, 24]. Решить поставленную задачу можно используя методы принятия оптимальных решений при обеспечении заданных условий, наиболее типичными из них являются линейное, нелинейное, динамическое, выпуклое программирование, теория игр и другие, относящиеся к вариационному исчислению при решении задач максимизации / минимизации целевой функции. Согласно [7, 10, 18, 20, 21, 23], при анализе технических систем и средств достаточно широкое применение нашли симплекс-метод, метод графической оптимизации и оптимизация по Лагранжу. Их суть сводится к нахождению некоторого минимума целевой функции в области геометрически детерминированного конечномерного пространства, ограниченного набором линейных и нелинейных неравенств. Установлено [7, 13, 18], что недостатком перечисленных подходов является сложность использования при рассмотрении и сравнении многокритериальных и многопараметрических функционалов.

Поскольку принятие оптимального решения при снижении энергетических затрат и сохранении требуемой экологической безопасности в процессе утилизации органических отходов животноводства является многофакторной и многопараметрической задачей, для решения которой рационально использование методов нечёткого моделирования [1, 2, 4, 16, 19], преимуществом которых является возможность категоризации, классификации на основании обобщённых критериев, позволяющих учитывать многокритериальность и многопараметричность сравниваемых объектов.

Цель исследования – оценка эффективности подходов утилизации органических отходов животноводства с использованием методов нечёткого моделирования.

Материалы и методы. Объектом исследования являются технологические подходы утилизации органических отходов животноводства, предметом – параметры их энергетической, экологической и экономической эффективности.

Как показал анализ [3, 13, 14, 17, 20] технологии утилизации органических отходов можно категоризировать в зависимости от принципов и механизмов, лежащих в их основе, на биологические и физические. В основе биологической реализации лежат принципы биотрансформации (биоферментация, биоконверсия и т. д.). Суть технологий утилизации ферментационного типа заключается в минерализации и гумификации органических отходов в биотермических аэробных условиях под действием мезофильной и термофильной бактериальной составляющей. Преимуществами данного подхода являются относительная простота используемых технических средств, достаточно высокая бактерицидная и гельминтологическая эффективность, исключение всхожести семян сорных растений. Недостатками являются: необходимость поддержания высокого температурного режима (свыше 100 °С), высокая длительность операционных воздействий, сложность контроля биотрансформационных процессов и поддержания условий их течения, значительная зависимость эффекта от исходной влажности (наиболее оптимальным является технологическое значение 45...60 %). В зависимости от исходных физико-реологических свойств утилизируемого материала, направления его дальнейшего использования, а также природно-климатических условий реализации используют несколько вариаций данного подхода, определяющих его интенсивность. Направлением утилизации материалов, полученных в результате реализации данных воздействий, является использование в качестве органических удобрений, а также получение биогаза.

Кроме технологий биологических принципов, лежащих в основе утилизации органических отходов, перспективным является использование физических активаторов тепло-массообменных процессов. Суть технологий утилизации физического типа в общем виде заключается в интенсификации тепло-массообменных процессов сред, приводящих к лизису бактериальных форм с помощью специальных технических средств. Одним из перспективных устройств реализации данного подхода является активатор. К преимуществам данного подхода относят высокую бактерицидную и гельминтологическую эффективность при небольшой продолжительности воздействия, низкую удельную энергоёмкость, контролируемость процесса, возможность использования химических активаторов в сниженных концентрациях, низкая зависимость влияния на эффект мутности, жёсткости и pH обрабатываемой среды. К недостаткам можно отнести необходимость поиска оптимальных параметров операции в зависимости от физико-реологических свойств обрабатываемого материала.

На основании анализа [5, 6, 9, 10, 12, 22], в таблице 1 представлены последовательности операционных воздействий подходов утилизации органических отходов, в зависимости от агроклиматических условий, направлений дальнейшего использования и типов животных.

Таблица 1 – Операции утилизационного цикла органических отходов

Table 1 – Operations of the organic waste recycling

№	Операционные воздействия / Operational impacts	Технологии утилизации органических отходов / Technologies for recycling organic waste								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Приём субстрата / Substrate reception				+					
2	Сбор / Gathering	+	+	+		+	+	+	+	+
3	Транспортировка / Transportation	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	Отстаивание предсепарационное / Pre-separation desilting							+	+	+
5	Смешивание с наполнителем / Mixing with filler	+		+			+			
6	Буртование / Clamping						+			
7	Грубое фракционное разделение / Coarse frac- tional separation								+	
8	Тонкое разделение жидкой фракции / Thin sepa- ration of liquid fraction								+	
9	Компостирование тонко разделённой жидкой фракции / Composting of thin separation of liquid fraction								+	
10	Сбор тонко разделённой жидкой фракции в био- логический пруд / Gathering of thin separation of liquid fraction in biological pond								+	
11	Загрузка в биоферментатор / Loading in biofer- menter	+		+		+				
12	Загрузка в ферментер / газгольдер / Loading in fermenter / gas-holder				+					
13	Аэрация / Aeration						+			
14	Параллельная ферментация / Parallel fermentation			+						
15	Биоферментация / Biofermentation	+		+						
16	Хранение в навозохранилище / Storage in manure lagoon		+							

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	Разделение на твёрдую и жидкую фракцию / Separation on solid and liquid fractions				+			+		+
18	Подача жидкой фракции в активатор обеззараживания / Supply liquid fraction in decontamination activator									+
19	Обеззараживание жидкой фракции в активаторе / Decontamination liquid fraction in activator									+
20	Накопление обеззараженной жидкой фракции в хранилище / Accumulation of the decontaminated liquid fraction in the storage									+
21	Фракционная утилизации твёрдого компоста и жидкой фракции / Fractional utilization of solid compost and liquid fraction				+					
22	Гидролиз, кислотообразование, ацетатолиз, метаногенез / Hydrolysis, acid formation, acetogenesis, methanogenesis				+					
23	Хранение, аэрация жидкой фракции / Storage, aeration of liquid fraction							+		
24	Погрузка / транспортировка жидкой фракции / Loading / transportation of liquid fraction							+		
25	Смешивание твёрдой фракции с наполнителем / Mixing solid fraction with filler							+		
26	Компостирование твёрдой фракции / Composting of solid fraction								+	
27	Буртование твёрдой фракции / Clamping of solid fraction							+		
28	Погрузка / транспортировка / Loading / transportation						+		+	
29	Внесение в качестве удобрения / Fertilization	+	+	+		+	+	+	+	+

На рисунке 1 представлена блок-схема рассмотренных подходов и оборудования используемых при утилизации органических отходов животноводства.

Согласно [7, 13, 20, 23], перспективным инструментом оценки многофакторных и разнопараметрических технических средств и подходов с помощью нечётких множеств является применение их частного случая в виде функции желательности Е. К. Харрингтона. При нем натуральные значения сравниваемых параметров конвертируются в некоторую безразмерную градуировочную шкалу, выражающую желательность. К преимуществам данного инструмента можно отнести соответствие функции желательности требованиям, интеграции в общий экспертный исполнительный аппарат по следующим параметрам: количественности; возможности выражения группы параметров обобщённым критерием; однозначности; универсальности и полноты – как общей, неспецифичной характеристики объекта. Согласно [20], градуировка желательности представляет собой психофизическую шкалу, функцией которой является установление соответствий между натуральными значениями частных показателей, в качестве которых выступают параметры предложенных технологий, и психофизических параметров, представляющих экспертные апостериорные оценки желательности значения показателей. Градуировка шкалы представляет соответствие наиболее предпочтительному значению критерия высокого значения желательности в диапазоне от 0 до 1. Диапазоны градуировки шкалы представлены в работах [1, 13, 16, 20].

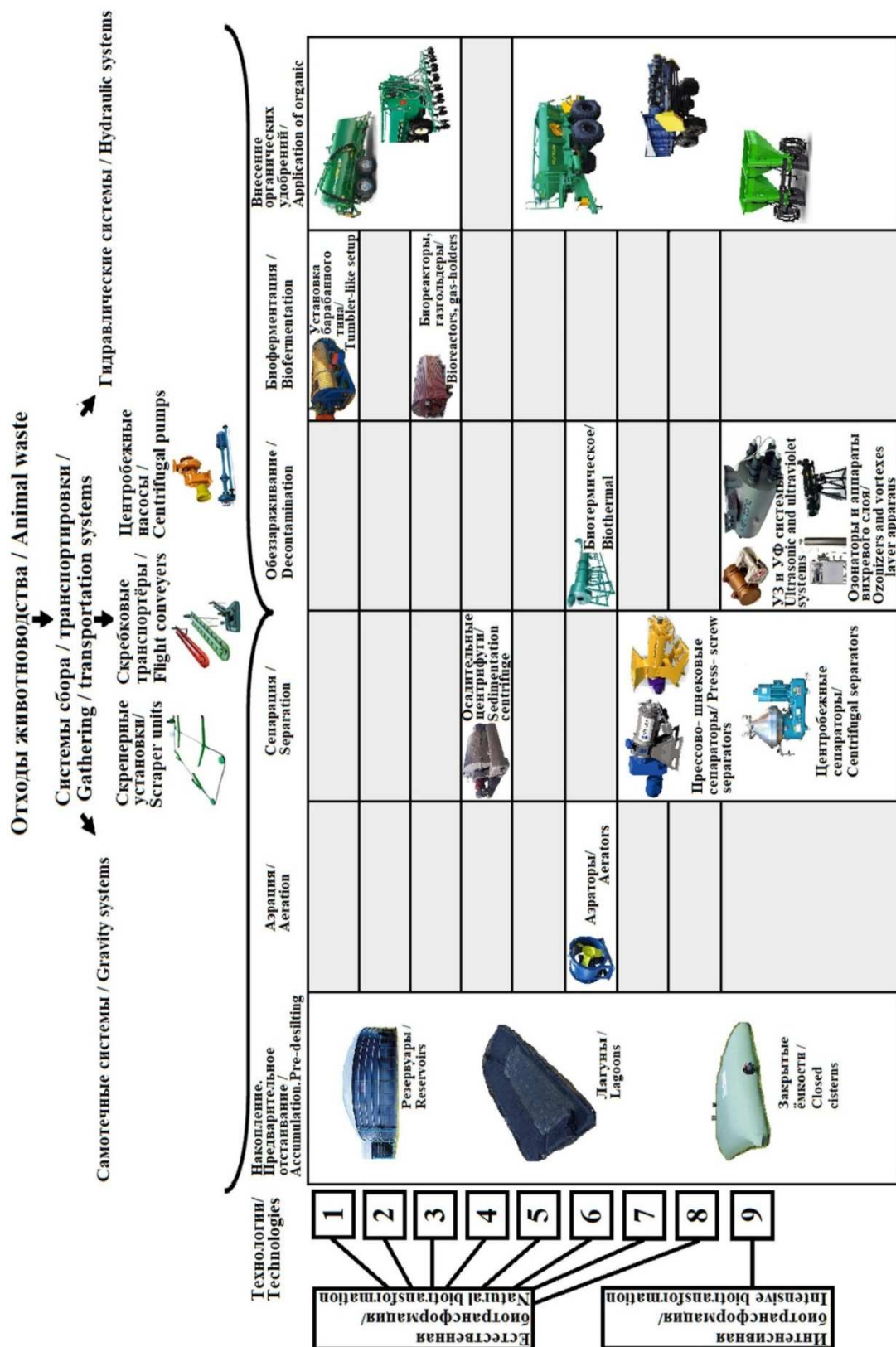


Рисунок 1 – Блок-схемы подходов и оборудования утилизации органических отходов

Figure 1 – Block diagrams of approaches and equipment for organic waste disposal

Рассмотрим основы конвертирования натуральных значений параметров в психофизическую градуировку желательности. Граничными условиями шкалы являются два значения $d = 0$ и $d = 1$. При этом 1 соответствует максимально желательному значению функции, а 0 максимально нежелательному. Преимуществом данной градуировки является унифицированность вычислений, при которой $d = 0,63 \approx 1 - (1 / e)$. Для сравнения технологий утилизации органических отходов используем следующие параметры желательности: удельные энергетические затраты, относительный уровень экологической безопасности, выраженный пролонгированным бактерицидным эффектом и уровнем эпидемиологической безопасности, а также интенсивность биотрансформационных способностей подходов. Оценка интенсивности биотрансформационных способностей подходов утилизации органических отходов, представленных в таблице 1, осуществлялась с использованием следующей зависимости:

$$i_{bts} = \frac{\sum_i^n \frac{(N_i + Q_i + S_i) \cdot t_i}{q_i}}{n_{\text{КОЕ}}^{\text{ПАТ}} - \sum_i^n \left[\left(1 - \frac{n_{\text{КОЕ}}^{\text{ПАТ}} - x}{n_{\text{КОЕ}}^{\text{ПАТ}}} \right) \cdot n_{\text{КОЕ}}^{\text{ПАТ}} - x \right]}, \quad (1)$$

где N_i – удельные затраты активной мощности на реализацию i -го операционного воздействия технологического подхода, кВт·ч; Q_i – удельные затраты реактивной мощности на реализацию i -го операционного воздействия технологического подхода, кВАр·ч; S_i – удельные затраты полной мощности на реализацию i -го операционного воздействия технологического подхода, кВА·ч; t_i – момент времени затрачиваемый на реализацию i -го операционного воздействия технологического подхода, ч; q_i – производительность i -го операционного воздействия, кг/ч; $n_{\text{КОЕ}}^{\text{ПАТ}}$ – число колониеобразующих единиц патогенных бактерий до реализации i -го операционного воздействия технологического подхода, шт.; $n_{\text{КОЕ}}^{\text{ПАТ}} - x$ – число колониеобразующих единиц патогенных бактерий после реализации i -го операционного воздействия технологического подхода, шт.

Кодирование частных значений функции желательности d_i в обобщенную функцию желательности D осуществляется в результате свёртки, алгоритм которой подробно описан в работе [20]. Число используемых показателей может зависеть от типа систем. Сглаживание аппроксимирующей составляющей функции желательности происходит за счёт корня n -й степени. Механизм расчета функции желательности основан в кодировании натурального частного параметра y в желательность d , реализовать которое возможно с односторонним и двухсторонним ограничением. Одностороннее ограничение представляется наиболее достоверным, т. к. позволяет дать оценку многофакторных и разнопараметрических технических средств и подходов [13, 16, 20]. Данная функция имеет вид $x \leq x_{\max}$ или $x \geq x_{\min}$, т.е. параметр y имеет либо возрастающую, либо убывающую природу относительно некоторого заданного максимального или минимального значения. Расчет значений y выражается:

$$d = e^{-e^{-y'}}, \quad (2)$$

где d – частная функция желательности; y' – кодированное значение частного параметра y , вычисляемое по формуле:

$$y' = b_0 + b_1 x + b_2 x^2, \quad (3)$$

где b_0, b_1, b_2 – коэффициенты квадратичной функции.

Прологарифмировав дважды уравнение (3), получим:

$$y' = -\ln\left(\ln\frac{1}{a}\right) = \ln\frac{1}{\ln\frac{1}{a}}. \quad (4)$$

Подставляя значения y в уравнение (4), получим:

$$b_0 + b_1x + b_2x^2 = \ln\frac{1}{\ln\frac{1}{a}}. \quad (5)$$

Для известных значений составляется система уравнений, из которой определяются неизвестные коэффициенты линейной функции b_0, b_1, b_2 :

$$\begin{cases} b_0 + b_1x + b_2x^2 = \ln\frac{1}{\ln\frac{1}{0,81}} \\ b_0 + b_1x + b_2x^2 = \ln\frac{1}{\ln\frac{1}{0,63}} \\ b_0 + b_1x + b_2x^2 = \ln\frac{1}{\ln\frac{1}{0,37}} \end{cases} \quad (6)$$

Результатом описанных выше преобразований является система квадратичных уравнений, описывающих зависимости между исследуемым показателем и безразмерными значениями, что позволяет, используя систему (7), вычислить y для любого значения x в рассматриваемой области интереса, а далее по модели (3) – показатель желательности. Поскольку показатель желательности может иметь двустороннюю и одностороннюю природу ограничений, применительно к поставленной задаче наиболее рационально использовать функцию Харрингтона с односторонним ограничением, общий вид которой описан в работах [13, 16, 20]. Интерпретация значений интегрального показателя энергетической и экологической интенсивности технологических подходов утилизации органических отходов при их утилизации осуществляется в соответствии с градуировкой шкалы Харрингтона по следующим уровням предпочтений: «высокий» – $\geq 0,8$; «выше среднего» – $\geq 0,6$; «средний» – $\geq 0,37$; «ниже среднего» – $\geq 0,2$; «низкий» – > 0 . Значение обобщенной функции желательности D рассчитывается как среднее геометрическое всех участвующих в сравнении параметров:

$$D = \sqrt[n]{d(1) * d(2) * ... * d(n)}, \quad (7)$$

где n – число параметров используемых при сравнении технологических подходов.

Результаты и обсуждение. Анализ работ [5, 11, 24], результатов предварительных исследований [10, 11] позволил определить уровни желательности технологических подходов утилизации органических отходов животноводства, а также оценки, характеризующие предпочтительность их принадлежности с точки зрения энергетических затрат и экологического эффекта. В качестве параметров, определяющих энерго-экологическую желательность, были выбраны: удельные энергетические затраты, относительный уровень экологической безопасности, выражаемый соотношением числа колониеобразующих единиц патогенных форм до операционных воздействий и после, наличие пролонгированного бактерицидного эффекта. Представительность и достоверность выбранных параметров для формирования обобщённого интегрального показате-

ля желательности Харрингтона обусловлена результатами исследований [5, 11, 24]. На основании изложенного в таблице 2 представлены характеристики технологических подходов утилизации органических отходов при использовании функции желательности Харрингтона.

Таблица 2 – Характеристика желательности технологических подходов утилизации органических отходов

Table 2 – Characteristics of the desirability of technological approaches to the disposal of organic waste

№	Желательность d / Desirability d				
	Низкая / Low	Ниже средне-го / Below average	Средняя / Average	Выше средне-го / Above average	Высокая / High
1	0-0,20	0,21-0,37	0,38-0,63	0,64-0,80	0,81-1,0
2	Удельные затраты энергии y_1 , кВт*ч/м ³ / Specific energy consumption y_1 , kWh/m ³				
3	10	8	6	4	2
4	Относительный уровень экологической безопасности y_2 , % / Relative level of environmental safety y_2 , %				
5	25	45	70	85	100
6	Наличие пролонгированного бактерицидного эффекта y_3 , час. / The presence of a prolonged bactericidal effect y_3 , h.				
7	0	12	48	72	168

Проанализировав данные, приведённые в таблице 2, обобщающий интегральный показатель эффективности технологии утилизации органических отходов был рассчитан как среднее геометрическое частных желательностей с учетом ранжированных значений и корректировке, определяющей коэффициент значимости рассматриваемой совокупности, согласно методике [20], и представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Соответствие натуральных и кодированных переменных желательности сравниваемых параметров технологическим подходам утилизации органических отходов

Table 3 – Correspondence of natural and coded desirability variables of the compared parameters to technological approaches to the disposal of organic waste

№	Параметр y_i / Parameter y_i	Желательность d_i / Desirability d_i		Номера соответствующих технологических подходов утилизации органических отходов / The numbers of the respective technological approaches to the disposal of organic waste
1	y_1	$d_1 = 0,80$	$x_1 = 4$	4
		$d_2 = 0,63$	$x_2 = 6$	2, 3, 5, 6, 7, 9
		$d_3 = 0,37$	$x_3 = 8$	1, 8
2	y_2	$d_1 = 0,80$	$x_1 = 85$	4
		$d_2 = 0,63$	$x_2 = 70$	1, 2, 3, 7, 8, 9
		$d_3 = 0,37$	$x_3 = 45$	5, 6
3	y_3	$d_1 = 0,80$	$x_1 = 72$	9
		$d_2 = 0,63$	$x_2 = 48$	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8
		$d_3 = 0,37$	$x_3 = 12$	4

Подставляя d_i и x_i в уравнение (3), получим систему уравнений для определения коэффициентов b_0 , b_1 , b_2 для каждого из параметров сравнения.

Для y_1 система примет вид:

$$\begin{cases} b_0 + 4b_1 + (4)^2b_2 = \ln \frac{1}{\ln_{0,80} \frac{1}{1}} \\ b_0 + 6b_1 + (6)^2b_2 = \ln \frac{1}{\ln_{0,63} \frac{1}{1}} \\ b_0 + 8b_1 + (8)^2b_2 = \ln \frac{1}{\ln_{0,37} \frac{1}{1}} \end{cases} \quad (8)$$

Для y_2 система примет вид:

$$\begin{cases} b_0 + 85b_1 + (85)^2b_2 = \ln \frac{1}{\ln_{0,80} \frac{1}{1}} \\ b_0 + 70b_1 + (70)^2b_2 = \ln \frac{1}{\ln_{0,63} \frac{1}{1}} \\ b_0 + 45b_1 + (45)^2b_2 = \ln \frac{1}{\ln_{0,37} \frac{1}{1}} \end{cases} \quad (9)$$

Для y_3 система примет вид:

$$\begin{cases} b_0 + 72b_1 + (72)^2b_2 = \ln \frac{1}{\ln_{0,80} \frac{1}{1}} \\ b_0 + 48b_1 + (48)^2b_2 = \ln \frac{1}{\ln_{0,63} \frac{1}{1}} \\ b_0 + 12b_1 + (12)^2b_2 = \ln \frac{1}{\ln_{0,37} \frac{1}{1}} \end{cases} \quad (10)$$

В результате решения полученных систем (8), (9), (10) методом Крамера были получены следующие коэффициенты для системы (8) и y_1 :

$$\begin{array}{l|l} b_0 = 2,840 \\ b_1 = -0,316 \\ b_2 = -0,005 \end{array} \quad y'_1 = 2,840 - 0,316x - 0,005x^2. \quad (11)$$

В результате решения системы (9) были получены следующие коэффициенты для y_2 :

$$\begin{array}{l|l} b_0 = 0,033 \\ b_1 = -0,021 \\ b_2 = -0,00045 \end{array} \quad y'_2 = 0,033 - 0,021x - 0,00045x^2. \quad (12)$$

В результате решения системы (10) были получены следующие коэффициенты для y_3 :

$$\begin{array}{l|l} b_0 = -0,163 \\ b_1 = -0,316 \\ b_2 = -0,00015 \end{array} \quad y'_3 = -0,163 + 0,012x + 0,00015x^2. \quad (13)$$

Получив квадратичные функции (11), (12), (13) характеризующие уровень желательности сравниваемых параметров, определим их частные, кодированные значения и обобщённые значения D для каждого из них. Расчётные значения искомых параметров представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры функции желательности сравниваемых параметров /

Table 4 – Parameters of the desirability function of the compared parameters

№	Параметр / Parameter		Значения / Values					
1	Удельные энергетические затраты y_1 / Specific energy consumption y_1	Значения частного пара- метра / Importance of the private option	2	4	5,5	8,4	9,5	10
		Кодированные значения частного параметра / En- coded values of a private parameter	-0,1378	-0,1115	-0,0909	-0,0493	-0,0329	-0,0253
		Частные функции жела- тельности / Partial desirabil- ity functions	0,3173	0,3269	0,3344	0,3497	0,3557	0,3585
		Обобщенная функция желательности D_1 / Gener- alized desirability function D_1	0,3401					
2	Относительный уровень экологической безопасности y_2 / Relative level of environmental safety y_2	Значения частного пара- метра / Importance of the private option	25	45	70	85	95	100
		Кодированные значения частного параметра / En- coded values of a private parameter	0,2374	0,6933	1,4326	1,9666	2,3602	2,5684
		Частные функции жела- тельности / Partial desirabil- ity functions	0,4544	0,6065	0,7876	0,8694	0,9099	0,9262
		Обобщенная функция желательности D_2 / Gener- alized desirability function D_2	0,7361					
3	Наличие пролонгированного бактерицидного эффекта y_3 / The pres- ence of a prolonged bactericidal effect y_3 , h.	Значения частного пара- метра / Importance of the private option	0	12	48	72	124	168
		Кодированные значения частного параметра / En- coded values of a private parameter	-0,1629	0,0057	0,7721	1,4999	3,6722	6,1466
		Частные функции жела- тельности / Partial desirabil- ity functions	0,3082	0,3700	0,6300	0,8000	0,9749	0,9979
		Обобщенная функция желательности D_3 / Gener- alized desirability function D_3	0,6183					

На рисунках 2...4 представлена графическая интерпретация функции желательности Харрингтона в виде зависимости расчётных значений частного параметра (таблица 4) от коэффициента желательности d , согласно градуировке, представленной в таблице 2.

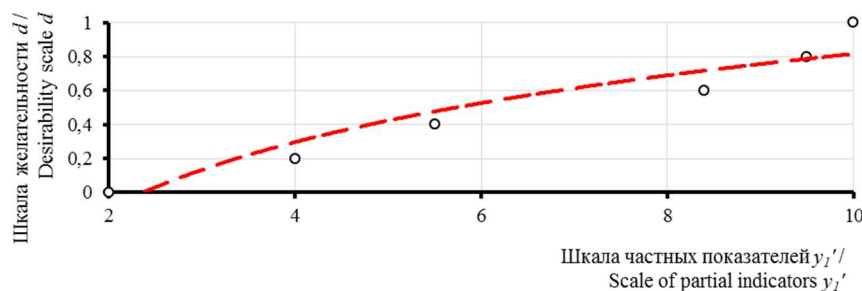


Рисунок 2 – Функция желательности Харрингтона, характеризующая удельные энергетические затраты технологических подходов утилизации органических отходов

Figure 2 – The Harrington desirability function, which characterizes the specific energy costs of technological approaches to the disposal of organic waste

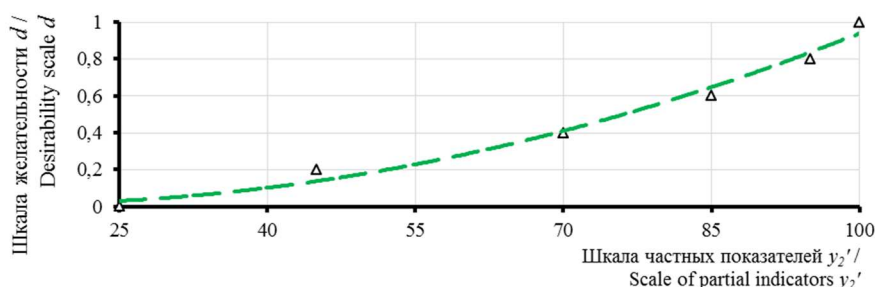


Рисунок 3 – Функция желательности Харрингтона, характеризующая относительный уровень экологической безопасности

Figure 3 – The Harrington desirability function, which characterizes the relative level of environmental safety

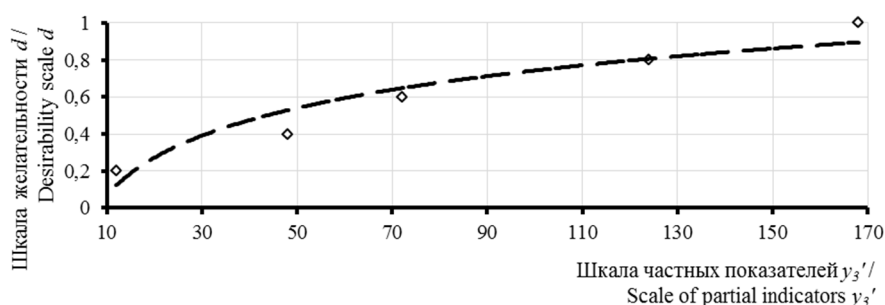


Рисунок 4 – Функция желательности Харрингтона, характеризующая наличие пролонгированного бактерицидного эффекта технологических подходов утилизации органических отходов

Figure 4 – The Harrington desirability function, which characterizes the presence of a prolonged bactericidal effect of technological approaches to the disposal of organic waste

Обобщив результаты, представленные на рисунках 2...4 и таблице 4, представим сравнение технологических подходов утилизации органических отходов в зависимости от уровня удельных энергетических затрат (кривая 1), относительного уровня экологической безопасности (кривая 2) и наличия пролонгированного бактерицидного эффекта (кривая 3) в рамках одной координатной плоскости рисунка 5, где по оси x обозначены номера технологических подходов (таблица 1), а по оси y величина интегрального показателя желательности d .

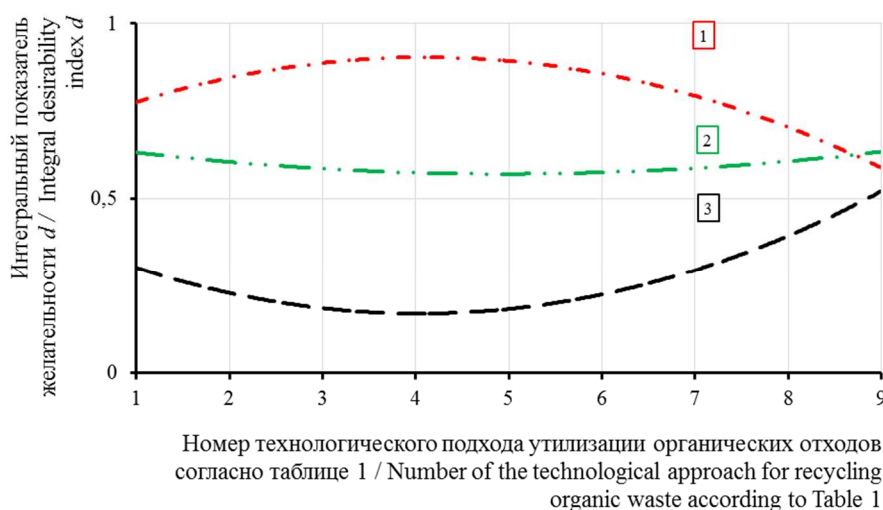


Рисунок 5 – Эффективность технологических подходов утилизации органических отходов по показателю желательности:

1 – Уровень энергетических затрат; 2 – Уровень экологической нагрузки; 3 – Наличие пролонгированного бактерицидного эффекта

Figure 5 – Efficiency of technological approaches to the disposal of organic waste in terms of desirability:

1 – The level of energy costs; 2 – The level of environmental load; 3 – The presence of a prolonged bactericidal effect

На основании проведённых расчётов, результаты которых представлены в таблицах 3, 4, анализа графической зависимости на рисунке 5, установлено, что интегральный показатель эффективности технологических подходов утилизации органических отходов, согласно шкале желательности Харрингтона, лежит в диапазоне 0,5...0,7 для подходов, утилизирующих отходы в органические удобрения с их интенсивным обеззараживанием. С точки зрения анализа удельных энергетических затрат, относительного уровня экологической безопасности и наличия пролонгированного бактерицидного эффекта перспективным является использование технологического подхода 9 с интенсивным обеззараживанием в электромагнитном активаторе, существенным образом, интенсифицирующим процесс биотрансформации жидких органических отходов животноводства в жидкое биоорганическое удобрение. Новизна и перспективность желательности подхода также подтверждается патентом РФ (№ 2726309 от 13.07.2020). Коэффициент желательности при этом составляет диапазон 0,55...0,63, что соответствует среднему уровню.

Выводы. На основании проведённого исследования можно сделать следующие выводы:

– обоснована перспективность использования методов нечёткого моделирования принятия оптимального решения исследований многопараметрических и многофакторных объектов на примере функции желательности Харрингтона при поиске энергетически и экологически эффективного подхода утилизации органических отходов животноводства;

– доказана эффективность использования функции желательности Харрингтона при ранжировании подходов утилизации органических отходов животноводства на примере бесподстилочного навоза, в зависимости от уровня удельных энергетических затрат, относительного уровня экологической безопасности и наличия пролонгированного бактерицидного эффекта;

– оптимальным с точки зрения анализа рассматриваемых параметров являются подходы, использующие интенсивное обеззараживание при уровне желательности 0,55...0,63, в частности технологический подход 9, предусматривающий утилизацию жидких органических отходов в жидкое биоорганическое удобрение с использованием активатора обеззараживания, обеспечивающего наибольший энерго-экологический эффект относительно аналогов.

Развитием полученных результатов будет являться разработка инструментов цифровизации процесса оценки технологических подходов с использованием методов нечёткого моделирования, в частности функций желательности Харрингтона, а также инструментов машинного обучения и определения оптимальных параметров технических средств, обеспечивающих максимальный экологический эффект при минимальных энергетических затратах.

Библиографический список

1. Ахлюстин С. Б., Мельников А. В., Щербакова И. В. Нечетко-множественное моделирование обобщенных показателей опасности объектов топливно-энергетического комплекса // Вестник Воронежского института МВД России. 2018. № 3. С. 44-55.
2. Бисчоков Р. М. Анализ, моделирование и прогноз урожайности сельскохозяйственных культур для Кабардино-Балкарской Республики с использованием аппарата нечеткой логики // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 2. С. 123-133.
3. Бутусов О. Б., Дикусар В. В., Редикульцева Н. И. Нечеткие дифференциальные модели и их применение для математического моделирования сложных экологических систем // Надежность и качество сложных систем. 2019. № 4 (28). С. 14-25.
4. Даев Ж. А., Султанов Н. З. Автоматизированный контроль влажности природного газа методами нечеткого моделирования при смешивании // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2018. № 5. С. 8-10.
5. Концептуальная модель энергетической эффективности получения экологически безопасного утилизационного свиного бесподстилочного навоза / Н. В. Бышов [и др.] // Инженерные технологии и системы. 2020. Т. 30. № 3. С. 394-412.
6. Личман Г. И., Личман А. А. Оценка влияния качества внесения удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. № 5. С. 16-21.
7. Математические модели по прогнозированию баланса гумуса / С. В. Митрофанов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнического университета им. П.А. Костычева. 2019. № 2 (42). С. 25-29.
8. Математические модели по рациональному формированию систем удобрения / С. В. Митрофанов [и др.] // Международный научный сельскохозяйственный журнал. 2019. № 2. С. 36-43.
9. Метод решения экологических проблем при обращении с навозом и помётом / А. Ю. Брюханов [и др.] // Молочнохозяйственный вестник. 2017. № 3 (27). С. 84-96.
10. Методика оценки уровня экологической нагрузки свиноводческих предприятий / Н. В. Бышов [и др.] // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. 2020. № 1 (57). С. 268-278.
11. Моделирование эпидемиологических свойств бесподстилочного навоза при подготовке физико-химическим обеззараживанием / А. А. Цымбал [и др.] // Вестник Рязанского агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2020. № 3. С. 89-98.
12. Обоснование параметров машинной технологии приготовления органобактериальных удобрений / Г. И. Личман [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. № 1. С. 43-48.
13. Парфенова В. Е. Нечеткое регрессионное моделирование в задачах управления аграрным производством // Инновации. 2019. № 7 (249). С. 88-92.

14. Повышение эффективности орошения на основе внедрения цифровых моделей прогнозирования водопотребления / Д. А. Соловьев [и др.] // Известия НВ АУК. 2020. № 4(60). С. 402-414.
15. Ракутько С. А., Ракутько Е. Н. Моделирование и численный анализ энергоэкологичности светокультуры // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13. № 3. С. 11-17.
16. Сидельников К. А., Куприянов М. С., Сенилов М. А. Нечеткий метод определения материального баланса для моделирования процессов разработки месторождений углеводородов // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2018. Т. 1. С. 19-22.
17. Теория и технологии управления орошением сельскохозяйственных культур на основе информационных технологий поддержки принятия решений и математического моделирования / К. Е. Токарев [и др.] // Известия НВ АУК. 2020. № 4(60). С. 433-448.
18. Тимофеев Е. В., Эрк А. Ф., Судаченко В. Н. Оптимизация схем энергоснабжения современных сельскохозяйственных предприятий // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. № 1 (94). С. 63-71.
19. Уварова Л. В. Результаты имитационного моделирования системы водоотведения при использовании нечетких моделей // Водоочистка. 2018. № 3. С. 23-26.
20. Храменкова А. О., Ракул Е. А. Интегральная оценка эффективности труда в молочном скотоводстве // Экономика труда. 2019. Том 6. № 1. С. 305-320.
21. Цифровые технологии в проектировании систем удобрения в сельскохозяйственных предприятиях / С. В. Митрофанов [и др.] // Техника и оборудование для села. 2019. № 7 (265). С. 14-17.
22. Шалавина Е. В., Васильев Э. В. Алгоритм принятия решений при выборе машинных технологий биоконверсии отходов животноводства // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 1 (17). С. 366-370.
23. Шаталова О. М. Основные положения методики информационного обеспечения в оценке эффективности технологических инноваций методами нечеткого моделирования // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2018. Т.12. № 4. С. 102-112.
24. Ecological and technological criteria for the efficient utilization of liquid manure / N. V. Byshov, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin, N. V. Limarenko // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 422 (012069).

Conclusion. Based on the study, the following conclusions can be drawn:

- the prospect of using fuzzy modeling methods for making the optimal decision for researching multivariate and multifactorial objects has been substantiated, using the example of Harrington's desirability function when searching for an energetically and environmentally effective approach to recycling organic animal waste;
- the effectiveness of using the Harrington desirability function has been proven when ranking approaches to utilization of organic waste from animal husbandry, using the example of liquid manure, depending on the biotransformation intensity;
- technology 9 is optimal from the point of view of the intensity of biotransformation, which provides for the utilization of liquid organic waste into liquid bioorganic fertilizer and the use of a disinfection activator that provides the highest intensity relative to analogs from the time and energy points of view.

The development of the results obtained will be the improvement of tools for digitalizing the process of evaluating technological approaches using fuzzy modeling methods, in particular Harrington desirability functions, as well as machine learning tools and determining the optimal parameters of technical means that ensure maximum environmental effect at minimum energy costs.

References

1. Akhlyustin S. B., Melnikov A. V., Shcherbakova I. V. Fuzzy set modeling generalized indicators of the danger of the fuel and energy complex // Bulletin of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2018. № 3. P. 44-55.

2. Bischokov R. M. Fuzzy logic device for crop analysing, modeling and forecasting in the Kabardino-Balkarian Republic // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2020. V. 15. № 2. P. 123-133.
3. Butusov O. B., Dikisar V. V., Redikul'tseva N. I. Fuzzy differential models and their application for mathematical modeling of complex ecological systems // Reliability and quality of complex systems. 2019. № 4 (28). P. 14-25.
4. Daev Z. A., Sultanov N. Z. Automated control of humidity of natural gas by methods of fuzzy modeling at mixing // Devices and systems. Management, control, diagnostics. 2018. № 5. P. 8-10.
5. Conceptual Model of Energy Efficiency for Environmentally Safe Utilization of Liquid Pig Manure / N. V. Byshov [et al.] // Engineering Technologies and Systems. 2020. V. 30(3). P. 394-412.
6. Lichman G. I., Lichman A. A. Assessment of influence of fertilization quality on crop yield // Agricultural Machinery and Technologies. 2017. № 5. P. 16-21.
7. Mathematical models for humus balance forecasting / S. V. Mitrofanov [et al.] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo Universiteta im. P. A. Kostycheva. 2019. № 2 (42). P. 25-29.
8. Mathematical models for the rational development of fertilizer systems / S. V. Mitrofanov [et al.] // International Scientific Agricultural Journal. 2019. № 2 (42). P. 36-43.
9. Method of solving ecological problems when handling manure and droppings / A. Yu. Bryukhanov [et al.]. 2017. No. 3 (27). P. 84-96.
10. Assessment methodology of environmental load level of pig breeding enterprises / N. V. Byshov [et al.] // Proc. of the Lower Volga AgroUniversity Comp. 2020. V. 1(57). P. 268-278.
11. Modeling of the epidemiological properties of liquid manure during its preparation by physico-chemical disinfection / A. A. Tsymbal [et al.] // Vestnik Ryazanskogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva. 2020. № 3. P. 89-98.
12. Justification of parameters of machine technology of organo-bacterial fertilizers preparation / G. I. Lichman [et al.] // Agricultural Machinery and Technologies. 2016. № 1. P. 43-48.
13. Parfenova V. E. Fuzzy regression modeling in tasks of management of agrarian production // Innovation. 2019. № 7 (249). P. 88-92.
14. Improving irrigation efficiency based on introducing of digital models for forecasting water consumption / D. A. Solovyev [et al.] // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. № 4 (60). P. 402-414.
15. Rakutko S. A., Rakutko E. N. Simulation and Numerical Analysis of Energy-and-Ecological Compatibility of Indoor Plant Lighting // Agricultural Machinery and Technologies. 2019. V. 13(3). P. 11-17.
16. Sidelnikov K. A., Kupriyanov M. S., Senilov M. A. Fuzzy material balance method to model hydrocarbon field development // International Conference on Soft Computing and Measurements 2018. V. 1. P. 19-22.
17. Theory and technologies of irrigation control for crops based on information technologies decision support and mathematical modeling / K. E. Tokarev [et al.] // Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. V. 4(60). P. 433-448.
18. Timofeev E. V., Erk A. F., Sudachenko V. N. Optimization of power supply schemes of modern agricultural enterprises // Technology and technical means of mechanized production of crop and livestock products. 2018. № 1 (94). P. 63-71.
19. Uvarova L. V. Results of imitation modeling of the drainage system using fuzzy models // Vodoochistka. 2018. № 3. P. 23-26.
20. Khranchenkova A. O., Rakul E. A. Integral assessment of labor efficiency in dairy cattle // Labor Economics. 2019. V. 6 (1). P. 305-320.
21. Digital technologies in the design of fertilizer systems at agricultural enterprises / S. V. Mitrofanov [et al.] // Rural machinery and equipment. 2019. No. 7 (265). P. 14-17.
22. Shalavina E. V., Vasiliev E. V. Decision-making algorithm for choosing machine technologies for bioconversion of animal waste // Bulletin of the Agroindustrial Complex of Stavropol. 2015. No. 1 (17). P. 366-370.

23. Shatalova O. M. Main provisions of the technique of information support in assessing the efficiency of technological innovations using fuzzy modeling methods // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management. 2018. Vol.12. No. 4. P. 102-112.

24. Ecological and technological criteria for the efficient utilization of liquid manure / N. V. Byshov [et al.] // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. № 422 (012069).

Authors Information

Sergei N. Borychev, head of the department of construction of engineering structures and mechanics of the Ryazan agrotechnological University named after p. A. Kostychev (390044, Russia, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical Sciences, Professor, Researcher ID: B-8415-2019; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9726-3584>, 89066486088@mail.ru

Nikolay V. Limarenko, associate Professor of the Department of electrical engineering and electronics, Don State Technical University (344000, Russia, Rostov-on-don, Gagarin square, 1), candidate of technical Sciences, Researcher ID: O-5342-2017; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3075-2572>, limarenkodstu@yandex.ru

Elena A. Rakul, associate Professor of the Department mathematics, physics, and computer science of the Bryansk State Agrarian University (243365, Russia, Bryansk region, Vygonichsky district, Kokino village, Sovetskaya str. 2a), candidate of technical Sciences, Researcher ID: AAC-9211-2021; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7667-961X>; wmf@bgsha.com

Ivan A. Uspenskiy, head of the Department of technical operation of transport of the Ryazan agrotechnological University named after p. A. Kostychev (390044, Russia, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical Sciences, Professor, Researcher ID: B-7990-2019; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>; ivan.uspensckij@yandex.ru

Ivan A. Yukhin, head of the Department of automotive engineering and heat power ENGINEERING of the p. A. Kostychev Ryazan agrotechnological University (1, Kostycheva str., Ryazan, 390044, Russia), doctor of technical Sciences, associate Professor, Researcher ID: Q-8188-2017; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0928>, ivan.uspensckij@yandex.ru

Kristina V. Khokhlova, student of Don State Technical University (344000, Russia, Rostov-on-don, Gagarin square, 1), Researcher ID: AAD-3365-2021; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-3075-9524>, cristy2020@yandex.ru

Информация об авторах

Борычев Сергей Николаевич, заведующий кафедрой «Строительство инженерных сооружений и механика» ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, профессор, Researcher ID: B-8415-2019; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9726-3584>, 89066486088@mail.ru

Лимаренко Николай Владимирович, доцент кафедры «Электротехника и электроника» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1), кандидат технических наук, Researcher ID: O-5342-2017; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3075-2572>, limarenkodstu@yandex.ru

Ракул Елена Анатольевна, доцент кафедры автоматики, физики и математики ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» (243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а), кандидат технических наук, Researcher ID: AAC-9211-2021; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7667-961X>; wmf@bgsha.com

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, профессор, Researcher ID: B-7990-2019; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>; ivan.uspensckij@yandex.ru

Юхин Иван Александрович, заведующий кафедрой «Автотракторная техника и теплоэнергетика» ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (390044, Россия, г. Рязань, ул. Костычева, д.1), доктор технических наук, доцент, Researcher ID: Q-8188-2017; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3822-0928>, ivan.uspensckij@yandex.ru

Хохлова Кристина Владимировна, студентка ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (344000, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1), Researcher ID: AAD-3365-2021; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-3075-9524>, cristy2020@yandex.ru

THE WEAR OF PLOUGHSHARES MADE BY THE FOUNDRY TECHNOLOGIES

D.S. Gapich¹, V. A. Motorin^{1,2}, R.N. Oleinikov¹

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²All-Russian research institute of irrigated agriculture, Volgograd

Received 30.11.2020

Submitted 10.12.2020

*The research was conducted as a part of the grant of the President
of the Russian Federation MK-2870.2019.8*

Summary

A promising plowshare manufacturing technology has been developed, which consists in casting it from high-strength metal, with strengthening the cutting edge of the plowshare with a material made of high-alloy alloys. The alloyed layer of the plowshare obtained by casting has a significantly greater thickness and increased hardness compared to the deposited layer, which allows you to increase the product life. The resource of experimental plowshares is almost three times higher than the resource of its serial counterpart and amounts to 12 hectares of operating time per case, while the same indicator for a serial plowshare is only 4.7 hectares.

Abstract

Introduction. Increasing the resource of replacement parts of tillage machines is an urgent problem in the agro-industrial complex. In the process of performing tillage operations by tillage machines, their working parts, in particular, cutting rods, experience dynamic loads, abrasive and chemical effects of the external environment, which provokes their wear. A promising direction for improving the wear resistance of cutting bit blades is their alloying during casting preparation. **Materials and methods.** The main laboratory and field research was carried out at the Educational, research and production center «Gornaya Polyana», on classic light chestnut soils with a resistivity coefficient of 7-12, a low content of organic residues (humus-1.5 — 2.5%), and a humidity of 8-10%. Comparative tests of plowshares to the limit of wear were carried out by types of work corresponding to their main purpose, namely, on autumn plowing. General test conditions typical for the Volgograd region in terms of terrain, soil condition, and other performance indicators. Broken plowshares were thoroughly cleaned, marked, and sent for further research. During the initial technical examination, the compliance of the experimental and serial samples tested with the technical conditions for manufacturing quality was evaluated, and the weight of the plowshare was determined. **Results and conclusions.** A new plowshare manufacturing technology has been introduced, which consists in casting it from high-strength metal, with strengthening the cutting edge of the plowshare with a material made of high-alloy alloys. The alloyed layer of the plowshare obtained by casting has a significantly greater thickness and increased hardness compared to the deposited layer, which allows you to increase the resource of the product. The resource of experimental plowshares is almost three times higher than the resource of its serial counterpart and amounts to 12 hectares of operating time per case, while the same indicator for a serial plowshare is only 4.7 hectares.

Key words: *plowshare, strengthening of plowshares during casting, alloying, alloying powder, increasing wear resistance.*

Citation. Gapich D. S., Motorin V. A., Oleinikov R. N. The wear of plowshares made by foundry technologies. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 316-326 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-30.

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

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

УДК 621.785.5

ИЗНОС ЛЕМЕХОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПО ЛИТЕЙНОЙ ТЕХНОЛОГИИ**Д. С. Гапич**¹, доктор технических наук, доцент**В. А. Моторин**^{1,2}, кандидат технических наук, доцент**Р. Н. Олейников**¹, аспирант¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград²Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 30.11.2020

Дата принятия к печати 10.12.2020

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации МК-2870.2019.8.

Актуальность. Повышение ресурса сменных частей почвообрабатывающих машин является актуальной проблемой в АПК. В процессе выполнения операций обработки почвы почвообрабатывающими машинами их рабочие органы, в частности режущие лезвия, испытывают динамические нагрузки, абразивное и химическое воздействие внешней среды, что провоцирует их износ. Перспективным направлением повышения износостойкости режущих лезвий долота является их легирование при изготовлении литьем. **Материалы и методы.** Проведение основных лабораторно-полевых исследований осуществлялось в УНЦП «Горная Поляна» на классических светло-каштановых почвах, имеющих коэффициент удельного сопротивления 7-12, низкое содержание органических остатков (гумуса – 1,5-2,5 %), влажность – 8-10 %. Сравнительные испытания лемехов до предельного износа проводились по видам работ, соответствующим основному их назначению, а именно, на осенней вспашке. Общие условия проведения испытаний характерны для Волгоградской области по рельефу, состоянию почвы и другим показателям качества работы. Вышедшие из строя лемеха подвергались тщательной очистке, маркировались и отправлялись на проведение дальнейших исследований. При проведении первичной технической экспертизы оценивали соответствие испытываемых экспериментальных и серийных образцов техническим условиям по качеству изготовления, определяли массу лемеха. **Результаты и выводы.** Разработана перспективная технология изготовления лемеха плуга, которая заключается в отливке его из высокопрочного металла, с упрочнением режущей кромки лемеха материалом из высоколегированных сплавов. Легированный слой лемеха, получаемого литьем, имеет значительно большую толщину и повышенную твердость по сравнению с наплавленным слоем, что позволяет повысить ресурс изделия. Ресурс экспериментальных лемехов практически в три раза превышает ресурс своего серийного аналога и составляет 12 гектаров наработки на корпус, тогда как этот же показатель у серийного лемеха составляет всего 4,7 гектара.

Ключевые слова: лемех отвального плуга, упрочнение лемехов при литье, легирование, легирующий порошок, повышение износостойкости лемехов.

Цитирование. Гапич Д. С., Моторин В. А., Олейников Р. Н. Износ лемехов, изготовленных по литейной технологии. *Известия НВ АУК.* 2021. 1(61). 316-326. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-30.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из основных элементов рабочего органа плуга, определяющим энергетические, качественные показатели процесса вспашки, а также продолжительность безотказной работы плуга, является лемех, т.е. от эффективности работы и состояния лемеха зависит объем ресурсов, затрачиваемых на почвообработку.

Для поддержания работоспособного состояния сельскохозяйственной техники ведущими заводами России ежегодно выпускается значительное количество запасных частей. Так, например, Рубцовский завод ежегодно выпускает более 600 тыс. шт. лемехов. Ежегодная потребность данного завода в стали 50Г составляет более 16 тыс. тонн.

Кроме того, увеличение массы применяемых в сельском хозяйстве машинно-тракторных агрегатов и рабочих скоростей движения привело к переуплотнению почвенного слоя и увеличению нагрузки на рабочие органы сельскохозяйственных машин. Это особенно обострило вопрос, связанный с недостаточной износостойкостью рабочих органов [1-3, 5, 8, 9, 11, 13, 14].

На сегодняшний день одними из самых совершенных лемехов являются выпускаемые серийно самозатачивающиеся лемехи, но и они имеют ряд недостатков: трудоемкость изготовления, сложность процесса равномерного нанесения биметаллической наплавки. В целом, следует отметить, что стальные самозатачивающиеся лемехи практически исчерпали себя в плане повышения износостойкости. Работа по их дальнейшему усовершенствованию, без внедрения принципиально иных технологических приемов упрочнения с получением более совершенных материалов и применением их для изготовления лемехов не дает возможности повысить их износостойкость [4, 6, 7, 10, 12, 15].

Поэтому повышение надежности и долговечности орудий для почвообработки является важнейшей проблемой современного машиностроения. В связи с этим, исследования, направленные на повышение ресурса лемехов плугов для основной обработки почвы, являются актуальными и имеют важное значение для народного хозяйства.

Целью данной работы является оценка технического ресурса лемехов с наплавкой легирующего слоя при литье.

Материалы и методы. Проведены натурные полевые сравнительные испытания экспериментальных лемехов, упрочненных поверхностным легированием, с серийно выпускаемыми лемехами.

Для проведения исследований и полевых испытаний были изготовлены опытные экспериментальные лемеха, согласно технологической карте изготовления с наплавкой легирующего слоя. Полученный в результате литья лемех без постобработки представлен на рисунке 1 с основными геометрическими размерами готового лемеха (рисунок 2).



Рисунок 1 – Лемех, изготовленный методом литья

Figure 1 – A ploughshare made by casting

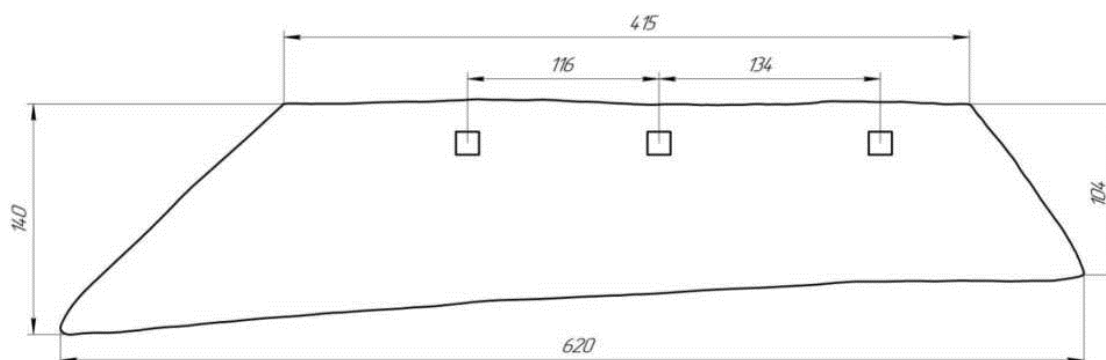


Рисунок 2 – Абрис лемеха изготовленного методом литья с наплавкой легирующего слоя в литейной форме

Figure 2 – Outline of a ploughshare made by casting with surfacing of an alloying layer in a casting mold

Краткая характеристика серийного и экспериментального лемехов, поставленных на испытания, приведены в таблице 1.

Проведение основных лабораторно-полевых исследований осуществлялось в УНЦП «Горная Поляна» на классических светло-каштановых почвах, имеющих коэффициент удельного сопротивления 7-12, низкое содержание органических остатков (гумуса – 1,5-2,5 %), влажность – 8-10 %. Сравнительные испытания лемехов до предельного износа проводились по видам работ, соответствующим основному их назначению, а именно, на осенней вспашке. Общие условия проведения испытаний характерны для Волгоградской области по рельефу, состоянию почвы и другим показателям качества работы.

Таблица 1 – Краткая характеристика экспериментальных лемехов

Table 1 – Brief characterization of the experimental shield

Опытный образец / Prototype	Основные параметры / Main parameters			
	Материал изготовления лемеха / Material the manufacture of the blade	Материал наплавляемого слоя / Material of the deposited layer	Метод изготовления лемеха / Ploughshare manufacturing method	Метод наплавки упроч. слоя / Method of surfacing the hardened layer
Серийный лемех пр-ва г.Рубцовск / Serial plowshare Rubtsovsk	Сталь 45 / Steel 45	Неизвестен / Unknown	Нарезка из лемешной полосы / Cutting from a ploughshare strip	Индукционная наплавка / Induction surfacing
Экспериментальный лемех изгот. методом литья / The experimental ploughshare is made casting method	Сталь 45 / Steel 45	порошок ПГ-С27 / powder PG-C27	Отливка в литейной форме / Casting in a casting mold	Поверхностное легирование при литье / Surface alloying during casting

Для достижения наиболее качественных результатов испытаний необходимо обеспечить эксплуатацию опытных серийных и экспериментальных лемехов при максимально возможных равных условиях. Оптимальным решением данной задачи является

ся одновременная установка обоих видов испытуемых лемехов на один агрегат с возможностью их распределения по корпусам в зависимости от степени нагрузки для достижения наиболее равных условий работы.

Наиболее подходящим под данные условия орудием является классический лемешно-отвальный плуг ПЛН-8-35, имеющий широкое распространение в условиях ведения сельского хозяйства в Волгоградской и многих других областях. Данный плуг предназначен для вспашки почв под зерновые и другие сельскохозяйственные культуры на максимальную глубину обработки до 30 см, на почвах с удельным сопротивлением – до $0,9 \text{ кг/см}^2$, твердостью – до 30 кг/см^2 , влажностью – 12-15 %, не имеющих в своем составе крупных камней, плитняка и других твердотельных объектов, которые могут привести к выводу орудия из строя. Плуг агрегируется с тракторами пятого тягового класса типа К-700, К-701, К-744, К-424, К-744Р, К-744Р1, МТЗ-3022. Исходя из этого для проведения испытаний был утвержден машинно-тракторный агрегат в составе трактора К-701 и плуга ПЛН-8-35. Процесс подготовки агрегата к проведению испытаний представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Подготовка МТА к проведению испытаний

Figure 3 – Preparation of the MTA for testing

Главными условиями работы являются полное и равномерное заглубление корпусов, отсутствие перекосов (параллельность рамы плуга поверхности почвы), устойчивость и равномерность хода, а также полная заделка растительности и отсутствие недовала пласта.

Экспериментальные опытные и серийные лемеха устанавливались на все корпуса плуга с периодическим чередованием для получения характеристики износа образцов, в зависимости от характера и интенсивности прилагаемых нагрузок, а также получения сведений о влиянии износа лемеха на качество работы агрегата в целом. Установленный экспериментальный лемех, изготовленный методом литья с поверхностным легированием на один из корпусов плуга, представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Корпус плуга с установленным лемехом, изготовленным методом литья с поверхностным легированием

Figure 4 – The body of the plough with the installed shingles produced by the method of casting with surface alloying

В ходе проведения испытания при достижении лемехами максимальной степени износа, приводящей к полной потере работоспособности, производили их замену на новые лемеха соответствующего варианта. Вышедшие из строя лемеха подвергались тщательной очистке, маркировались и отправлялись на проведение дальнейших исследований.

При проведении первичной технической экспертизы оценивали соответствие испытываемых экспериментальных и серийных образцов техническим условиям по качеству изготовления, определяли массу лемеха.

Для качественного контроля износа аналогичные замеры для всех экспериментальных лемехов проводили в процессе ведения и после завершения испытаний.

Результаты и обсуждение. Во время проведения испытаний основным контрольным периодом эксплуатации была принята одна рабочая смена и величина наработки, выполненной за ее время. После завершения каждой смены производился контроль возможных механических повреждений, определялась толщина и степень заострения режущей кромки лезвия, особое внимание уделялось контролю образования тыловой фаски с ее отрицательным углом и динамикой развития, оценивалось качество работы эффекта самозатачивания носка и лезвия лемеха. Если по каким-либо причинам опытный лемех терял работоспособность до завершения очередной смены, то данный факт отмечался в специальном журнале, где также указывалось время, наработка и причина выхода из строя. Один из моментов проведения контроля состояния лемеха после наработки в одну смену представлен на рисунке 5.

Тщательный контроль качества обработки почвы на предмет соответствия агротехническим требованиям также проводился ежесменно.

Во время проведения испытаний внимание уделялось стабильности и качеству работы машинно-тракторного агрегата в целом. Контролировались и оценивались такие параметры, как устойчивость хода плуга, стабильность глубины обработки, нагрузка на трактор. При выявлении каких-либо недостатков в работе агрегата, например, таких как самовыглубление, производилась остановка работ до выяснения и устранения выявленной причины с обязательным занесением данных в журнал испытаний. При проведении конечного анализа испытаний исследуемых образцов данные сведения играли определенную роль в оценке их качества и стабильности работы.



Рисунок 5 – Корпус плуга с установленным экспериментальным лемехом после сменной наработки

Figure 5 – The plow body with the installed experimental plowshare after a change of operating time

Выборка сравниваемых образцов осуществляется по следующим основным критериям: неравномерность глубины пахоты, превышающая пределы агротребований; выглубление плуга; поломка лемеха; предельный износ лемеха.

При определении средней долговечности лемехов выбранные образцы по причине поломки в расчет не принимаются.

При проведении внешнего осмотра представленных образцов грубых дефектов не выявлено. Качество изготовления всех образцов удовлетворительное. Поверхность наплавочного слоя обоих видов лемехов нареканий не вызывает.

Во время проведения испытаний опытные лемеха показали стабильное качество работы, без выявления возможных скрытых дефектов в результате брака производства, и в целом нареканий не вызывали. Экспериментальные лемеха продемонстрировали значительно превосходящую своего серийного аналога ресурсоемкость, при более равномерном износе. Так максимальная наработка на отказ экспериментальных лемехов, изготовленных методом литья с поверхностным легированием высокопрочным порошковым сплавом, составила 12 га, тогда как у лемехов производства ЗАО «Рубцовский завод запасных частей» этот показатель составил всего 4,7 га. Очевидную разницу в степени износа можно наблюдать на абрисе лемехов (рисунок 6).

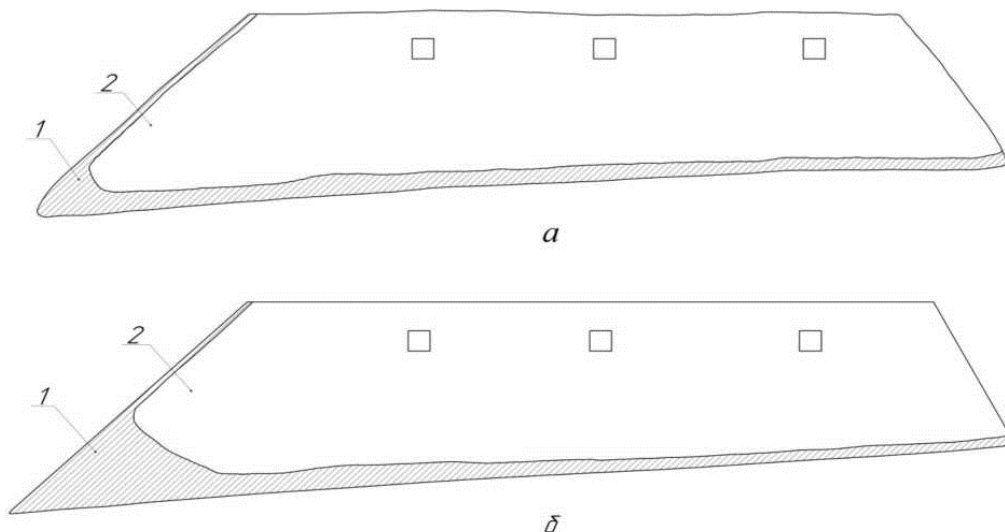


Рисунок 6 – Абрисы испытуемых лемехов:
 а – экспериментальный лемех; б – серийный лемех. 1 – новый лемех;
 2 – изношенный лемех

Figure 6 – Outlines of the tested ploughshares:
 a – experimental ploughshare; b – serial ploughshare. 1 – new ploughshare;
 2 – worn ploughshare

Проведя первичную оценку степени износа изношенных образцов путем внешнего осмотра, уже можно дать положительную оценку износостойкости экспериментальных образцов, что особенно проявляется в носовой части.

Существенную разницу в износостойкости лемехов также можно наблюдать по массовому методу оценки, на составленном специально для этого графике потери массы лемехов в ходе испытаний, который представлен на рисунке 7.

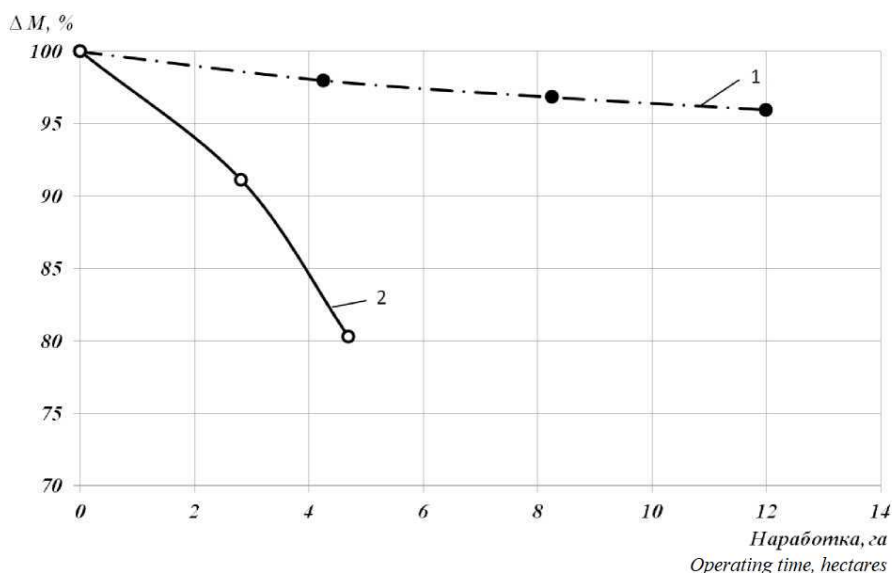


Рисунок 7 – График потери массы лемехов:
 1 – динамика износа экспериментального лемеха; 2 – динамика износа серийного лемеха

Figure 7 – Ploughshare mass loss graph:
 1 – wear dynamics of the experimental ploughshare; 2 – wear dynamics of the serial ploughshare

На основании этого можно сделать вывод, что изготовление и упрочнение лемехов по новой перспективной технологии имеет положительный результат в виде достижения равностойкости рабочих зон лемеха при его эксплуатации, что и позволило ему достичь столь высокой наработки.

Однако, несмотря на небольшой износ и хорошую износостойкость экспериментальных лемехов в целом, во время проведения испытаний начало происходить самовыглубление плуга, что и явилось основанием для их выбраковки при наработке на корпус 12 га.

Выводы. Работоспособность корпуса плуга определяется величиной износа лемеха, именно эта величина оказывает значительное влияние на энергетические и качественные показатели пахотного агрегата. Перспективной технологией изготовления лемеха плуга является их отливка из высокопрочного металла с упрочнением режущей кромки лемеха материалом из высоколегированных сплавов. Легированный слой лемеха, получаемого литьем, имеет значительно большую толщину и повышенную твердость по сравнению с наплавленным слоем, что позволяет повысить ресурс изделия. Ресурс экспериментальных лемехов практически втрое превышает ресурс своего серийного аналога и составляет 12 гектаров наработку на корпус, тогда как этот же показатель у серийного лемеха составляет всего 4,7 гектаров.

Библиографический список

1. Дорошенко В. С., Гнатуш В. А. Мировой рынок литья чугуна с шаровидным графитом. Состояние и перспективы развития // Вестник арматуростроителя. 2017. № 5. С. 112-119.
2. Костылева Л. В., Гапич Д. С., Моторин В. А. Комплексное влияние химического состава чугуна на структуру отбеленного слоя долота чизельного плуга // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2. С. 221-228.
3. Сильман Г. И., Макаренко К. В., Зенцова Е. А. Бейнитный высокопрочный чугун с шаровидным графитом // Металловедение и термическая обработка металлов. 2013. № 4. С. 3-8.
4. Формирование износостойких зонально-распределенных структур деталей орудий для почвообработки из высокопрочного чугуна / В. А. Моторин, Д. С. Гапич, Л. В. Костылева, А. Е. Новиков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4. С. 269-276.
5. Al-Sayed S. R., Elshazli A. M., Hussein A. H. A. Laser surface hardening of Ni-hard white cast iron // 2020 Metals. 2020. V. 10(6). N. 795. P. 1-19.
6. An investigation on the stability of austenite in Austempered Ductile Cast Iron (ADI) / S. Panneerselvam [et al.] // Materials Science and Engineering. 2015. Vol. 626. P. 237-246.
7. Composition and Tribological Properties of Hardened Cutting Blades of Tillage Machines under Abrasive Deterioration / A. E. Novikov, V. A. Motorin, M. I. Lamskova, M. I. Filimonov // Journal of Friction and Wear. 2018. Vol. 39. No. 2. P. 158-163.
8. Effect of the starting microstructure in the formation of austenite at the intercritical range in ductile iron alloyed with nickel and copper / H. D. Machado, R. Aristizabal-Sierra, C. Garcia-Mateo, I. Toda-Caraballo // International Journal of Metalcasting. 2020. V. 14 (3). P. 836-845.
9. Influence of cooling rate on the microstructure and properties of a new wear resistant carbide austempered ductile iron (CADI) / Y. Ch. Peng, H. J. Jin, J. H. Liu, G. L. Li // Materials Characterization. 2012. Vol. 72. P. 53-58.
10. Influence of solidification conditions on the microstructure of laser-surface-melted ductile cast iron / D. Janicki, J. Górka, W. Kwaśny, W. Pakiel, K. Matus // Materials. 2020. V. 13 (5). P. 1174.
11. Neutron diffraction monitoring of ductile cast iron under cyclic tension-compression / S. Harjo, S. Kubota, W. Gong, T. Kawasaki, S. Gao // Acta Materialia. 2020. V. 196. P. 584-594.
12. Non-single bionic coupling model for thermal fatigue and wear resistance of gray cast iron drum brake / D. Yu, T. Zhou, H. Zhou, H. Bo, H. Lu // Optics and Laser Technology. 2019. Vol. 111. P. 781-788.

13. Probabilistic Low Cycle Fatigue criterion for nodular cast-irons / F. Szmytka, E. Charkaluk, A. Constantinescu, P. Osmond // *International Journal of Fatigue*. 2020. 139. P. 105701.

14. Pyndak V. I., Novikov A. E. Tribotechnical and Energy Assessment of Parts of Working Members of Cultivating Machines After Carburizing and Laser Hardening // *Metal Science and Heat Treatment*. 2016. Vol. 58. No. 3-4. P. 226-230.

15. Surface alloying of gray cast iron with chromium by high current pulsed electron beam treatment / C. Li [et al.] // *Materials Research Express*. 2018. Vol. 5, Iss. 6. No. 066518.

Conclusions. The working capacity of the plow body is determined by the amount of wear on the plowshare. this value has a significant impact on the energy and quality indicators of the plow unit. A promising technology for manufacturing plowshares is their casting from high-strength metal, with hardening of the cutting edge of the plowshare with a material from high-alloy alloys. The alloyed layer of the ploughshare obtained by casting has a significantly greater thickness and increased hardness compared to the deposited layer, which allows you to increase the product life. The resource of experimental ploughshares is almost three times higher than the resource of its serial counterpart and is 12 hectares of operating time per case, while the same indicator for a serial ploughshare is only 4.7 hectares.

References

1. Doroshenko V. S., Gnatush V. A. World market for nodular cast iron. State and development prospects // *Bulletin of the valve-constructor*. 2017. No. 5. P. 112-119.

2. Kostyleva L. V., Gapich D. S., Motorin V. A. Complex influence of the chemical composition of cast iron on the structure of the bleached layer of a chisel plow chisel // *News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education*. 2016. No. 2. P. 221-228.

3. Silman G. I., Makarenko K. V., Zentsova E. A. Beinitny high-strength cast iron with spherical graphite // *Metallurgy and heat treatment of metals*. 2013. No. 4. P. 3-8.

4. Formation of wear-resistant zonal-distributed structures of details of tools for soil treatment from high-strength cast iron / V. A. Motorin, D. S. Gapich, L. V. Kostyleva, A. E. Novikov // *Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka I vyshe vocational education*. 2018. No. 4. P. 269-276.

5. Al-Sayed S. R., Elshazli A. M., Hussein A. H. A. Laser surface hardening of Ni-hard white cast iron // *2020 Metals*. 2020. V. 10(6). N. 795. P. 1-19.

6. An investigation on the stability of austenite in Austempered Ductile Cast Iron (ADI) / S. Panneerselvam [et al.] // *Materials Science and Engineering*. 2015. Vol. 626. P. 237-246.

7. Composition and Tribological Properties of Hardened Cutting Blades of Tillage Machines under Abrasive Deterioration / A. E. Novikov, V. A. Motorin, M. I. Lamskova, M. I. Filimonov // *Journal of Friction and Wear*. 2018. Vol. 39. No. 2. P. 158-163.

8. Effect of the starting microstructure in the formation of austenite at the intercritical range in ductile iron alloyed with nickel and copper / H. D. Machado, R. Aristizabal-Sierra, C. Garcia-Mateo, I. Toda-Caraballo // *International Journal of Metalcasting*. 2020. V. 14 (3). P. 836-845.

9. Influence of cooling rate on the microstructure and properties of a new wear resistant carbide austempered ductile iron (CADI) / Y. Ch. Peng, H. J. Jin, J. H. Liu, G. L. Li // *Materials Characterization*. 2012. Vol. 72. P. 53-58.

10. Influence of solidification conditions on the microstructure of laser-surface-melted ductile cast iron / D. Janicki, J. Górka, W. Kwaśny, W. Pakiel, K. Matus // *Materials*. 2020. V. 13 (5). P. 1174.

11. Neutron diffraction monitoring of ductile cast iron under cyclic tension-compression / S. Harjo, S. Kubota, W. Gong, T. Kawasaki, S. Gao // *Acta Materialia*. 2020. V. 196. P. 584-594.

12. Non-single bionic coupling model for thermal fatigue and wear resistance of gray cast iron drum brake / D. Yu, T. Zhou, H. Zhou, H. Bo, H. Lu // *Optics and Laser Technology*. 2019. Vol. 111. P. 781-788.

13. Probabilistic Low Cycle Fatigue criterion for nodular cast-irons / F. Szmytka, E. Charkaluk, A. Constantinescu, P. Osmond // *International Journal of Fatigue*. 2020. 139. P. 105701.

14. Pyndak V. I., Novikov A. E. Tribotechnical and Energy Assessment of Parts of Working Members of Cultivating Machines After Carburizing and Laser Hardening // Metal Science and Heat Treatment. 2016. Vol. 58. No. 3-4. P. 226-230.

15. Surface alloying of gray cast iron with chromium by high current pulsed electron beam treatment / C. Li [et al.] // Materials Research Express. 2018. Vol. 5, Iss. 6. No. 066518.

Authors Information

Gapich Dmitry Sergeevich - head of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Associate Professor, e-mail: gds-08@mail.ru.

Motorin Vadim Andreevich - associate Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: vmotorin001@yandex.ru.

Oleynikov Roman Nikolaevich - post-graduate student of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), e-mail: olejnikov.rom@yandex.ru.

Информация об авторах

Гапич Дмитрий Сергеевич – заведующий кафедрой «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), доктор технических наук, доцент, e-mail: gds-08@mail.ru.

Моторин Вадим Андреевич – доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, e-mail: vmotorin001@yandex.ru

Олейников Роман Николаевич, аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26). e-mail: olejnikov.rom@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-31

STUDY OF FREEZING MODES PLANT PRODUCTS CARBON DIOXIDE

E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, L. V. Lifentseva, A. N. Rasshchepkin

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
Kemerovo State University, Kemerovo*

Received 01.12.2020

Submitted 10.03.2020

Summary

The article provides a comparative analysis of the freezing of products of plant origin in the environment of gaseous and snow-like carbon dioxide with a temperature of minus $78 \pm 2^\circ\text{C}$. The most effective freezing regime in a carbon dioxide

Abstract

Introduction. One of the promising methods of refrigeration processing of food products is freezing with the use of carbon dioxide. An increase in temperature above minus 78.5°C triggers the sublimation mechanism, carbon dioxide from a solid state goes into gaseous, bypassing the liquid. During the sublimation process, a thermodynamic process takes place that facilitates the transfer of heat from the environment to the refrigerant. The refrigerating capacity of this process is 2 times higher in comparison with ordinary water, the indicator is $637\text{ kJ / kg at } 0^\circ\text{C}$, and in the process of sublimation of snow-like carbon dioxide, carbon dioxide is released, which is a harmless preservative that envelops perishable products. The use of carbon dioxide significantly expands the possibilities of cold storage in industrial and domestic conditions of food products. **Object.** The article analyzes the modes of freezing plant products with carbon dioxide, in which CO_2 was used both in the snow-like and in the gaseous state. For research, an experimental stand was developed, which made it possible to control changes in temperature and heat flow density of plant products in a wide range of temperatures, as

well as the duration of refrigeration treatment and the mass consumption of carbon dioxide during freezing. **Materials and methods.** The process of freezing mushrooms of champignons and cauliflower in the environment of gaseous and snow-like carbon dioxide was investigated. The thermograms of the freezing process in the environment of gaseous and snow-like carbon dioxide with a temperature of minus $78 \pm 2^\circ\text{C}$ are presented. The maximum value of the heat flux density was determined and the heat transfer coefficient was calculated during freezing of plant products in the environment of gaseous and snow-like carbon dioxide. **Results and conclusions.** A comparative analysis of the freezing of products of plant origin in the environment of gaseous and snow-like carbon dioxide with a temperature of minus $78 \pm 2^\circ\text{C}$ was carried out. with a temperature of minus $78 \pm 2^\circ\text{C}$. When plant products are frozen in an environment of snow-like carbon dioxide, the mass consumption of carbon dioxide decreases, the duration of freezing decreases, and moisture loss during defrosting decreases.

Key words: freezing, carbon dioxide, process thermograms, heat flux density, heat transfer coefficient.

Citation. Neverov E. N., Korotkiy I. A., Lifentseva L. V., Rasshchepkin A. N. Study of freezing modes plant products carbon dioxide. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 326-337 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-31.

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

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

УДК 641.664

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЗАМОРАЖИВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА

Е. Н. Неверов, доктор технических наук, профессор
И. А. Короткий, доктор технических наук, профессор
Л. В. Лифенцева, кандидат технических наук, доцент
А. Н. Расщепкин, доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет, г. Кемерово

Дата поступления в редакцию 01.12.2020

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность. Одним из перспективных методов холодильной обработки пищевых продуктов является замораживание с применением диоксида углерода. Повышение температуры выше минус $78,5^\circ\text{C}$ запускает механизм сублимации: углекислота из твердого состояния переходит в газообразное, минуя жидкое. Во время процесса сублимации происходит термодинамический процесс, который способствует передаче тепла от окружающей среды к холодильному агенту. Холодопроизводительность этого процесса в сравнении с обычной водой в 2 раза выше, показатель равен 637 кДж/кг при 0°C , а также в процессе сублимации снегообразного диоксида углерода выделяется углекислый газ, который является безвредным консервантом, обволакивающим скоропортящуюся продукцию. Применение диоксида углерода значительно расширяет возможности холодильного хранения в производственных и бытовых условиях пищевых продуктов. **Объект.** Проведен анализ режимов замораживания растительной продукции диоксидом углерода, в которых CO_2 применяли как в снегообразном, так и в газообразном состоянии. Для проведения исследований был разработан экспериментальный стенд, который позволил проводить контроль изменения температуры и плотности теплового потока растительной продукции в широком диапазоне температур, а также продолжительности холодильной обработки и массового расхода диоксида углерода при замораживании. **Материалы и методы.** Исследован процесс замораживания грибов шампиньонов и цветной капусты в среде газообразного и снегообразного диоксида углерода. Представлены термограммы процесса замораживания в среде газообразного и снегообразного диоксида углерода с температурой минус $78 \pm 2^\circ\text{C}$. Определено максимальное значение плотности теплового потока и рассчитан коэффициент теплоотдачи при замораживании продуктов растительного происхождения

в среде газообразного и снегообразного диоксида углерода. **Результаты и выводы.** Проведен сравнительный анализ замораживания продуктов растительного происхождения в среде газообразного и снегообразного диоксида углерода с температурой минус 78 ± 2 °С. с температурой минус 78 ± 2 °С. При замораживании растительной продукции в среде снегообразного диоксида углерода снижается массовый расход диоксида углерода, сокращается продолжительность замораживания, происходит снижение потери влаги при размораживании.

Ключевые слова: замораживание растительной продукции, диоксид углерода, способы замораживания продуктов, плотность теплового потока, коэффициент теплоотдачи.

Цитирование. Неверов Е. Н., Короткий И. А., Лифенцева Л. В., Расщепкин А. Н. Исследование режимов замораживания растительной продукции диоксидом углерода. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 326-337. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-31.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Рынок промышленного производства замороженной растительной продукции в России растет колоссальными темпами. В развитие ферм и закупку оборудования для выращивания грибов, цветной капусты и другой растительной продукции бизнес инвестирует миллиарды рублей [3].

Рынок промышленного производства такой продукции в России до 2012 года находился в застое и производил менее 18 % общего объема. За последние пять лет в стране заключили десятки контрактов на поставку оборудования, что вызвало двукратный рост рынка. Причиной роста стало продовольственное эмбарго, введенное в 2014 году [2, 9].

С этого момента наблюдается тенденция роста развития данной отрасли в России. В 2017 году на ежегодном мероприятии под названием «Дни российского грибоводства» голландская компания «Christiaens Group» совместно со своим российским партнером «Интерагро» подписала несколько соглашений о строительстве первых грибных комплексов полного цикла на территории России.

Количественный рывок был сделан в 2018 году. Он знаменателен введением в России трёх крупных производств: «Грибная радуга» в Курске, «Тандер» и «Русский гриб» в Краснодарском крае. По данным Росстата, за весь 2018 год крупные и мелкие хозяйства России поставили на рынок 16 088 тонн грибов и около 9000 тонн цветной капусты. По сравнению с 2017 годом прирост составил 66,2 %.

В отрасли происходит переломный момент. Европейские производители окончательно поняли: у подобных производств в России есть колоссальные перспективы, что доказывает сама динамика роста. Одновременно имеется неподдельный интерес к отрасли со стороны Министерства сельского хозяйства РФ и региональных властей [2].

В связи с этим производители растительной продукции стремятся найти более эффективные способы хранения готовой продукции. Низкие температуры приостанавливают развитие микроорганизмов и разложение питательных веществ. Замораживание и хранение при температурах около минус 18 °С и ниже – один из эффективных методов консервирования, хотя этот метод хранения более энергоемкий, чем классическое консервирование, но при правильном ведении процесса, замораживание позволяет сохранять в плодовых телах все ценные питательные компоненты. Цвет и форма их практически не изменяются на протяжении длительного времени.

Быстрый метод замораживания применим практически ко всем продуктам питания: мясу, рыбе, полуфабрикатам, яйцам и молочным продуктам, растительным и животным жирам и т.д. Данный способ обработки сохраняет в продуктах их пищевую ценность и качество. Шоковая заморозка и охлаждение сухим льдом позволяет реализовать товар на протяжении всего года в магазинах и супермаркетах [1, 9].

Наиболее передовым является замораживание с применением диоксида углерода. Данный способ замораживания значительно расширяет возможности холодильного хранения в производственных и бытовых условиях пищевых продуктов.

Материалы и методы. С целью изучения возможности применения диоксида углерода для холодильного хранения растительной продукции были проведены серии исследований, в которых CO_2 применяли как в снегообразном, так и в газообразном состоянии. Для проведения исследований был разработан экспериментальный стенд, который позволяет проводить контроль изменения температуры и плотности теплового потока растительной продукции в широком диапазоне температур, а также контролировать продолжительность холодильной обработки и массовый расход диоксида углерода при замораживании.

В качестве образцов использовали грибы шампиньоны и цветную капусту, т.к. срок хранения данных продуктов в свежем виде небольшой. Шампиньоны могут храниться в охлажденном состоянии от 2 до 3 суток в открытом виде. Срок хранения цветной капусты составляет около 10-14 дней. Также эти продукты схожи по форме.

Был исследован процесс замораживания грибов шампиньонов массой 1200 грамм в среде газообразного и снегообразного диоксида углерода с температурой минус 78 ± 2 °C. Начальная температура продуктов составляла 16 °C, а толщина вместе с ножкой подбиралась равной $30 \div 32$ мм. По толщине гриба были установлены три термодатчики. Первая – на поверхности, вторая – в его ножке и третья – в центре шляпки гриба.

Продукты укладывали в один ряд на поддоне, помещали в теплоизолированный контейнер, куда вводили газообразный диоксид углерода или перекладывали снегообразным диоксидом углерода. На поверхности был установлен датчик для измерения плотности теплового потока.

Основным экспериментальным материалом служили термограммы процесса, значение плотности теплового потока и значение коэффициента теплоотдачи.

Результаты и обсуждение. В результате проведенного исследования были построены термограммы процесса замораживания грибов шампиньонов и цветной капусты в среде газообразного и снегообразного диоксида углерода с температурой минус 78 ± 2 °C.

На рисунке 1 представлена термограмма процесса замораживания шампиньона в среде газообразного диоксида углерода с температурой минус 78 ± 2 °C.

Анализ термограммы показал, что поверхность гриба замораживается более интенсивно, в то время как ножка замораживается несколько медленнее, а самое продолжительное время замораживания происходит в толще шляпки гриба. Продолжительность замораживания шампиньонов в среде газообразного диоксида углерода составило 30 минут.

Из графиков замораживания видно, что на поверхности продукта начиная с 1 по 5 минуту происходит резкое снижение температуры, что связано с разницей начальной температуры продукта и температуры охлаждаемой среды. Начиная с 6 минуты температура на поверхности продукта плавно понижалась без каких-либо скачков до температуры минус 37 °C.

В ножке грибы с 1 по 6 минуту температура резко понизилась от начальной до минус 2 °С. Начиная с 7 минуты темп снижения температуры уменьшился. Замедление снижения температуры длилось 11 минут (с 7 по 18 минуты), температура изменялась на 1 °С, а затем с 19 минуты идет более резкое понижение температуры до минус 24 °С.

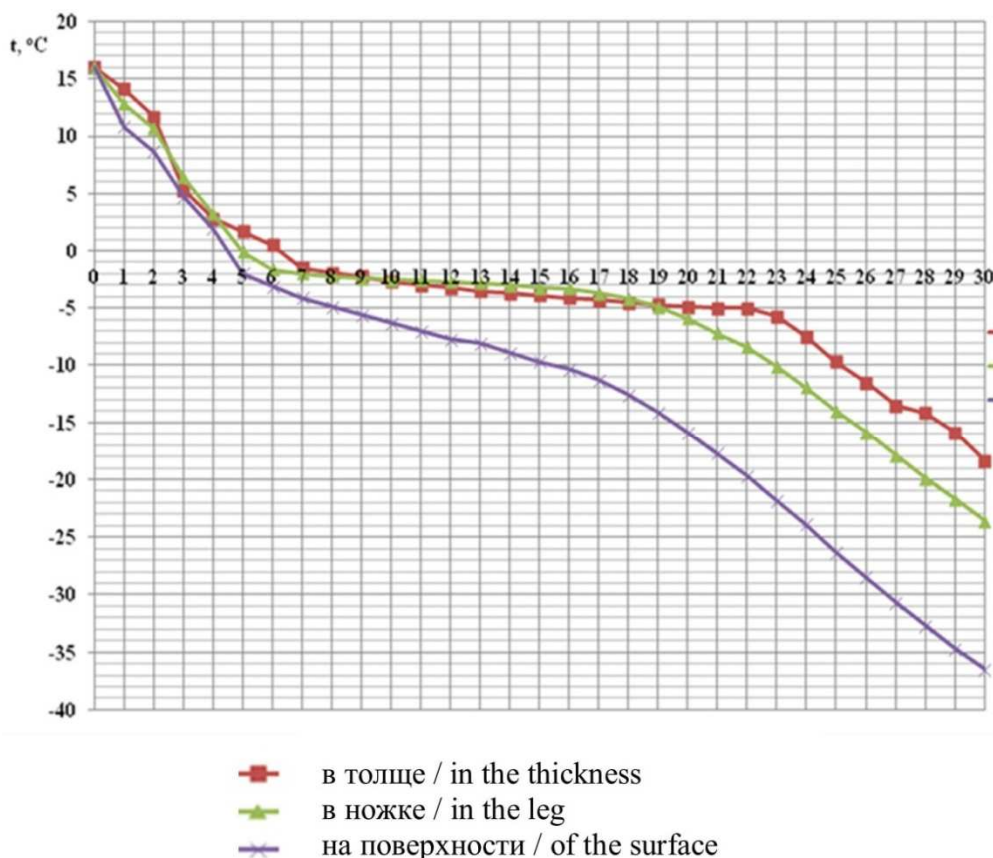


Рисунок 1 – Термограмма процесса замораживания шампиньона в среде газообразного диоксида углерода с температурой минус 78 ± 2 °С

Figure 1 – Thermogram of the champignon freezing process in the atmosphere of gaseous carbon dioxide with a temperature of minus 78 ± 2 °С

В центре шляпки гриба резкое снижение температуры длилось 7 минут. А затем с 8 по 18 минуту идет замедление темпа снижения температуры. После чего температура плавно снижалась на 1 °С до 12 минуты. С 19 по 22 минуту температура практически не изменялась и находилась в пределах минус 5 °С.

Это связано с достижением криоскопической температуры в толще шляпки гриба. Переход воды в лед сопровождается вымораживанием влаги и увеличением концентрации минералов, растворенных в воде содержавшего продукта, что сильно влияет на скорость кристаллообразования. С 23 минуты начинается более резкое понижение температуры до минус 19 °С, что говорит о существенном переходе воды в лед.

Также из графика видно, что продукт замораживается с разной скоростью. Это связано с интенсивностью теплообмена и изменением концентрации при кристаллообразовании в тканях продукта.

При дефростации грибов масса продукта составила 1000 граммов, что показывает усушку продукта на 200 граммов, при этом расход диоксида углерода на замораживание составил 300 граммов.

Максимальное значение плотности теплового потока на наружной поверхности гриба $q_{\max} = 830 \text{ Вт/м}^2$, данная величина достигнута в первоначальный момент времени, когда разница температур между охлаждающей средой и температурой охлаждаемого объекта максимальна, что показывает интенсивный процесс теплоотвода от поверхности продукта, а следовательно, и максимальную плотность теплового потока.

При дальнейшем снижении температуры наблюдается падение плотности теплового потока и в конце процесса замораживания приближается к минимальным значениям.

Максимальное значение коэффициента теплоотдачи рассчитывали, используя экспериментально полученное значение максимальной плотности теплового потока, связанное зависимостью (1):

$$\alpha_{\max} = \frac{q}{t_{\text{п}} - t_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где $t_{\text{п}}$, $t_{\text{ср}}$ – температура, соответственно, поверхности образца и охлаждающей среды, °C [7].

Максимальный коэффициент теплоотдачи получили равным $\alpha_{\max} = 22,37 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

На рисунке 2 представлена термограмма процесса замораживания шампиньонов в среде снегообразного диоксида углерода с температурой минус $78 \pm 2^\circ\text{C}$.

Анализ термограммы показал, что продолжительность замораживания шампиньонов в среде снегообразного диоксида углерода составила 20 минут.

Из графиков видно, что начиная с 1 по 5 минуту происходит резкое снижение температуры не только на поверхности шляпки гриба, но и в его ножке и в центре шляпки. Начиная с 6 минуты, температура на поверхности продукта плавно понижалась в течение 5 минут, без каких-либо существенных колебаний, а с 12 минуты наблюдается резкое понижение температуры до минус 30°C . Темп снижения температуры в ножке гриба и центре шляпки сильно замедлился начиная с 6 минуты. В ножке гриба замедление снижения температуры длилось в течение 5 минут (с 6 по 10 минуты).

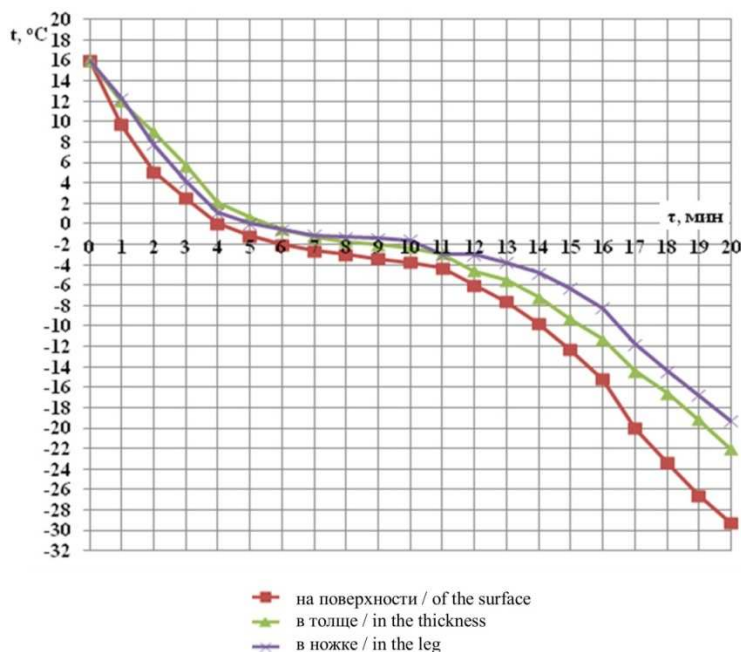


Рисунок 2 – Термограмма процесса замораживания шампиньона в среде снегообразного диоксида углерода с температурой минус $78 \pm 2^\circ\text{C}$

Figure 2 – Thermogram of the champignon freezing process in the environment of snow-like carbon dioxide with a temperature of $\text{minus } 78 \pm 2^\circ\text{C}$

Температура находилась в пределах минус 1 °С, после чего с 11 минуты происходит резкое понижение температуры в течение 1 минуты до минус 3 °С. Начиная с 13 минуты наблюдается резкое понижение температуры до температуры минус 19 °С.

В центре шляпки гриба начиная с 8 минуты температура не изменялась в течение 3 минут и находилась на уровне минус 2 °С, что соответствует образованию криоскопической площадки в центре шляпки гриба, а затем, начиная с 11 минуты, происходит резкое понижение температуры до минус 22 °С, что соответствует льдообразованию.

Из термограммы видно, что продукт замораживается с разной скоростью, но имеет не такой сильный разброс температур, как замораживание в среде газообразного диоксида углерода.

При дефростации грибов масса продукта составила 1100 грамм, что показывает усушку продукта на 100 грамм. Расход диоксида углерода составил 190 грамм.

Максимальное значение плотности теплового потока на наружной поверхности гриба $q_{\max} = 2795 \text{ Вт/м}^2$.

Максимальный коэффициент теплоотдачи получили равным $\alpha_{\max} = 31,87 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

Проанализировав термограмму замораживания грибов в среде газообразного и снегообразного диоксида углерода, можем сделать вывод, что интенсивность замораживания в среде снегообразного диоксида углерода гораздо выше, чем в среде газообразного диоксида углерода.

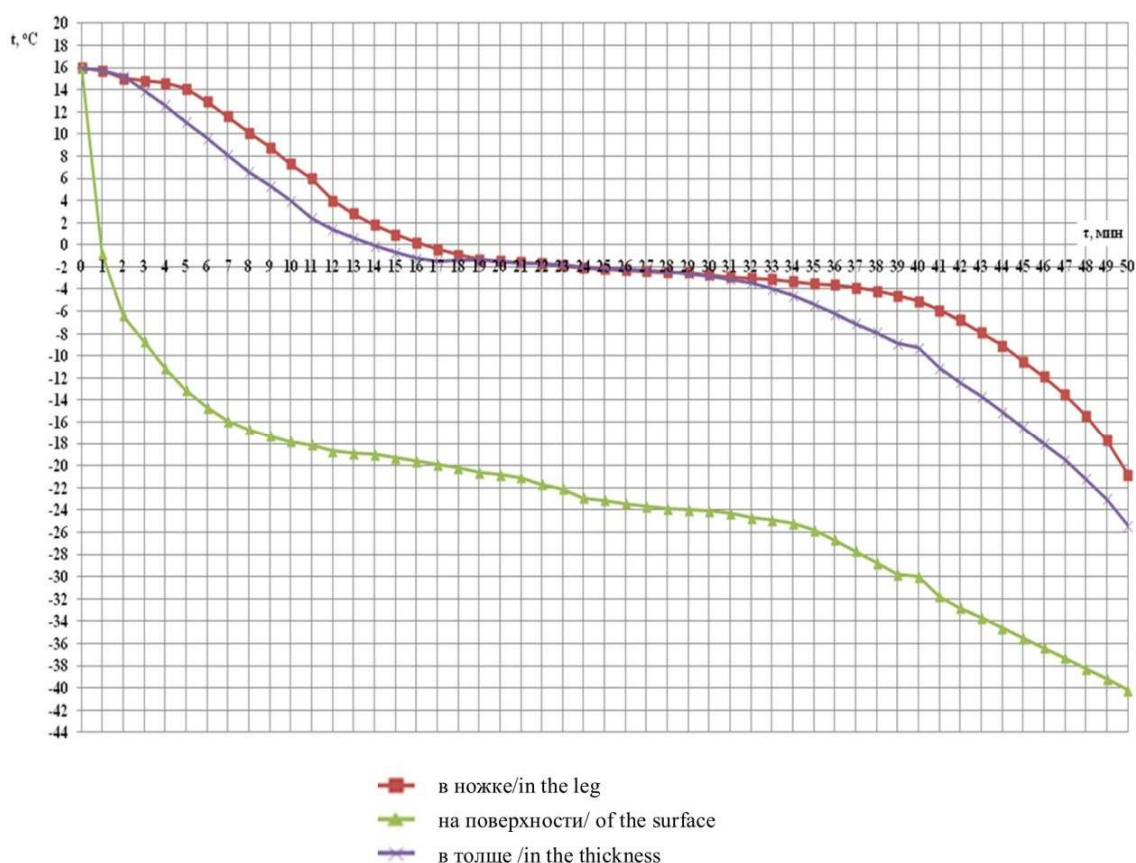


Рисунок 3 – Термограмма процесса замораживания цветной капусты в среде газообразного диоксида углерода с температурой минус 78 ± 2 °С

Figure 3 – Thermogram of the cauliflower freezing process in the atmosphere of gaseous carbon dioxide with a temperature of minus 78 ± 2 °C

Это объясняется тем, что снегообразный диоксид углерода обладает наилучшими термодинамическими свойствами, что существенно влияет на процесс замораживания. О чем показывает площадка криоскопической температуры, которая была достигнута на 12 минут раньше, чем в среде газообразного диоксида углерода.

Об интенсивности процесса замораживания в среде снегообразного диоксида углерода свидетельствуют максимальное значение плотности теплового потока на наружной поверхности гриба и значение максимального коэффициента теплоотдачи.

Плотность теплового потока увеличилась в 3,37 раз, а коэффициент теплоотдачи – в 1,42 раза. Продолжительность процесса замораживания сократилась в 1,5 раза. А это существенно влияет на усушку продукта, которая уменьшилась в среде снегообразного диоксида углерода ровно наполовину.

На рисунке 3 представлена термограмма процесса замораживания цветной капусты в среде газообразного диоксида углерода с температурой минус 78 ± 2 °С. Масса цветной капусты 1200 грамм.

Три термопары были установлены в геометрическом центре продукта (на глубине 10 мм), в толще (на глубине 5 мм) и в подкожном слое. Датчик для измерения плотности теплового потока был установлен на поверхности цветной капусты.

Анализ термограммы показал, что поверхность цветной капусты замораживается более интенсивно, в то время как процесс замораживания в геометрическом центре и в толще капусты проходит гораздо медленнее. Продолжительность замораживания цветной капусты в среде газообразного диоксида углерода составила 50 минут.

Из графиков замораживания видно, что на поверхности продукта начиная с 1 по 7 минуту происходит резкое снижение температуры с 16 °С до минус 16 °С. Это, также как и в предыдущем эксперименте, связано с разницей начальной температуры продукта и температурой охлаждаемой среды, которая в начальный момент времени максимальна.

Начиная с 8 по 31 минуту температура на поверхности продукта плавно понижается, без каких-либо существенных колебаний и находится в пределах минус 18 °С ÷ минус 24 °С, после чего с 32 по 50 минуту происходит резкое падение температуры до минус 50 °С.

В толще, на глубине 5 мм, с 1 по 17 минуту температура в первоначальный момент времени резко понизилась до минус 1 °С. Начиная с 18 по 30 минуту темп снижения температуры не изменился и находился в пределах минус 2 °С, затем с 31 по 50 минуту происходит резкое снижение температуры до минус 26 °С.

В геометрическом центре капусты, на расстоянии 10 мм, также происходит резкое снижение температуры от начальной до минус 2 °С. Это снижение температуры составило 18 минут. А затем с 19 по 32 температура не изменялась и находилась в пределах минус 2 °С, что можно связать с достижением криоскопической температуры в геометрическом центре на толщине 10 мм.

Далее с 33 по 38 минуту идет плавное понижение температуры до минус 5 °С и с 39 минуты происходит более интенсивное снижение температуры до минус 21 °С. Также из графика видно, что продукт замораживается с разной скоростью.

При дефростации цветной капусты масса продукта составила 950 грамм, что показывает усушку продукта на 250 грамм, а расход диоксида углерода составил 280 грамм.

Максимальное значение плотности теплового потока на наружной поверхности цветной капусты $q_{\max} = 600$ Вт/м².

Максимальный коэффициент теплоотдачи получили равным $\alpha_{\max} = 15,68$ Вт/м²К.

На рисунке 4 представлена термограмма процесса замораживания цветной капусты в среде снегообразного диоксида углерода.

Анализ термограммы показал, что продолжительность замораживания цветной капусты в среде снегообразного диоксида углерода составила 34 минуты.

Из графиков видно, что на поверхности продукта начиная с 1 по 6 минуту происходит резкое снижение температуры до минус 4 °С. Начиная с 7 минуты, температура плавно понижается в течение 18 минут до минус 9 °С. Затем, начиная с 26 минуты, происходит резкое понижение температуры до минус 28 °С.

Темп снижения температуры в толще капусты на глубине 5 мм и в геометрическом центре на глубине 10 мм практически идет одинаково. С 1 по 9 минуту сопровождается резким понижением температуры от начальной до минус 2 °С, а затем по 24 минуте в толще на глубине 5 мм происходит замедление снижения температуры в течение 15 минут.

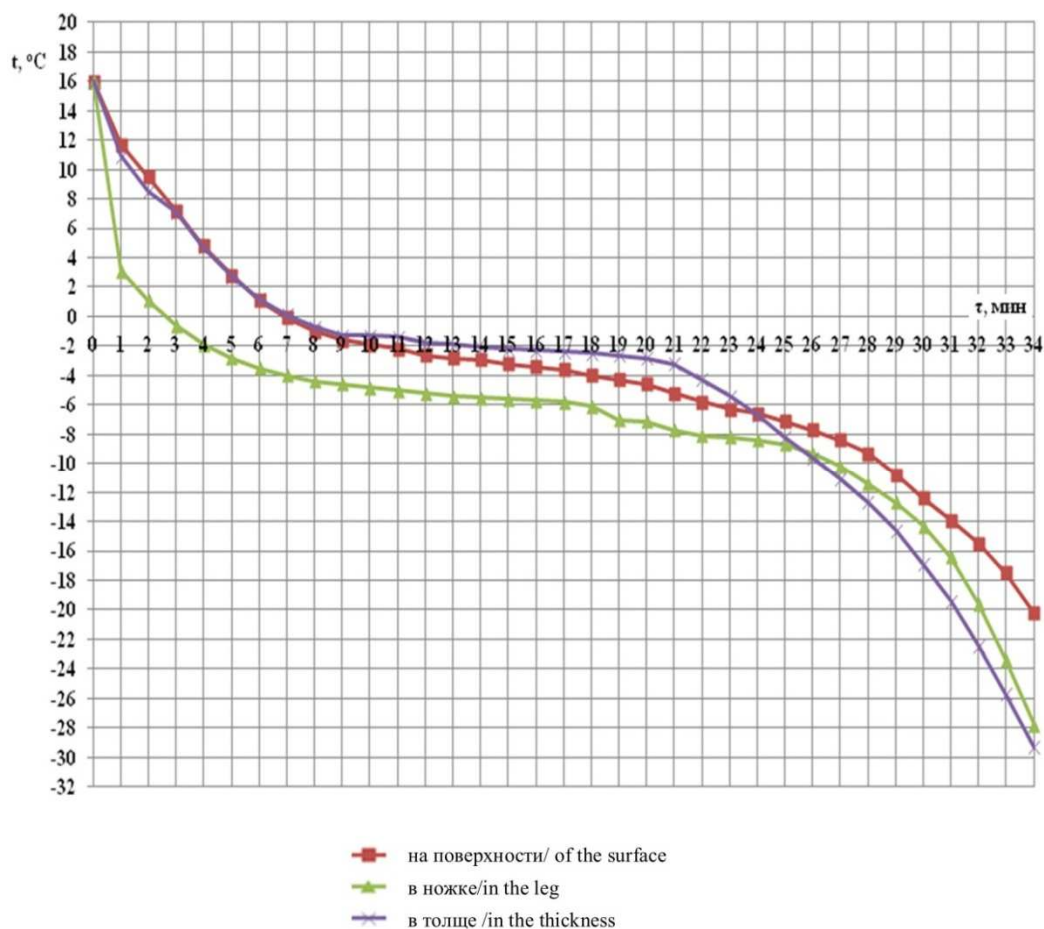


Рисунок 4 – Термограмма процесса замораживания цветной капусты в среде снегообразного диоксида углерода с температурой минус 78 ± 2 °С

Figure 4 – Thermogram of the cauliflower freezing process in the environment of snow-like carbon dioxide with a temperature of minus 78 ± 2 °C

Температура плавно понижается до минус 7 °С, а начиная с 25 минуты происходит резкое падение температуры до минус 20 °С.

В геометрическом центре цветной капусты на глубине 10 мм, начиная с 10 по 12 минуте, происходит небольшое повышение температуры до -1 °С. Это объясняется выделением скрытой теплоты кристаллизации. После чего с 13 минуты температура продолжает понижаться до минус 2 °С и остается постоянной в течение 4 минут. Вырисовывается площадка, соответствующая криоскопической температуре.

Начиная с 17 минуты, температура плавно понижается до минус 3 °С в течение 5 минут, а затем происходит резкое снижение температуры до минус 29 °С, что соответствует процессу замораживания.

При дефростации цветной капусты масса продукта составила 1070 граммов, что показывает усушку продукта на 130 граммов. Расход диоксида углерода составил 160 граммов.

Максимальное значение плотности теплового потока на наружной поверхности цветной капусты $q_{\max} = 1875 \text{ Вт/м}^2$.

Максимальный коэффициент теплоотдачи получили равным $\alpha_{\max} = 20,90 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

Анализ термограммы замораживания цветной капусты в среде газообразного и снегообразного диоксида углерода подтвердил, что интенсивность процесса замораживания в среде снегообразного диоксида углерода гораздо выше. Продолжительность замораживания сократилась в 1,47 раз. Усушка продукта уменьшилась почти в 2 раза.

Максимальное значение плотности теплового потока увеличилось в 3 раза, а максимальное значение коэффициента теплоотдачи увеличилось в 1,33 раза.

Площадка криоскопической температуры образовалась на 6 минут раньше, что говорит об интенсивности процесса в среде снегообразного диоксида углерода.

Выводы. Таким образом, можно сделать вывод, что замораживание растительной продукции в среде диоксида углерода позволяет интенсифицировать процесс замораживания в отличие от традиционных способов.

При замораживании растительной продукции в среде снегообразного диоксида углерода снижается массовый расход диоксида углерода, сокращается продолжительность замораживания, что приводит к увеличению оборачиваемости скороморозильных аппаратов, кроме того, при использовании снегообразного CO_2 происходит снижение потери влаги при размораживании продукта.

Библиографический список

1. Берестова А. В., Зинюхин Г. Б., Манеева Э. Ш. Особенности криообработки растительного сырья // Вестник Оренбургского государственного университета. Оренбург, 2015. С. 130-136.
2. Исследование параметров процесса теплообмена при сублимации диоксида углерода / Е. Н. Неверов, И. А. Короткий, И. Б. Плотников, П. С. Коротких, А. А. Кожаев // Вестник КрасГАУ. 2020. № 6. С. 215-220.
3. Неверов Е. Н. Аппарат для холодильной обработки пищевых продуктов с рециркуляцией диоксида углерода // Вестник Международной академии холода. 2016. № 1. С. 60-65.
4. Неверов Е. Н. Охлаждение рыбы снегообразным диоксидом углерода // Вестник Международной академии холода. 2014. № 2. С. 53-58.
5. Неверов Е. Н., Коротких П. С. Исследование процесса теплообмена при охлаждении форели с применением диоксида углерода // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 3. С. 383-389.
6. Неверов Е. Н., Лифенцева Л. В., Усов А. В. Определение процессовых характеристик быстрого замораживания продуктов методом непрерывного и дискретного теплоотвода // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 1. С. 104-112.
7. Неверов Е. Н. Анализ способов охлаждения неразделанной рыбы диоксидом углерода // Вестник Международной академии холода. 2018. № 2. С. 55-60.
8. Неверов Е. Н. Разработка и исследование режимов работы аппарата для охлаждения тушек птицы // Вестник КрасГАУ. 2016. № 2. С. 68-72.
9. Применение диоксида углерода для холодильной обработки мяса с высоким содержанием белка / Е. Н. Неверов, И. А. Короткий, П. С. Коротких, А. Н. Гринюк // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Сельскохозяйственные науки. 2020. № 3 (59). С. 281-288.

10. Neverov E. N., Korotkiy I. A., Korotkaya E. V. An investigation of the process of producing the snow carbon dioxide // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019.

11. Prospects for using pine nut products in the dairy industry / L. S. Dyshluka [et al.] // Open Access Foods and Raw Materials. 2018. Vol. 6. No. 2.

12. The Method of Carbon-Dioxide Recovery in Fish-Processing Industry / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, P. S. Korotkih [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 224. № 1.

Conclusions. Thus, we can conclude that freezing plant products in carbon dioxide allows you to intensify the freezing process, in contrast to traditional methods.

When freezing plant products in an environment of snow-like carbon dioxide, the mass consumption of carbon dioxide decreases, the duration of freezing decreases, which leads to an increase in the turnover rate of freezers, in addition, when using snow-like CO₂, there is a decrease in moisture loss during defrosting.

Reference

1. Berestova A. V., Zinyukhin G. B., Maneyeva E. Sh. Features of cryoprocessing of vegetable raw // Bulletin of the Orenburg State University. Orenburg, 2015. P. 130-136.

2. Investigation of the parameters of the heat exchange process during sublimation of carbon dioxide / E. N. Neverov, I. A. Short, I. B. Plotnikov, P. S. Korotkikh, A. A. Kozhaev // Bulletin of KrasGAU. 2020. No. 6. P. 215-220.

3. Neverov E. N. Apparatus for refrigeration processing of food products with carbon dioxide recirculation // Bulletin of the International Academy of Cold. 2016. No. 1. P. 60-65.

4. Neverov E. N. Cooling fish with snow-like carbon dioxide // Bulletin of the International Academy of Cold. 2014. No. 2. P. 53-58.

5. Neverov E. N., Korotkikh P. S. Investigation of the process of heat exchange during cooling of trout using carbon dioxide // Technics and technology of food production. 2019. V. 49. No. 3. P. 383-389.

6. Neverov E. N., Lifentseva L. V., Usov A. V. Determination of the process characteristics of fast freezing of products by the method of continuous and discrete heat removal // Technics and technology of food production. 2019. V. 49. No. 1. P. 104-112.

7. Neverov E. N. Analysis of methods of cooling uncut fish with carbon dioxide // Bulletin of the International Academy of Cold. 2018. No. 2. P. 55-60.

8. Neverov E. N. Development and research of operating modes of the apparatus for cooling poultry carcasses // Bulletin of KrasGAU. 2016. No. 2. P. 68-72.

9. Application of carbon dioxide for refrigeration processing of meat with high protein content / E. N. Neverov, I. A. Short, P. S. Korotkikh, A. N. Grinyuk // Bulletin of the Lower Volga agro-university complex: Agricultural sciences. 2020. No. 3 (59). P. 281-288.

10. Neverov E. N., Korotkiy I. A., Korotkaya E. V. An investigation of the process of producing the snow carbon dioxide // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019.

11. Prospects for using pine nut products in the dairy industry / L. S. Dyshluka [et al.] // Open Access Foods and Raw Materials. 2018. Vol. 6. No. 2.

12. The Method of Carbon-Dioxide Recovery in Fish-Processing Industry / E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, P. S. Korotkih [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 224. № 1.

Authors Information

Neverov Evgeniy Nikolayevich, Professor of the Department of Heating and Cooling Engineering of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University» (RF, 650043, Kemerovo, Krasnaya str., 6), Doctor of Technical Sciences, tel. 89235215385, e-mail: neverov42@mail.ru

Korotkiy Igor Alekseevich, Head of the Department of Heating and Cooling Engineering of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kemerovo State University», (RF, 650043, Kemerovo, Krasnaya st., 6), Doctor of Technical Sciences, tel. 7 (3842) 39-68-70, e-mail: krot69@mail.ru

Lifentseva Lyudmila Vladimirovna, Associate Professor of the Department of Heating and Cooling Engineering, Kemerovo State University, (RF, 650043, Kemerovo, Krasnaya st., 6), Ph.D., tel. 89043780815, e-mail: milka61-08@mail.ru

Raschepkin Alexander Nikolaevich, Professor of the Department of Heat and Cooling Engineering of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kemerovo State University", (RF, 650043, Kemerovo, Krasnaya st., 6), Doctor of Technical Sciences, tel. 89134028736, e-mail: technoholod@mail.ru

Информация об авторах

Неверов Евгений Николаевич, профессор кафедры теплохладотехники ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», (РФ, 650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6), доктор технических наук, тел. 89235215385, e-mail: neverov42@mail.ru

Короткий Игорь Алексеевич, заведующий кафедрой теплохладотехники ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», (РФ, 650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6), доктор технических наук, тел. 7 (3842) 39-68-70, e-mail: krot69@mail.ru

Лифенцева Людмила Владимировна, доцент кафедры теплохладотехники ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», (РФ, 650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6), кандидат технических наук, тел. 89043780815, e-mail: milka61-08@mail.ru

Расщепкин Александр Николаевич, профессор кафедры теплохладотехники ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», (РФ, 650043, г. Кемерово, ул. Красная, 6), доктор технических наук, тел. 89134028736, e-mail: technoholod@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-32

DEVELOPMENT AND SIMULATION OF THE OPERATION OF A TWO-STAGE SEDIMENTATION FOR TREATMENT OF URBAN WASTE WATER

A.E. Novikov¹, M.I. Filimonov¹, E.A. Dugin¹, S.V. Tronev²

¹*Federal State Budget Institution*

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

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 01.02.2021

Submitted 10.03.2021

*The article was prepared with the support of the grant
of the President of the Russian Federation MD-311.2020.11.*

Summary

The article presents the results of a study of urban wastewater treatment in a standard sump and in a sump with aeration elements to disperse fine air bubbles. The calculation was carried out for the treatment facilities of a settlement per 100,000 people.

Abstract

Introduction. One of the main reasons for the increase in the ecological tension of aquatic ecosystems remains the discharge into water bodies of domestic wastewater containing suspended and toxic substances, including pathogenic microorganisms. This is due to the imperfection of water treatment technologies, including due to wear and tear of utility networks and violations in the technological process, accompanied by burst emissions. With a rational approach to the use of water resources and the use of modern scientific and technological advances in wastewater treatment processes, a well-prepared liquid phase can be used for irrigation needs in agricultural production of crop products. Thus, the aim of the study was to intensify the process of urban wastewater treatment by agglomeration of suspended particles without the use of flocculants. The paper describes the design of a sedimentation tank with aeration elements for clarifying urban wastewater, providing an increase in the efficiency of sedimentation of suspended solids. Dispersion of finely dispersed air bubbles promotes collision and enlargement of aggregate-unstable elements without the use of coagulants and flocculants. **Object.** The object of research is urban wastewater, its component composition and the efficiency of gravity in sedimentation tanks of various configurations. **Materials and methods.** As a result of

the analysis of the operation of a standard sump, a modernization option was proposed using aeration elements that ensure fine dispersion of air bubbles. The basis of the sump is a cylindrical reinforced concrete tank with a conical bottom, which provides collection and accumulation of settled sludge. Sediment troughs made of polymer sheets are installed inside the cylindrical part. To intensify the separation of suspended solids, the lower walls of the troughs are made inclined with slotted slots connecting the working area of the sedimentary troughs with the sludge chamber. From the outer part of the gutters along their entire length, aerators are located, providing fine dispersion of air bubbles. On the basis of deterministic and stochastic modeling approaches, an algorithm for calculating the efficiency of gravitational wastewater clarification is proposed. The main indicator of the efficiency of the sedimentation tanks is the integral degree of purification, calculated as the sum of the local degrees of collection. **Results and conclusion.** During the operation of a two-tier sedimentation tank, contaminated wastewater enters a reinforced concrete cylindrical tank and is distributed along sedimentary troughs. To turbulize the flow of wastewater and intensify the oxidation of nutrients along the entire length of the gutters, fine-bubble aerators are installed on the outside. The action of these factors ensures the collision of suspended solids and their agglomeration. The formed sludge sediment, sedimented on the inclined parts of the gutters, slides through the slots into the sludge chamber. Here it gathers and condenses. Further, streams of purified water from sediment troughs and sludge chamber are mixed in the outlet header and fed to the next stages of treatment. As a result of simulation modeling, it was found that all considered sedimentation tanks provide the same efficiency of urban wastewater clarification at the level of 0.97 with a nominal particle diameter of the dispersed phase of 425 microns. To achieve the specified clarification efficiency, the required settling surface of a standard clarifier is 90.3 m². When using the proposed design with aeration elements and an air flow rate of 2 m³/(m²·h), the deposition surface is reduced to 87.14 m². An increase in air consumption up to 52 m³/(m²·h) reduces the required clarification surface to 83.98 m².

Key words: urban waste water, two-level sump, purification degree, deposition surface.

Citation. Novikov A.E., Filimonov M.I., Dugin E.A., Tronev S.V. Development and simulation of the operation of a two-stage sedimentation for treatment of urban waste water. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 337-347 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-32.

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

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

УДК 631.363.282

РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ДВУХЪЯРУСНОГО ОТСТОЙНИКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

А. Е. Новиков¹, доктор технических наук
М. И. Филимонов¹, младший научный сотрудник
Е. А. Дугин¹, аспирант
С. В. Тронеv², доктор технических наук

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

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 01.02.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

**Статья подготовлена при поддержке гранта Президента Российской Федерации
МД-311.2020.11.**

Актуальность. Одной из основных причин усиления экологической напряженности водных экосистем остается сброс в водоемы хозяйственно-бытовых сточных вод, содержащих токсичные вещества и патогенные микроорганизмы. Это связано с несовершенством техноло-

гий водоподготовки, в том числе из-за износа коммунальных сетей и нарушений в технологическом процессе, сопровождающемся залповыми выбросами. Снижение антропогенной нагрузки на водные объекты возможно путем ретехнологизации различных стадий обработки сточных вод. В работе описана конструкция отстойника с аэрационными элементами для осветления городских сточных вод, обеспечивающая повышение эффективности седиментации взвешенных веществ. Диспергирование мелкодисперсных пузырьков воздуха способствует столкновению и укрупнению агрегатно-неустойчивых элементов без использования коагулянтов и флокулянтов. **Объект.** Объектом исследования являются городские сточные воды, их компонентный состав и эффективность гравитационного осветления в отстойниках различной конфигурации. **Материалы и методы.** В результате анализа работы стандартного отстойника был предложен вариант модернизации с использованием аэрационных элементов, обеспечивающих мелкодисперсное диспергирование пузырьков воздуха. На основе детерминированного и стохастического подходов моделирования предложен алгоритм расчета эффективности гравитационного осветления сточных вод. Основным показателем эффективности работы отстойников выбрана интегральная степень очистки, рассчитываемая как сумма локальных степеней улавливания. **Результаты и выводы.** В результате имитационного моделирования установлено, что все рассматриваемые отстойники обеспечивают одинаковую эффективность осветления городских сточных вод на уровне 0,97 при номинальном диаметре частиц дисперсной фазы 425 мкм. Для обеспечения указанной эффективности осветления требуемая поверхность осаждения стандартного отстойника составляет 90,3 м². При использовании предложенной конструкции с аэрационными элементами и расходом воздуха 2 м³/(м²·ч) поверхность осаждения снижается до 87,14 м². Увеличение расхода воздуха до 5 2 м³/(м²·ч) способствует сокращению требуемой поверхности осветления до 83,98 м².

Ключевые слова: городские сточные воды, двухъярусные отстойники, степень очистки сточных вод, очистка сточных вод.

Цитирование. Новиков А. Е., Филимонов М. И., Дугин Е. А., Тронеv С. В. Разработка и моделирование работы двухъярусного отстойника для очистки городских сточных вод. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 337-347. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-32.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Высокие темпы глобальной урбанизации и рост численности населения обуславливают возникновение дефицита пресной воды и ежегодное увеличение объемов хозяйственно-бытовых сточных вод. Многие исследователи сходятся во мнении, что современные системы водоснабжения и канализации должны обеспечивать не только управление водными ресурсами, но и восстановление их природного потенциала [11, 16]. Основным направлением использования очищенных стоков выступает сельскохозяйственный сектор экономики, который ежегодно потребляет до 70 % водных ресурсов от общего объема водозабора [14]. В состав городских сточных вод входит широкий спектр химических элементов, таких как мышьяк As, кобальт Co, свинец Pb и биогенные вещества, которые оказывают негативное воздействие на здоровье людей и животных. Поэтому безопасное использование стоков в оросительных мелиорациях возможно лишь после их предварительной обработки на очистных сооружениях. Рассмотрение городской канализационной инфраструктуры предполагает поступление в нее хозяйственно-бытовых сточных вод, сформированных в результате жизнедеятельности населения, и поверхностного стока, состоящего из дождевых и талых вод. На рисунке 1 представлены основные загрязняющие вещества, находящиеся в таких стоках [9].

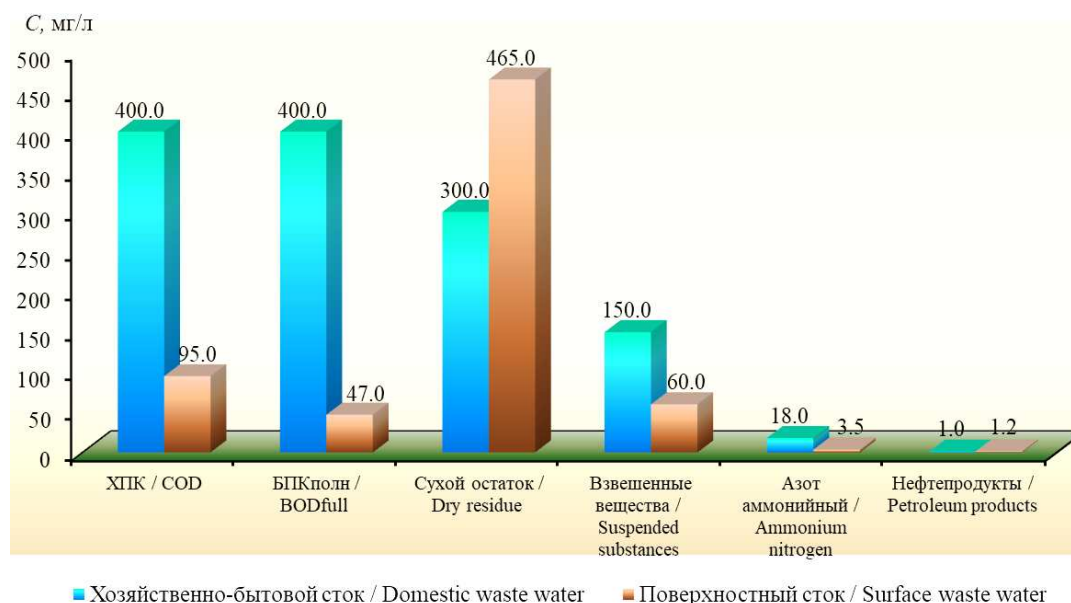


Рисунок 1 – Компонентный состав городских сточных вод

Picture 1 – Component composition of urban wastewater

Анализируя представленные данные, можно сделать вывод, что одним из основных загрязнителей являются механические примеси и биогенные элементы, находящиеся во взвешенном состоянии.

На очистных сооружениях для удаления взвешенных веществ широкое распространение получили отстойники. Повсеместное применение этих аппаратов обусловлено простотой их конструкции, высокой энергоэффективностью и длительным сроком эксплуатации. Основным недостатком отстойников остается недостаточная степень улавливания мелкодисперсных примесей, находящихся во взвешенном состоянии. В результате многолетних исследований китайскими учеными установлено, что средний показатель эффективности работы очистных сооружений Китая составляет 0,51. Авторы отмечают необходимость совершенствования существующих технологий обработки городских стоков [13]. Анализ работы отечественных очистных сооружений показал, что эффективность удаления взвешенных веществ колеблется от 0,8 до 0,92 в зависимости от используемых технологий и оборудования. В своих работах [2, 5, 10, 17, 18] ученые сходятся во мнении о необходимости ретехнологизации существующих процессов очистки стоков.

Перспективным направлением интенсификации седиментации взвешенных веществ в отстойниках считается укрупнение агрегатно-неустойчивых механических примесей, в результате чего происходит увеличение массы частиц и повышение скорости их осаждения. Описанный способ предполагает использование различных коагулянтов и флокулянтов, выбор которых зависит от свойств очищаемой жидкости [11, 15]. Недостатком данного способа является необходимость содержания реагентного хозяйства, а также оперативный контроль в узких пределах концентрации флокулянта.

Таким образом, цель исследования состояла в интенсификации процесса очистки городских сточных вод путем агломерации взвешенных частиц без использования флокулянтов.

Материалы и методы. Для совершенствования процесса очистки городских сточных вод была разработана конструкция двухъярусного отстойника, схема которого показана на рисунке 2. Основу отстойника составляет железобетонный резервуар 1 ци-

линдрической формы с коническим днищем, обеспечивающий сбор и накопление осевшего ила 5. Внутри цилиндрической части установлены осадочные желоба 3 из листов полимерного материала. Для интенсификации отделения взвешенных веществ нижние стенки желобов выполнены наклонными со щелевыми прорезями, соединяющими рабочую зону осадочных желобов с иловой камерой 2. С наружной части желобов по всей их длине располагаются аэраторы 4, который обеспечивает мелкодисперсное диспергирование пузырьков воздуха.

Конструкция отстойника обеспечивает повышение эффективности очистки жидкости за счет укрупнения частиц дисперсной фазы.

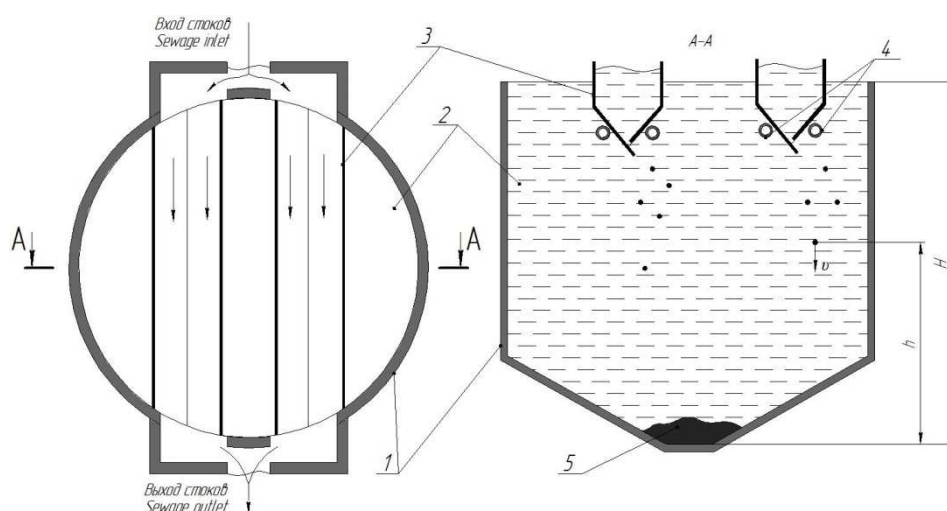


Рисунок 2 – Двухъярусный отстойник для очистки сточных вод
(Патент на п.м. 180835)

Picture 2 – Double Deck Sump for Wastewater Treatment (Utility model patent 180835)

Свободную поверхность отстойника, необходимую для эффективной очистки сточных вод, определяли расчетным методом при условии, когда время пребывания рассматриваемых дисперсных частиц τ_n больше или равно времени их осаждения τ_{oc} [7, 8]:

$$\frac{v}{v_{ном}} = 1,5 \left(\frac{h}{H} \right)^2 - 0,5 \left(\frac{h}{H} \right)^3, \quad (1)$$

где v - скорость осаждения частиц каждой фракции, м/с; $v_{ном}$ - скорость осаждения частиц, улавливаемых на 100%, м/с; h - высота, с которой частицы каждой фракции успевают достичь дна отстойника, м.

Скорость осаждения частиц, улавливаемых на 100 %, определяли по зависимости:

$$v_{ном} = \frac{gd_{ном}^2(\rho_{тв} - \rho_{жид})}{18\mu}, \quad (2)$$

где $d_{ном}$ - диаметр частиц, улавливаемых на 100%, м; $\rho_{тв}$ - плотность частиц твердой фазы, кг/м³; $\rho_{жид}$ - плотность жидкой фазы, кг/м³; μ - вязкость жидкости, Па·с; $g = 9,81$ м/с² - ускорение свободного падения.

Полагаем, что если взвешенные частицы равномерно распределяются во входном потоке, то соотношение h/H характеризует долю улавливаемых частиц χ , осаждающихся со скоростью $v \leq v_{ном}$.

Принимая во внимание сферическую форму частиц, а также ламинарный режим осаждения, получим:

$$\left(\frac{d_i}{d_{ном}} \right) = 1,5\chi^2 - 0,5\chi^3, \quad (3)$$

где d_i – диаметр частиц каждой фракции, м.

Зная плотность распределения частиц по фракциям C , локальную степень улавливания рассчитывали по формуле:

$$C_{ул} = C \cdot \chi. \quad (4)$$

Суммируя локальные степени улавливания частиц, определим общую степень очистки:

$$\eta = \sum_{i=1}^n C_{ул}. \quad (5)$$

Таким образом, задаваясь требуемой степенью очистки χ , диаметром частиц, улавливаемых на 100 % и расходом исходной суспензии q , определяли требуемую поверхность отстойника:

$$F = \frac{q}{v_{ном}}. \quad (6)$$

Описанный алгоритм расчета характеризует стандартные конструкции отстойников и не учитывает наличия дополнительных элементов, таких как аэраторы.

Результаты и обсуждение. Во время работы двухъярусного отстойника хозяйственно-бытовые сточные воды со взвешенными веществами поступают в железобетонный резервуар 1 и распределяются по осадочным желобам 3. По мере прохождения потока иловая фракция под действием гравитационных сил осаждается по наклонной части желобов и через щелевые отверстия сползает в иловую камеру 2. Непрерывное движение потока воды по осадочным желобам сопровождается диспергированием воздуха через аэраторы 4, установленные по всей длине с наружной стороны желобов. Мелкодисперсные пузырьки воздуха обеспечивают турбулизацию потока сточных вод и появление дополнительных инерционных сил. Совокупное действие этих факторов способствует прямому столкновению агрегатно-неустойчивых взвешенных веществ и укрупнению их размеров. В результате гравитационной коагуляции происходит захват мелких частиц более крупными фракциями, что приводит к максимальному попаданию осадка в иловую камеру. В иловой камере происходит седиментация оставшейся мелкодисперсной фракции взвешенных веществ и, благодаря конической форме днища железобетонного резервуара, сбор и уплотнение осадка в нижней точке отстойника. После отделения механических примесей потоки очищенной воды из осадочных желобов и иловой камеры смешиваются в выходном коллекторе и поступают на следующие стадии очистки.

При расчете требуемой поверхности отстойника исходили из средней нормы водоотведения на одного человека, которая составляет 350 л/сут [6]. Используя данные на рисунке 1, принимали начальную концентрацию взвешенных веществ как суммарное количество механических примесей в хозяйственно-бытовом и дренажном стоке. Анализ работ, посвященных изучению фракционного состава взвешенных веществ, позволил установить, что номинальный диаметр частиц дисперсной фазы составляет 420 мкм [4]. Задаваясь требуемой степенью очистки на уровне 0,95, составим таблицу 1 исходных данных для расчета отстойника очистных сооружений на 100 000 человек.

Таблица 1 – Исходные и справочные данные для расчета отстойника

Table 1 – Initial and reference data for calculating the settler

Параметр / Parameter	Обозначение / Designation	Размерность / Units	Значение / Value
Расход сточных вод / Wastewater consumption	q	м ³ /час / m ³ /h	1800
Начальная концентрация взвешенных веществ / Initial concentration of suspended solids	$x_{нач}$	г/л / g/l	210
Требуемая степень очистки / Required degree of purification	η	-	0,95
Диаметр частиц, улавливаемых на 100% / Diameter of particles captured at 100%	$d_{ном}$	мкм / mk	420
Плотность частиц твердой фазы / Solid phase particle density	$\rho_{тв}$	кг/м ³ / kg/m ³	1050
Плотность жидкой фазы / Density of the liquid phase	$\rho_{жид}$	кг/м ³ / kg/m ³	998
Вязкость жидкой фазы / Fluid viscosity	μ	Па·с / Pa·s	0,001

При расчете требуемой поверхности отстойника необходимо учитывать коэффициент аэрации, характеризующий повышение эффективности седиментации за счет турбулизации жидкостного слоя. В работе по изучению методов интенсификации осветления сточных вод [1] отмечается повышение эффективности осаждения взвешенных веществ на 10-15 % за счет диспергирования воздуха в поток сточных вод. Известны экспериментальные исследования [10], в которых описаны результаты осветления сточных вод с применением аэрации. Согласно полученным данным, диспергирование мелкодисперсных пузырьков воздуха с расходом 2 м³/(м²·ч) обеспечивает повышение эффективности седиментации взвешенных веществ на 3-4 %. Увеличение расхода воздуха до 5 м³/(м²·ч) способствует интенсификации осветления на 7 %. Учитывая эти результаты, рассчитаем требуемые поверхности для вариантов отстойника типовой и разработанной конструкции с различным режимом аэрации. Результаты математических вычислений представлены на рисунке 3.

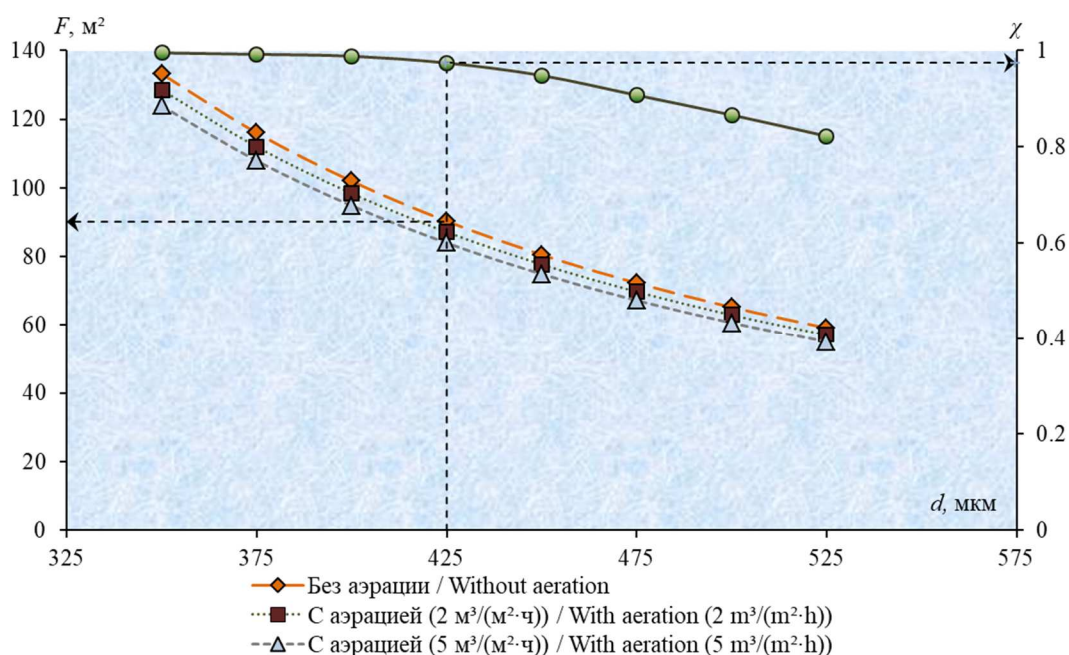


Рисунок 3 – Требуемая поверхность отстойников для осветления городских сточных вод

Picture 3 – Required surface of clarifiers for urban wastewater clarification

Выводы. Размер частиц дисперсной составляющей может изменяться в широком диапазоне, что обусловлено различными антропогенными и природными факторами. Используя среднее значение водоотведения на одного человека, методом численного эксперимента выполнили расчет необходимой поверхности стандартного отстойника и отстойника предложенной конструкции для городских очистных сооружений с учетом выхода стоков на 100 000 человек. Установлено, что все рассматриваемые отстойники обеспечивают одинаковую степень осветления, которая варьируется в зависимости от фракционного состава частиц. Для частиц размером 425 мкм интегральная степень очистки составляет 0,97, при этом требуемая поверхность осаждения стандартного отстойника равна 90,3 м². При использовании предложенной конструкции, с аэрацией 2,0 м³/(м²·ч), необходимая поверхность осаждения составляет 87,1 м². Увеличение расхода воздуха в аэраторе до 5,0 м³/(м²·ч) обуславливает снижение требуемой поверхности осветления до 84,0 м².

Библиографический список

1. Голосной С. А., Гордиенко Н. А., Пещеркина С. Ю. Современные методы интенсификации работы очистных сооружений при первичном осветлении городских сточных вод // Наука сегодня: реальность и перспективы: материалы международной научно-практической конференции. 2019. С. 13-16.
2. Данилович Д. А. Экологическая эффективность использования НТД на очистных сооружениях: экономический анализ // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2017. № 1. С. 6-11.
3. Долженко Л. А., Клещев В. В., Мурадян А. А. Анализ эффективности работы городских очистных сооружений на базе наилучших доступных технологий // Образование и наука в современном мире. Инновации. 2017. № 3. С. 101-109.
4. Дроздов Е. В., Журавлева И. В. Закономерности распределения фракционного состава загрязнений сточных вод // Российский инженер. 2015. № 1. С. 23-28.
5. Зубкова В. В., Волосникова Г. А. Оценка эффективности работы очистных сооружений канализации г. Зоя // Ученые заметки ТОГУ. 2019. № 2. С. 12-18.
6. Канализация. Наружные сети и сооружения: СП 32.13330.2018. Утв. Приказом Министерства строительства и коммунального хозяйства РФ от 25.12.2018 №860/пр. введ. 26.06.2019. 110 с.
7. Милова Д. А., Голованчикова А. Б., Панов В. А. Моделирование работы двухслойного отстойника // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2011. № 1. С. 97-101.
8. Моделирование гидродинамических и биоэкологических процессов очистки многокомпонентных систем от дисперсной фазы: монография / А. Е. Новиков, А. Б. Голованчиков, Е. А. Дугин, М. И. Филимонов. Волгоград: ВолгГТУ, 2019. 200 с.
9. Панкова Г. А., Рублевская О. Н., Леонов Л. В. Оценка качественного состава хозяйственно-бытового стока на примере Санкт-Петербурга // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2015. № 12. С. 46-53.
10. Первичное отстаивание сточных вод, обработанных в преаэраторе с затопленной загрузкой / Б. М. Гришин, М. В. Бикунова, А. И. Шеин, Е. А. Титов // Региональная архитектура и строительство. 2017. № 1. С. 132-137.
11. Acidification and flocculation of sludge from a water treatment plant: New action mechanisms / M. Maraschin, K. F. Ferrari Hedlund, E. Carissimi // Separation and Purification Technology. Vol. 252. No. 117417.
12. Assessment of the production of biodiesel from urban wastewater-derived lipids / Z. Frkova, S. Venditti, S. Herr, J. Hansen // Resources, Conservation and Recycling. 2020. Vol. 162. No. 105044.
13. Efficiency evaluation of urban wastewater treatment: Evidence from 113 cities in the Yangtze River Economic Belt of China / D. Pan, W. Hong, F. Kong // Journal of Environmental Management. 2020. Vol. 270. No. 110940.

14. Effluent quality and reuse potential of urban wastewater treated with aerobic-anoxic system: A practical illustration for environmental contamination and human health risk assessment / A. Guadie, A. Yesigat, Sh. Gatew [et al.] // *Journal of Water Process Engineering*. 2021. Vol. 40. No. 101891.

15. Innovative technology of municipal wastewater treatment for rapid sludge sedimentation and enhancing pollutants removal with nano-material / W. He, Q. Wang, Y. Zhu and [et al.] // *Biore-source Technology*. Vol. 324. No. 124675.

16. Mathematically formulated key performance indicators for design and evaluation of treatment trains for resource recovery from urban wastewater / M. O. Schik, S. Sucu, H. J. Cappon [et al.] // *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 282. No. 111916.

17. Modeling a biological wastewater treatment system / A. E. Novikov, M. I. Filimonov, E. A. Dugin, A. B. Golovanchikov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Mathematical Modeling of Technical and Economic Systems in Agriculture II (Volgograd, Russian Federation, 10-11 May 2020): Proceedings of International Conference / Volgograd State Agricultural University*. [IOP Publishing], 2020. Vol. 577. 7 p. doi:10.1088/1755-1315/577/1/012010.

18. Modeling of enzymatic waste water treatment / A. Novikov, M. Lamskova, E. Dugin, M. Filimonov and et al. // *Journal of Physics: Conference Series: Virtual Simulation, Prototyping and Industrial Design 2019 (Tambov, Russia, 16-18 October, 2019): VI International Scientific and Practical Conference / Tambov State Technical University*. [IOP Publishing], 2020. Vol. 1553. 7 p. doi:10.1088/1742-6596/1553/1/012023.

Conclusion. The particle size of the dispersed component can vary over a wide range, due to various anthropogenic and natural factors. Using the average value of wastewater disposal per person, we calculated the required surface of a standard sump and sump of the proposed design for urban wastewater treatment plants using a numerical experiment, taking into account the effluent output per 100000 people. It has been established that all considered sedimentation tanks provide the same degree of clarification, which varies depending on the fractional composition of particles. For particles with a size of 425 microns, the integral degree of purification is 0.97, while the required settling surface of a standard sump is 90.3 m². When using the proposed design, with aeration of 2.0 m³/(m²·h), the required deposition surface is 87.1 m². An increase in the air consumption in the aerator up to 5.0 m³/(m²·h) causes a decrease in the required clarification surface to 84.0 m².

References

1. Golosnoj S. A., Gordienko N. A., Pescherkina S. Yu. Sovremennye metody intensivifikacii raboty ochistnyh sooruzhenij pri pervichnom osvetlenii gorodskih stochnyh vod // *Nauka segodnya: real'nost' i perspektivy: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. 2019. P. 13-16.

2. Danilovich D. A. Jekologicheskaya jeffektivnost' ispol'zovaniya NTD na ochistnyh sooruzheniyah: jekonomicheskij analiz // *Nailuchshie dostupnye tehnologii vodosnabzheniya i vodootvedeniya*. 2017. № 1. P. 6-11.

3. Dolzhenko L. A., Kleshev V. V., Muradyan A. A. Analiz jeffektivnosti raboty gorodskih ochistnyh sooruzhenij na baze nailuchshih dostupnyh tehnologij // *Obrazovanie i nauka v sovremen-nom mire. Innovacii*. 2017. № 3. P. 101-109.

4. Drozdov E. V., Zhuravleva I. V. Zakonomernosti raspredeleniya frakcionnogo sostava zag-ryaznenij stochnyh vod // *Rossijskij inzhener*. 2015. № 1. P. 23-28.

5. Zubkova V. V., Volosnikova G. A. Ocenka jeffektivnosti raboty ochistnyh sooruzhenij kan-alizacii g. Zeya // *Uchenye zametki TOGU*. 2019. № 2. P. 12-18.

6. Kanalizaciya. Naruzhnye seti i sooruzheniya: SP 32.13330.2018. Utv. Prikazom Ministerstva stroitel'stva i kommunal'nogo hozyajstva RF ot 25.12.2018 №860/pr. vved. 26.06.2019. 110 p.

7. Milova D. A., Golovanchikova A. B., Panov V. A. Modelirovanie raboty dvuh-slojnogo otstojni-ka // *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo uni-versiteta*. 2011. № 1. P. 97-101.

8. Modelirovanie gidrodinamicheskikh i biojologicheskikh processov ochistki mnogokompo-nentnyh sistem ot dispersnoj fazy: monografiya / A. E. Novikov, A. B. Golovanchikov, E. A. Dugin, M. I. Filimonov. Volgograd: VolGTU, 2019. 200 p.

9. Pankova G. A., Rublevskaya O. N., Leonov L. V. Ocenka kachestvennogo sostava hoz'yajstvenno-bytovogo stoka na primere Sankt-Peterburga // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie. 2015. № 12. P. 46-53.

10. Pervichnoe otstaivanie stochnykh vod, obrabotannykh v preajratore s zatoplennoj zagruzkoy / B. M. Grishin, M. V. Bikunova, A. I. Shein, E. A. Titov // Regio-nal'naya arhitektura i stroitel'stvo. 2017. № 1. P. 132-137.

11. Acidification and flocculation of sludge from a water treatment plant: New action mechanisms / M. Maraschin, K. F. Ferrari Hedlund, E. Carissimi // Separation and Purification Technology. Vol. 252. No. 117417.

12. Assessment of the production of biodiesel from urban wastewater-derived lipids / Z. Frkova, S. Venditti, S. Herr, J. Hansen // Resources, Conservation and Recycling. 2020. Vol. 162. No. 105044.

13. Efficiency evaluation of urban wastewater treatment: Evidence from 113 cities in the Yangtze River Economic Belt of China / D. Pan, W. Hong, F. Kong // Journal of Environmental Management. 2020. Vol. 270. No. 110940.

14. Effluent quality and reuse potential of urban wastewater treated with aerobic-anoxic system: A practical illustration for environmental contamination and human health risk assessment / A. Guadie, A. Yesigat, Sh. Gatew [et al.] // Journal of Water Process Engineering. 2021. Vol. 40. No. 101891.

15. Innovative technology of municipal wastewater treatment for rapid sludge sedimentation and enhancing pollutants removal with nano-material / W. He, Q. Wang, Y. Zhu and [et al.] // Biore-source Technology. Vol. 324. No. 124675.

16. Mathematically formulated key performance indicators for design and evaluation of treatment trains for resource recovery from urban wastewater / M. O. Schik, S. Sucu, H. J. Cappon [et al.] // Journal of Environmental Management. 2021. Vol. 282. No. 111916.

17. Modeling a biological wastewater treatment system / A. E. Novikov, M. I. Filimonov, E. A. Dugin, A. B. Golovanchikov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.: Mathematical Modeling of Technical and Economic Systems in Agriculture II (Volgograd, Russian Federation, 10-11 May 2020): Proceedings of International Conference / Volgograd State Agricultural University. [IOP Publishing], 2020. Vol. 577. 7 p. doi:10.1088/1755-1315/577/1/012010.

18. Modeling of enzymatic waste water treatment / A. Novikov, M. Lamskova, E. Dugin, M. Filimonov and et al. // Journal of Physics: Conference Series.: Virtual Simulation, Prototyping and Industrial Design 2019 (Tambov, Russia, 16-18 October, 2019): VI International Scientific and Practical Conference / Tambov State Technical University. [IOP Publishing], 2020. Vol. 1553. 7 p. doi:10.1088/1742-6596/1553/1/012023.

Authors Information

Novikov Andrey Evgenievich, acting director Federal State Budgetary Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture (9, Timiryazev St., Volgograd, 400002, Russia),

E-mail: novikov-ae@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8051-4786

Filimonov Maksim Igorevich, Junior Researcher, Irrigation Reclamation Department, Federal State Budgetary Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture (9, Timiryazev St., Volgograd, 400002, Russia) E-mail: maks.filimonov.1986@mail.ru

ORCID: orcid.org/0000-0002-1805-5670

Dugin Evgeny Alexandrovich, graduate student, Federal State Budgetary Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture (9, Timiryazev St., Volgograd, 400002, Russia)

E-mail: dugin-evg@mail.ru. ORCID: orcid.org/0000-0002-2019-3028

Tronev Sergey Viktorovich, Professor of the Department «Operation and technical service of machines in agriculture», Volgograd State Agrarian University (26, University Avenue, Volgograd, 400002, Russia)

E-mail: stronev@mail.ru, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5840-322X

Информация об авторах

Новиков Андрей Евгеньевич, врио директора ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9),

E-mail: novikov-ae@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8051-4786

Филимонов Максим Игоревич, младший научный сотрудник отдела оросительных мелиораций ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9)

E-mail: maks.filimonov.1986@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-1805-5670

Дугин Евгений Александрович, аспирант, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9)

E-mail: dugin_evg@mail.ru ORCID: orcid.org/0000-0002-2019-3028

Тронеv Сергей Викторович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26).

E-mail: stronev@mail.ru ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5840-322X

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-33

FORMATION AND ANALYSIS OF LONG-TERM GRAIN YIELD SERIES FOR NEURAL NETWORK FORECASTING AND JUSTIFICATION OF AGROTECHNOLOGICAL MEASURES

A. F. Rogachev^{1, 2}

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*All Russian research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd*

Received 25.01.2021

Submitted 10.03.2021

The article was prepared with the financial support of the RFBR and the administration of the Volgograd region under project No. 19-416-340014

Summary

The features of the autocorrelation function of the time series of grain crop yields were revealed using the methods of pre-forecast statistical analysis. An artificial neural network was constructed for predicting grain yields in the SNN environment. The MLP multilayer perceptron architecture is based on the minimum of the MSE criterion.

Abstract

Introduction. The article deals with the methodological and applied issues of creating a database of retrospective grain yield, intended for statistical processing of long-term information, as well as mathematical modeling and use for forecasting. Long-term data on annual levels of yield, including grain crops, is the basis for forecasting, managing and optimizing agricultural production. To solve the listed subtasks of agricultural production and their information support, relational databases are being developed that provide mathematical and statistical analysis and modeling of yield changes. **Research methods.** Saving data in the *.csv format, which is a text format for representing tabular data, providing in-depth processing, analysis and visualization using specialized libraries of the Python environment, has been substantiated. For the formation of a database of perennial retrospective water distribution devices of grain crops and its use for mathematical modeling, a relational structure is recommended, including a set of vector indicators (crops, soil, temperature, precipitation, etc.), combined by key fields. The use of the *.csv data format helps to simplify and, accordingly, accelerate the analysis and mathematical modeling of water distribution devices. Revealing the internal patterns of inter-annual changes in the levels of yields makes it possible to more reasonably develop a system for their neural network modeling and forecasting. **Results and discussion.** The developed agrarian-oriented databases for optimization, based on historical data, parameters of agricultural production in dry conditions, should include infological modules, taking into account the types and temporal characteristics of the stored data. The structure of relational tables for storing long-term generalized and dynamically changing data characterizing agricultural production has been substantiated. The developed database provides analysis and forecasting of indicators of agricultural production using artificial neural networks. **Conclusions.** To form a database of long-term retrospective water distribution devices for cereals and its application for research mathematical modeling, a multi-tabular relational base has been substantiated, including a set of vector indicators (crops, soil types, decadal temperatures and precipi-

tation levels and other indicators), combined according to the corresponding key indicators. The expediency of storing information in a database in the Comma-Separated Values text format, which is a universal format for presenting various data, with the aim of subsequent analysis and mathematical modeling of water distribution devices, has been substantiated. Revealing the patterns of interannual variations in yield indicators allows the development of intelligent neural network modeling systems with data preprocessing for forecasting. The developed specialized databases oriented to optimize the management of agricultural production in arid conditions based on historical data, including the parameters of agricultural production, should include information-logical modules that take into account the types and temporal characteristics of the stored data.

Key words: *Agricultural crops, Productivity, Vegetation index, Monitoring, Unmanned aerial vehicles.*

Citation. Rogachev A. F. Adaptation of algorithms and justification of tools for neural network forecasting of agricultural productivity using retrospective data. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 347-356 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-33.

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

УДК 311.2

ФОРМИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНИХ РЯДОВ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ ДЛЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОБОСНОВАНИЯ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

А. Ф. Рогачев^{1,2}, доктор технических наук, профессор

¹Волгоградский государственный аграрный университет

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 25.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

*Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ
и Администрации Волгоградской области по проекту № 19-416-340014*

Актуальность. В статье рассмотрены методические и прикладные вопросы создания базы данных (БД) ретроспективной урожайности зерновых культур, предназначенная для статистической обработки многолетней информации, а также математического моделирования и использования в целях прогнозирования. Многолетние данные о годовых уровнях урожайности, в том числе зерновых сельскохозяйственных культур, является основой прогнозирования, управления и оптимизации аграрного производства. Для решения перечисленных подзадач аграрного производства и их информационного обеспечения разрабатывают реляционные БД, обеспечивающие проведение математико-статистического анализа и моделирование изменений урожайности. **Методы исследований.** Обосновано сохранение данных в формате *.csv, представляющем собой текстовый формат для представления табличных данных, обеспечивающий углубленную обработку, анализ и визуализацию с использованием специализированных библиотек экосреды Python. Для формирования БД многолетних ретроспективных ВРУ зерновых культур и ее использования для математического моделирования рекомендована реляционная структура, включающая совокупность векторных показателей (сельхозкультуры, почвы, температуры, осадки и др.), объединяемых по ключевым полям. Использование формата данных *.csv способствует упрощению и, соответственно, ускорению анализа и математического моделирования ВРУ. Выявление внутренних закономерностей межгодовых изменений уровней урожайности позволяет более обоснованно разрабатывать систему их нейросетевого моделирования и прогнозирования. **Результаты и обсуждение.** Разрабатываемые аграрно ориентированные БД для оптимизации на основе ретроспективных данных, параметров сельскохозяйственного производства в засушливых условиях, должны включать инфологические модули, учитывающие виды и временные характеристики сохраняемых данных. Обоснована структура реляционных таблиц для хранения многолетних обобщенных и динамически меняющихся дан-

ных, характеризующих сельскохозяйственное производство. Разработанная БД обеспечивает проведение анализа и прогнозирования показателей аграрного производства с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС). **Выводы.** Для формирования БД многолетних ретроспективных ВРУ зерновых и ее применения для исследовательского математического моделирования обоснована многотабличная реляционная база, включающая совокупность векторных показателей (сельхозкультуры, типы почв, подекадные температуры и уровни осадков и другие показатели), объединяемых по соответствующим ключевым показателям. Обоснована целесообразность хранения информации БД в текстовом формате Comma-Separated Values, представляющем собой универсальный формат для представления различных данных с целью последующего анализа и математического моделирования ВРУ. Выявление закономерностей межгодовых вариаций показателей урожайности позволяет разрабатывать интеллектуальные системы нейросетевого моделирования с предобработкой данных для прогнозирования. Разрабатываемые специализированные БД, ориентированные для оптимизации управления аграрным производством в засушливых условиях на основе ретроспективных данных, включая параметры сельскохозяйственного производства, должны включать инфологические модули, учитывающие виды и временные характеристики сохраняемых данных.

Ключевые слова: урожайность зерновых культур, прогнозирование урожайности зерновых культур, нейросетевое прогнозирование, математическое моделирование рядов урожайности.

Цитирование. Рогачев А. Ф. Формирование и анализ многолетних рядов урожайности зерновых для нейросетевого прогнозирования и обоснования агротехнологических мероприятий. *Известия НВ АУК.* 2021. 1(61). 347-356. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-33.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Ретроспективная информация годовых уровней урожайности зерновых является основополагающей для прогнозирования и оптимизации аграрного производства, а также обоснования агротехнологических мероприятий [0, 8, 10, 18]. Для информационно-аналитической поддержки решения упомянутых задач используют базы предметно-ориентированных ретроспективных данных, позволяющие осуществлять моделирование и компьютерный анализ многолетних временных рядов урожайности (ВРУ). Исследования в области прогнозирования динамики продуктивности различных групп сельскохозяйственных культур представлены в работах отечественных ученых А. Герасимова, В. Перепелицы, Е. Поповой, Ф. Тебуевой, Л. Темировой, а также зарубежных В. Shulika, A. Porvan, O. Vysotska, A. Nekos, A. Zhemerov [9, 13, 15]. Теоретическим основам и прикладным аспектам создания специализированных отраслевых БД посвящены публикации А. Гагарина, Г. Гореловой, И. Егоровой, А. Павловой, В. Калличкина и др. [5, 6].

Отдельные аспекты создания и исследования компьютеризированной информационной поддержки управленческих решений в сельскохозяйственном производстве на основе информационно-аналитических системах (ИАС), включающих специализированные БД, приведены в публикациях А. Аксенова, А. Алтыбаева, А. Герасимова, Т. Башкатовой, И. Юрченко [7, 12, 15, 16]. Представляют методический интерес результаты работы, выполненной в исследовательском центре IBM (США), где апробировано использование совместно ретроспективных данных урожайности и результатов космической съемки для обучения искусственных нейронных сетей (ИНС), однако опубликованные результаты относятся к условиям Северной Америки [19]. Учет закономерностей межгодовых вариаций уровней ВРУ, преимущественно для сухостепных условий недостаточного увлажнения, обеспечит разработку систем нейросетевого прогнозирования ВРУ с учетом сложившихся природно-климатических и технико-

технологических условий. Опубликованные ранее исследования в области оросительных мероприятий показывают, что остаются не в полной мере изучены прикладные аспекты выбора режимов и параметров ресурсосберегающих способов орошения сельскохозяйственных культур, особенно в острозасушливых условиях Нижнего Поволжья.

Материалы и методы Построение агро-ориентированных БД основано на системном подходе и базируется на совокупности специфических информационных методах – автокорреляционном анализе агротехнологических ВРУ, инфологическом проектировании, технологиях искусственных нейронных сетей [3, 4, 7]. Разработка онтологии и структуры реляционной БД осуществлялось с учетом ее отраслевого назначения – математического моделирования и оптимизации аграрного производства [5, 14].

Учет природных условий Волгоградской области обеспечивался по данным Агроклиматического справочника (Л.: Гидрометеиздат). Ретроспективные данные ВРУ, на примере зерновых в целом, отбирались по данным ФСГС по ВО (Волгоградстат) [3, 10, 12]. Хранимые многолетние метеорологические данные за период 1988-2015 гг. брались по данным метеостанции Волгоградского ГАУ (Государственная регистрация БД № 2017620719). Предварительно данные сохранялись в формате Excel. Для последующей математико-статистической обработки с использованием алгоритмов компьютерных библиотек Numpy и Matplotlib, входящих в Python, в которой [11] конвертировались в csv-формат, удобный для обработки с применением искусственных нейронных сетей (ИНС). Статистический анализ ВРУ реализовывался с использованием встроенных средств визуализации компьютерной библиотеки Seaborn в среде Python.

Результаты и обсуждение. Совокупность природно-климатических показателей, определяющих продуктивность земель с.-х. назначения в засушливых условиях Волгоградской области, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Биоклиматическая продуктивность почв и урожайность зерновых по природным зонам

Table 1 – Bioclimatic soil productivity and grain yield by natural zones

Природная зона/почва / Natural area/soil	Коэффициент биоклиматической продуктивности / Coefficient of bioclimatic productivity	Урожайность с.-х. культуры, т/га / Yield of agricultural crops, t / ha			
		Озимая пшеница / Winter wheat	Яровая пшеница / Spring wheat	Ячмень / Barley	Кукуруза / corn
Степная, черноземные почвы / Steppe, chernozem soils	1.24	4.21	2.17	2.57	4.0
Сухостепная, тёмно-каштановые / Dry-steppe, dark chestnut	1.08	3.60	1.65	2.20	3.50
Сухостепная, каштановые почвы Правобережье / Dry-steppe, chestnut soils on the Right Bank	1.03	3.11	1.45	2.11	3.00
Сухостепная, каштановые почвы Левобережье / Dry-steppe, chestnut soils of the Left Bank	0.93	2.53	1.40	2.01	-
Полупустынные, светло-каштановые почвы / Semi-arid, light chestnut soils	0.90	2.30	-	1.31	-

Приведенные данные, наряду с ретроспективными, также должны учитываться при проектировании структуры БД для последующего анализа и прогнозирования посредством ИНС.

При проектировании ИНС для осуществления анализа и прогнозирования следует предусматривать использование нескольких входов для информационных блоков, различающихся временными характеристиками [17]. Таким образом, создаваемая БД, ориентированная на последующее использование нейросетевых технологий в аграрном производстве, должна структурно предусматривать ряд информационных входов, различающихся по видам и источникам хранимых данных.

Приведенные далее гидрометеорологические данные за 27 лет (рисунки 1-2) подтверждают насущную необходимость использования водных видов мелиораций в острозасушливых условиях Нижнего Поволжья для получения устойчивых к погодным условиям урожаев, включая Волгоградскую область.

Исходя из длительности критического для посевов гидротермического периода, информация БД позволяет предварительно оценивать значения величины оросительных норм для совокупности возделываемых культур и продолжительность периодов превышения температур, являющихся биологически оптимальными для возделываемых культур.

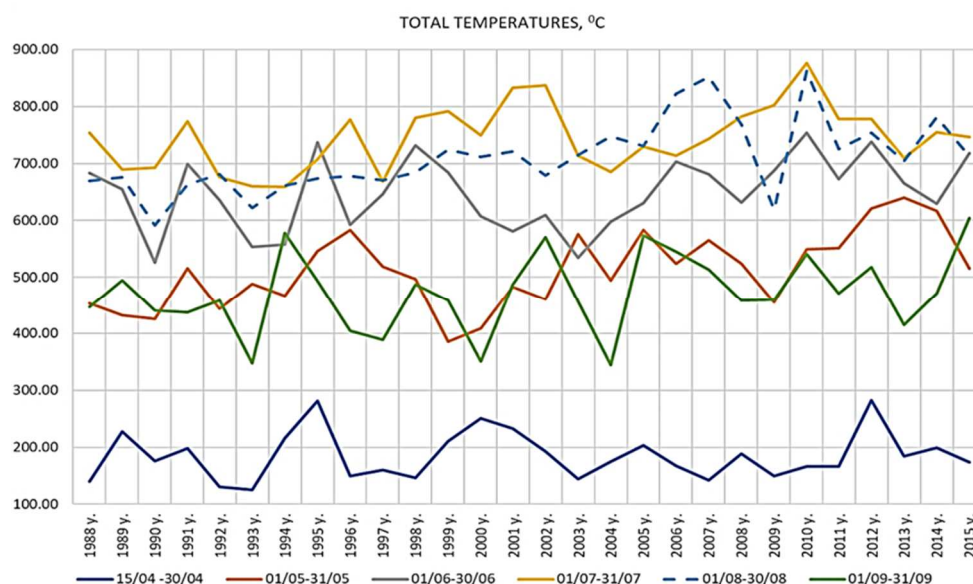


Рисунок 1– Сумма ежегодных температур по месяцам вегетационного периода

Figure 1 – The sum of annual temperatures by month of the growing season

Динамические ряды, приведенные на рисунке 2, сформированы путем обработки данных таблиц значений температур за вегетационный период, также сохраняемых в общей БД. Анализ динамики многолетних температур за вегетационный период выявил, что минимальные совокупные значения температур во второй половине апреля составляли 115 °С, максимальные достигали 280 °С. Наиболее обеспеченными солнечной радиацией месяцами являются июль – август: суммарные температуры накапливают 600- 880 °С.

Значения уровней ВРУ зерновых культур в целом, на примере региона Волгоградской области, представлены на рисунке 4.

Данные ВРУ характеризуются значительным разбросом значений относительно тренда, аппроксимируемого линейной функцией, значение коэффициента вариации превосходит 0,3.

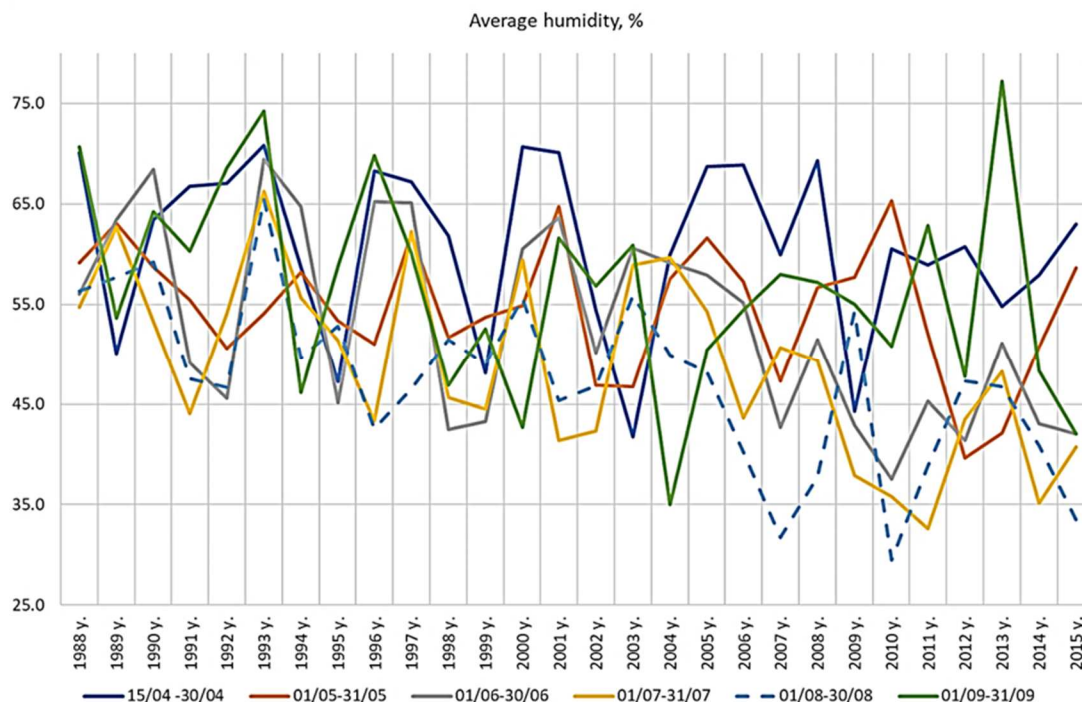


Рисунок 2 – Ежегодное среднее значение влажности за вегетационный период с 15 апреля по 31 сентября

Figure 2 – Annual average humidity for the growing season from April 15 to September 31

Для сохранения и формирования БД был принят формат данных «*.csv», который позволяет использовать распространенные файлы MS Excel, удобно редактируемые посредством универсальных текстовых редакторов. Это упрощает загрузку данных БД в компьютерную среду Python, характеризующуюся расширенным аппаратом математико-статистических библиотек, например, Pandas.

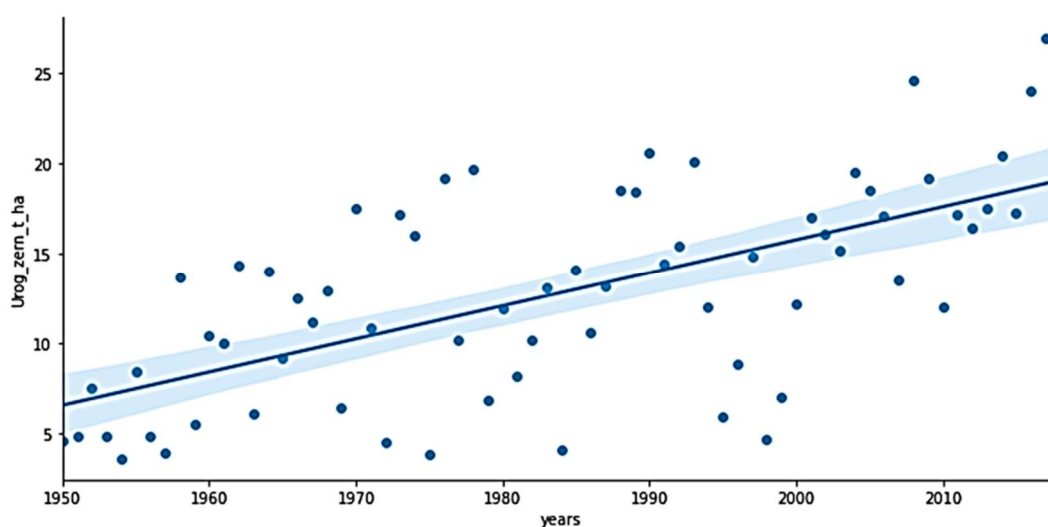


Рисунок 3 – Линейная аппроксимация значений урожайности зерновых культур в условиях Волгоградской области, ц/га

Figure 3 – Linear approximation of grain yield values in the conditions of the Volgograd region, c/ha

Обзорный статистический анализ уровней ВРУ за годы исследований, сгруппированных по приведенным годичным интервалам за период 1950...2018 гг. и выполненный в Python с использованием библиотеки Seaborn, представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты обзорного статистического анализа ВРУ зерновых культур в целом

Table 2 – Results of the overview statistical analysis of the GRU of grain crops in general

Показатель / Indicator	Значение / Value
Объем выборки / Sample size	69
Среднее значение, ц/га / Average value, c/ha	12,8
Среднеквадратическое отклонение / Standard deviation	5,76
Min	3,60
Max	26,9
Процентиль 25% / Percentile 25%	8,20
Процентиль 50% / Percentile 50 %	13,1
Процентиль 75% / Percentile 75%	17,2

Можно отметить, что значение 50 %-го перцентиля урожайности (13,1 т/га) превосходит среднее ее значения (12,8 т/га), при этом коэффициент вариации достигает 45 %.

Представление значений уровней урожайности, анализируемых за почти 70-летний период и сгруппированных по годовым интервалам, позволяет более наглядно оценить их изменчивость (рисунок 4).

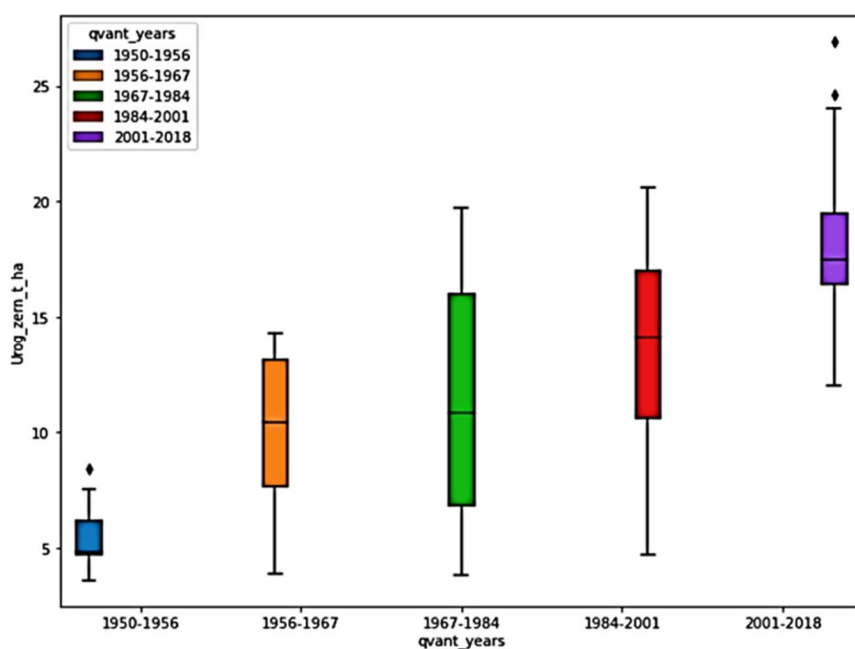


Рисунок 4 – Статистические группировки уровней урожайности зерновых культур

Figure 4 – Statistical groupings of grain yield levels

Графоаналитический анализ интервальных значений разброса уровней ВРУ демонстрирует наибольшую их изменчивость в период 1967...1984 гг., при некотором уменьшении разброса в последние годы, несмотря на имеющиеся выбросы за диапазон $\pm 3\sigma$ (рис. 2).

Более наглядно закономерности вариации ВРУ могут быть представлены на двумерной диаграмме их парных взаимовлияний, где возможно выявить перекрытие кривых анализируемых урожайностей по приведенным годовым группам. Это предполагает применение более «тонкого» инструментария для исследования их внутренних закономерностей.

В стрессовые по гидротермическому обеспечению периоды вегетации необходимо применять технологические приемы для управления фитоклиматом растений, например МДД [2], особенно в засушливые периоды с недостаточным объемом атмосферных осадков. В таких условиях, характерных для Волгоградского региона, оптимизация режимов и параметров орошения на основе статистического моделирования процессов увлажнения, в том числе с использованием специализированных БД, остается актуальной.

Выводы. Для формирования БД многолетних ретроспективных ВРУ зерновых, ориентированная на математическое моделирование, обоснована реляционная много-табличная структура, включающая совокупность векторных показателей (сельхозкультуры, типы почвы, динамические ряды температур и осадков и др.), объединяемых по ключевым показателям.

Обосновано применение формата *.csv (*Comma-Separated Values*), представляющего собой текстовый формат для хранения данных, с целью последующего анализа и математического моделирования ВРУ. Выявление закономерностей межгодовых вариаций урожайностей позволит более обосновано разрабатывать структуру и гиперпараметры системы для нейросетевого прогнозирования их уровней.

Разрабатываемые агро-ориентированные БД для оптимизации, на основе ретроспективных данных, параметров сельскохозяйственного производства в засушливых условиях, должны включать инфологические модули, учитывающие виды и временные характеристики сохраняемых данных.

Библиографический список

1. Аксенов А. Г. Анализ интеллектуальных систем поддержки принятия решений в сельском хозяйстве // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 3 (36). С. 46-51.
2. Алтыбаев А. Н. К формированию онтологии информационной системы для поддержки принятия инженерно-технологических решений в агробизнесе // Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 1 (16). С. 298-303.
3. Гагарин А. Г., Рогачев А. Ф. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования урожайности на основе анализа кросс-региональных данных // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2. С. 339-346.
4. Герасимов А. Н., Григорьева О. П., Скрипниченко Ю. С. Статистическая оценка результатов импортозамещения сельскохозяйственной продукции в регионе // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 9-2. С. 16-23.
5. Герасимов А. Н., Башкатова Т. А. Информационно-аналитический инструментарий обоснования управленческих решений в экономике традиционно аграрного региона // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № (4) 20/1. С. 8-12.
6. Глазунов Г. П., Афонченко Н. В., Санжаров А. И. Структура базы данных природно-ресурсного потенциала агроландшафтов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 8. С. 6-11.
7. Ильиных А. Л. Разработка базы данных автоматизированной информационной системы мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // Гео-Сибирь. 2011. Т. 3. № 2. С. 124-129.
8. Машины и оборудование для транспортирования грузов сельскохозяйственной и перерабатывающей промышленности (обзор, теория, расчет) / А. И. Бойко [и др.]. Рязань: Рязанский ГАУ, 2019. 228 с.
9. Мелихова Е. В. Моделирование и обоснование ресурсосберегающих параметров капельного орошения при возделывании корнеплодов: монография. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. 112 с.
10. Николаенко А. Н., Кавокин А. А. Концепция разработки информационно-аналитической системы "Мелиорация" // Природообустройство. 2019. № 3. С. 6

11. Проектирование базы данных системы моделей оптимального планирования сельскохозяйственного производства / В. И. Векленко [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 1. С. 33-36.

12. Рогачев А. Ф. Системный анализ и прогнозирование временных рядов урожайности на основе автокорреляционных функций и нейросетевых технологий // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 309-316.

13. Симонова И.Э., Симонов А.Б., Тарасова И.А., Мишта В.П. Применение статистических методов к задачам управления региональными предприятиями / И. Э. Симонова [и др.] // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2017. № 14 (209). С. 54-59.

14. Федякова Н. Н. Использование современных информационных и ресурсосберегающих технологий в АПК региона // Регионология. 2017. Т. 25. № 2 (99). С. 187-199.

15. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. P. 012105.

16. Control over grape yield in the north-eastern region of ukraine using mathematical modeling / B. Shulika [et al.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. V. 2/3 (86). Pp. 51-59.

17. Estimation of condition of cultivated pastures under remote sensing of earth / V. I. Trukhachev [et al.] // Engineering for Rural Development Proceedings. 2019. P. 442-449.

18. Rogachev A. F., Melikhova E. V., Shokhnekh A. V. Monitoring and economic & mathematical modeling of manufacture and consumption of agricultural products as a tool of food security management // Espacios. 2018. V. 39. № 1. P. 1.

19. Russello H. Convolutional neural networks for crop yield prediction using satellite images. IBM Center for Advanced Studies. 2018. <https://esc.fnwi.uva.nl/thesis/centraal/files/f1570224447.pdf>.

Conclusions. For the formation of a database of long-term retrospective TSY of cereals, focused on mathematical modeling, a relational multi-table structure is justified, including a set of vector indicators (crops, soil types, dynamic series of temperatures and precipitation, etc.), combined by key indicators.

The use of the *.csv (Comma-Separated Values) format, which is a text format for storing data, for the purpose of subsequent analysis and mathematical modeling of the TSY, is justified. The identification of patterns of interannual variations in yields will allow us to more reasonably develop the structure and hyperparameters of the system for neural network forecasting of their levels.

The developed agro-oriented databases for optimization, based on retrospective data, of agricultural production parameters in arid conditions, should include infological modules that take into account the types and time characteristics of the stored data.

References

1. Aksenov A. G. Analiz intellektual'nyh sistem podderzhki prinyatiya reshenij v sel'skom hozyajstve // Jeletrotehnologii i jelektrooborudovanie v APK. 2019. № 3 (36). P. 46-51.

2. Altybaev A. N. K formirovaniyu ontologii informacionnoj sistemy dlya podderzhki prinyatiya inzhenerno-tehnologicheskikh reshenij v agrobiznese // Innovacii v sel'skom hozyajstve. 2016. № 1 (16). P. 298-303.

3. Gagarin A. G., Rogachev A. F. Primenenie iskusstvennyh nejronnyh setej dlya prognozirovaniya urozhajnosti na osnove analiza kross-regional'nyh dannyh // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 2. P. 339-346.

4. Gerasimov A. N., Grigor'eva O. P., Skripnichenko Yu. S. Statisticheskaya ocenka rezul'tatov importozamescheniya sel'skohozyajstvennoj produkcii v regione // Vestnik Altajskoj akademii jekonomiki i prava. 2019. № 9-2. P. 16-23.

5. Gerasimov A. N., Bashkatova T. A. Informacionno-analiticheskij instrumentarij obosnovaniya upravlencheskih reshenij v jekonomike tradicionno agrarnogo regiona // Vestnik APK Stavropol'ya. 2016. № (4) 20/1. P. 8-12.
6. Glazunov G. P., Afonchenko N. V., Sanzharov A. I. Struktura bazy dannyh pri-rodno-resursnogo potenciala agrolandshaftov // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2017. № 8. P. 6-11.
7. Il'inyh A. L. Razrabotka bazy dannyh avtomatizirovannoj informacionnoj sistemy monitoringa zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya // Geo-Sibir'. 2011. T. 3. № 2. P. 124-129.
8. Mashiny i oborudovanie dlya transportirovaniya грузов sel'skohozyajstvennoj i pererabatyvayushej promyshlennosti (obzor, teoriya, raschet) / A. I. Bojko [i dr.]. Ryazan': Ryazanskij GAU, 2019. 228 p.
9. Melihova E. V. Modelirovanie i obosnovanie resursosberegayuschih parametrov kapel'nogo orosheniya pri vozdeleyvanii korneplodov: monografiya. Volgograd: FGBOU VO Volgogradskij GAU, 2017. 112 p.
10. Nikolaenko A. N., Kavokin A. A. Koncepciya razrabotki informacionno-analiticheskoy sistemy "Melioraciya" // Prirodoobustrojstvo. 2019. № 3. P. 6
11. Proektirovanie bazy dannyh sistemy modelej optimal'nogo planirovaniya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva / V. I. Veklenko [i dr.] // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2013. № 1. P. 33-36.
12. Rogachev A. F. Sistemnyj analiz i prognozirovanie vremennyh ryadov urozhajnosti na osnove avtokorrelyacionnyh funkcij i nejrosetevyh tehnologij // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3 (51). P. 309-316.
13. Simonova I. Je., Simonov A. B., Tarasova I. A., Mishta V. P. Primenenie statisticheskikh metodov k zadacham upravleniya regional'nymi predpriyatiyami / I. Je. Simonova [i dr.] // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. 2017. № 14 (209). P. 54-59.
14. Fedyakova N. N. Ispolzovanie sovremennyh informacionnyh i resursosberegayuschih tehnologij v APK regiona // Regionologiya. 2017. T. 25. № 2 (99). P. 187-199.
15. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The proceedings of the conference AgroCON-2019. 2019. P. 012105.
16. Control over grape yield in the north-eastern region of ukraine using mathematical modeling / B. Shulika [et al.] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. V. 2/3 (86). Pp. 51-59.
17. Estimation of condition of cultivated pastures under remote sensing of earth / V. I. Trukhachev [et al.] // Engineering for Rural Development Proceedings. 2019. P. 442-449.
18. Rogachev A. F., Melikhova E. V., Shokhnekh A. V. Monitoring and economic & mathematical modeling of manufacture and consumption of agricultural products as a tool of food security management // Espacios. 2018. V. 39. № 1. P. 1.
19. Russello H. Convolutional neural networks for crop yield prediction using satellite images. IBM Center for Advanced Studies. 2018. <https://esc.fnwi.uva.nl/thesis/centraal/files/f1570224447.pdf>.

Information about the author

Alexey F. Rogachev, Professor, Department of Mathematical Modeling and Informatics, Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskij Ave., Volgograd, 400002, Russian Federation), Doctor of Technical Sciences, Professor <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

Информация об авторе

Рогачев Алексей Фруминович, профессор кафедры «Математическое моделирование и информатика» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор технических наук, профессор <https://orcid.org/0000-0001-6483-6091>, rafr@mail.ru

TO THE JUSTIFICATION OF SOME CONSTRUCTIVE AND MODE PARAMETERS OF THE CUTTING DEVICE OF THE HEADER WITH ENDLESS CIRCUIT

A.I. Ryadnov, O.A. Fedorova, V.A. Baril

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 21.12.2020

Submitted 01.03.2021

Summary

Improving the efficiency of cultivation and harvesting of agricultural crops is inextricably linked with the full implementation of agrotechnical requirements in all technological operations. This condition also applies to mowing crops. One of the main agrotechnical requirements for this operation is a high-quality cut of plant stems, which is largely determined by the design and operating parameters of the cutting device of the header. The most important design parameter of a segment-finger cutting device for normal cutting with an infinite knife contour and a fixing cutting principle is the installation step of the cutting elements along the knife contour. This indicator is determined for the new design of the cutting device. It is equal to 90 mm.

Abstract

Introduction. Improving the efficiency of cultivation and harvesting of agricultural crops is inextricably linked with the full implementation of agrotechnical requirements in all technological operations. This condition also applies to mowing crops. One of the main agrotechnical requirements for this operation is a high – quality cut of plant stems, which is largely determined by the design and operating parameters of the reaper cutting device. **The purpose** of this work is to determine the values of some design and operating parameters of the segment-finger cutting device of the retaining cutting principle with an infinite knife contour. **Materials and methods.** In this paper, the material of scientific works on the study of cutting machines of reapers of various types is used. Special attention is paid to the cutting machines of reapers with an infinite knife contour and a retaining cutting principle. **Results.** The analysis of scientific works allowed to determine the following basic requirements to designs developed cutting machines: to provide the highest quality of cut of plants of various crops and crop varieties; have low energy consumption; have high reliability design in a wide range of operating conditions; to have high levels of adaptability; to be compact and safe in service. At the Volgograd State Agrarian University, a cutting device has been developed that meets the above requirements. The proposed design of the cutting device is equipped with a control unit that records the actual time period t fact. between the passage of two consecutive segments over the sensor with a set period t_0 corresponding to the passage of two adjacent segments over the sensor. The state in which t is a $t_{\text{fact.}} > t_0$ means that there are broken, adjacent segments. If t is a $t_{\text{fact.}} > t_0$, the control unit sends a signal to the control unit to increase the speed of the drive shaft of the chain circuit. the linear speed of the cutting elements v_p increases until $t_{\text{fact.}} = t_0$. thus, the cutting device of the header has the ability to automatically control the linear speed of the segments of the chain circuit in case of failures of one or more segments, ensuring high quality of the cut of plants determined by agrotechnical requirements. Defined the formula for calculation of the most important structural parameter segment-finger cutting unit normal of the cutting knife with the infinite loop and retaining the principle of cut – step installation of the cutting elements on the cutter circuit is $t = m (V_p/V_M + 1/\text{tg}\alpha)$, where m is the height of the cutting segment, the linear speeds of the machine V_M and cutting elements V_p , α –angle of inclination of the cutting edge segment. **Conclusion.** For developed design of a segment-finger mower to normal cutting knife with the infinite loop and retaining the principle of cutting are graphically set forth the possibility of the appearance of the overlap area of the strips of the cut plants adjacent segments and strips of uncut plants, which depend on design parameters: the step of installing cutting elements on a segment-pallavam the cutter bar, the height of the cutting segment, and others, and sensitive indicators of the linear speeds of the machine and the cutting elements and their relationships. The step of installation of cutting elements on a knife contour equal to 90 mm is defined.

Key words: design and operating parameters of the reaper cutting device; infinite knife contour; segment failure; sorghum harvester.

Citation. Ryadnov A.I., Fedorova O. A., Baril V. A. To the justification of some constructive and mode parameters of the cutting device of the header with endless circuit. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 357-368 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-34.

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

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

УДК 631.358

К ОБОСНОВАНИЮ НЕКОТОРЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЖАТКИ С БЕСКОНЕЧНЫМ КОНТУРОМ

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О. А. Федорова, доктор технических наук, доцент

В. А. Бариль, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 21.12.2020

Дата принятия к печати 01.03.2021

Актуальность. Повышение эффективности возделывания и уборки сельскохозяйственных культур неразрывно связано с полным выполнением агротехнических требований на всех технологических операциях. Это условие относится и к скашиванию сельскохозяйственных культур. Одно из основных агротехнических требований на данной операции – качественный срез стеблей растений, который во многом определяется конструктивными и режимными параметрами режущего аппарата жатки. **Цель настоящей работы** – определить значения некоторых конструктивных и режимных параметров сегментно-пальцевого режущего аппарата подпорного принципа резания с бесконечным ножевым контуром. **Материалы и методы.** В настоящей работе использован материал научных работ по исследованию режущих аппаратов жаток различных типов. Особое внимание уделено режущим аппаратам жаток с бесконечным ножевым контуром и подпорным принципом резания. **Результаты.** Анализ научных работ позволил определить следующие основные требования к конструкциям разрабатываемых режущих аппаратов: обеспечивать высокое качество среза растений различных культур и сортов сельскохозяйственных культур; иметь низкую энергоемкость; иметь высокую надежность конструкции в широком диапазоне условий эксплуатации; иметь высокие показатели технологичности; быть компактным и безопасным в обслуживании. В Волгоградском ГАУ разработан режущий аппарат, удовлетворяющий указанным выше требованиям. Предложенная конструкция режущего аппарата оборудована блоком контроля, который фиксирует фактический период времени $t_{факт}$ между прохождением двух следующих друг за другом сегментов над датчиком с установленным периодом t_0 , соответствующим прохождению над датчиком двух рядом расположенных сегментов. Состояние, при котором $t_{факт} > t_0$ означает наличие сломанных, рядом расположенных сегментов. Если $t_{факт} > t_0$, то блок контроля подает сигнал блоку регулирования на увеличение частоты вращения вала привода цепного контура. Линейная скорость режущих элементов V_p увеличивается до тех пор, пока $t_{факт} = t_0$. Таким образом, режущий аппарат жатки обладает возможностью автоматического регулирования линейной скорости сегментов цепного контура при отказах одного или нескольких сегментов с обеспечением высокого качества среза растений, определяемого агротехническими требованиями. Определена формула для расчета важнейшего конструктивного параметра сегментно-пальцевого режущего аппарата нормального резания с бесконечным ножевым контуром и подпорным принципом резания – шаг установки режущих элементов на ножевом контуре $t = m \left(\frac{V_p}{V_m} + \frac{1}{tg\alpha} \right)$, где m – высота режущей части сегмента, линейные скорости машины V_m и режущих элементов V_p , α – угол наклона режущей кромки сегмента. **Заключение.** Для разработанной конструкции сегментно-пальцевого режущего аппарата нормального резания с бес-

конечным ножевым контуром и подпорным принципом резания графически установлена возможность появления зоны перекрытия полос среза растений соседними сегментами и полосы несрезанных растений, которые зависят от конструктивных параметров: шага установки режущих элементов на сегментно-пальцевом режущем аппарате, высоты режущей части сегмента и других, а также от режимных показателей – линейных скоростей машины и режущих элементов и их соотношения. Определен шаг установки режущих элементов на ножевом контуре, равный 90 мм.

Ключевые слова: конструктивные параметры режущего аппарата, режимные параметры режущего аппарата жатки, бесконечный ножевой контур, соргоуборочные комбайны.

Цитирование. Ряднов А. И., Федорова О. А., Бариль В. А. К обоснованию некоторых конструктивных и режимных параметров режущего аппарата жатки с бесконечным контуром. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 357-368. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-34.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Повышение эффективности возделывания и уборки сельскохозяйственных культур неразрывно связано с полным выполнением агротехнических требований на всех технологических операциях. Это условие относится и к скашиванию сельскохозяйственных культур. Одно из основных агротехнических требований на данной операции – качественный срез стеблей растений.

Авторы учебной литературы по дисциплине «Сельскохозяйственные машины», например, В. М. Халанский и И. В. Горбачев (Халанский, В. М. Горбачев И. В. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие. М.: КолосС, 2004. 624 с.) отмечают, что для скашивания растений применяются жатки с режущими аппаратами, в которых реализуется подпорный или бесподпорный принцип резания растений.

При подпорном принципе резания стебли растений зажимаются между двумя элементами режущего аппарата с последующим срезом растений по методу работы ножниц. В этом случае один элемент является подвижным (режущим), а второй – неподвижным (противорежущим). Конструктивно режущие аппараты подпорного резания подразделяются на сегментно-пальцевые и беспальцевые.

Для качественного среза стеблей растений режущим аппаратом подпорного резания необходимо, чтобы выполнялось условие: стебель растения не должен выталкиваться из раствора режущей пары, образованной сегментом и противорежущей пластиной.

Условие защемления стеблей в режущей паре формализовано, например, в работе [3] следующим образом:

$$\gamma = \alpha_1 + \alpha_2 \leq \varphi_1 + \varphi_2, \quad (1)$$

где γ – угол раствора режущей пары, град.; α_1 и α_2 – соответственно углы наклона режущих кромок сегмента и противорежущей пластины, град.; φ_1 и φ_2 – соответственно углы трения о сегмент и противорежущую пластину, град.

Выполнение условия (1), а, следовательно, качественный срез растений во многом определяется суммой углов трения, зависящих от убираемой культуры и влажности ее растений [15].

Существенное влияние на сумму углов трения оказывает насечка на элементах режущей пары. Установлено, что угол трения растений об элементы режущей пары с насечкой выше на 30...50 %, чем о гладкие лезвия режущей пары [3].

Кроме того, можно предложить конструкторским организациям разработать несколько вариантов режущих пар с обоснованными углами α_1 и α_2 для уборки конкретной культуры и заданных условий уборки.

Качество среза растений режущим аппаратом жатки зависит не только от факторов, отмеченных выше. Так, авторы работы [15] к основным факторам относят рабочую скорость жатки. Другие ученые [10] выделяют физико-механические свойства стеблей растений, в том числе их диаметр, некоторые особенности их строения, а также скорость рабочих органов режущего аппарата.

Сегментно-пальцевые режущие аппараты по сравнению с роторными менее энергоемки [1], но из-за возвратно-поступательного движения ножа возникают знакопеременные инерционные усилия, что существенно сказывается на качестве работы и на надежности аппарата [4].

Беспальцевым режущим аппаратом более качественно, чем сегментно-пальцевым, можно осуществлять уборку полеглых и спутанных растений. Беспальцевые режущие аппараты бывают одноножевые и двуножевые.

При бесподпорном принципе резания срез растений осуществляется за счет удара по стеблю режущим элементом рабочего органа с высокой скоростью. Такой принцип резания применяется в жатках с роторными и шнековыми режущими аппаратами [4, 12].

Авторы работы [13] на основе результатов лабораторных исследований режущих аппаратов подпорного и бесподпорного вариантов показали их достоинства и недостатки, анализ которых позволил им сделать рекомендации по кинематическим и конструктивным параметрам бесподпорного режущего аппарата при уборке некоторых сельскохозяйственных культур (таблица 1).

Таблица 1 – Кинематические и конструктивные параметры работы бесподпорного режущего аппарата

Table 1 – Kinematic and design parameters of the unsupported cutting device

Культура / Culture	Параметр / Parameter		
	частота вращения шнека, мин ⁻¹ / screw speed, min ⁻¹	угол наклона режущего сегмента, град. / angle of inclination of the cutting segment, deg.	шаг сегментов, мм / segment pitch, mm
Подсолнечник / Sunflower	431	54	92
Кукуруза / Corn	532	51	180
Пшеница / Wheat	623	56	127

Результаты исследований кинематических и конструктивных параметров работы режущего аппарата жатки на уборке тонкостебельных сельскохозяйственных культур представлены также в работе [3]. Установлено, что для обеспечения ровного среза стеблей растений сумма углов раствора режущей пары зависит от влажности растений и должна быть при уборке зерновых культур 20°-35°, а при уборке кормовых трав – 20°-60°. При этом данный параметр для режущего аппарата, оборудованного сегментами с насечкой, должен быть увеличен на 30-50 %. Авторы работы рекомендуют также соблюдать отношение поступательной скорости жатки к скорости ее рабочих органов в пределах (0,45-0,60).

На уборке сельскохозяйственных культур используются также режущие аппараты с ножевым контуром. Они отличаются от сегментно-пальцевых и беспальцевых режущих аппаратов наличием ножа в виде замкнутого контура, который может быть представлен цепью или ремнем.

Результаты исследований конструктивно-режимные показателей режущего аппарата жатки с бесконечным несущим приводом, работающим по принципу бесподпорного среза стеблей, представлены в работах [5, 7]. Установлено, что с увеличением скорости зерноуборочного комбайна с 1,4 до 2,8 м/с и при частоте вращения привода 640 с⁻¹, шаг между режущими элементами следует уменьшать с 29,4 до 16,3 мм, а при частоте вращения привода до 800 с⁻¹ – с 36,0 до 19,5 мм. Показано, что такая конструк-

ция режущего аппарата позволяет существенно повысить скорости среза и движения агрегата, а, следовательно, и увеличивается производительность агрегата. Однако, в этом случае, как следует из данных исследований ВИСХОМ (Исследование новых технологических процессов и рабочих органов сеноуборочных машин: сб. науч. тр. ВИСХОМ; ред. Яковлев С. И. М.: ВИСХОМ, 1962. Вып. 39. 196 с.), снижаются затраты энергии на срез стеблей растений.

Расстановка режущих элементов режущего аппарата с бесподпорным принципом резания и бесконечным несущим приводом определена авторами работы [9].

В работе [2] установлено, что доля растений сои, диаметр стеблей которой в 3-4 раза больше, чем у зерновых культур и трав, с бесподпорным (рубящим) процессом среза растений значительна, что является одной из причин потери урожая сои.

Анализ научных работ позволил определить следующие основные требования к конструкциям разрабатываемых режущих аппаратов:

- обеспечивать высокое качество среза растений различных культур и сортов сельскохозяйственных культур;
- иметь низкую энергоемкость;
- иметь высокую надежность конструкции в широком диапазоне условий эксплуатации;
- иметь высокие показатели технологичности;
- быть компактным и безопасным в обслуживании.

В Волгоградском ГАУ разработан режущий аппарат (патент РФ № 2729492, МПК А01D 34/83. Режущий аппарат жатки / А. И. Ряднов, Р. В. Шарипов, В. А. Бариль // Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Заявка №2019142303; заявл. 16.12.2019; опубл. 07.08.2020, Бюл. №22), удовлетворяющий указанным выше требованиям.

Предложенная конструкция режущего аппарата оборудована блоком контроля, который фиксирует фактический период времени $t_{факт.}$ между прохождением двух следующих друг за другом сегментов над датчиком с установленным периодом t_0 , соответствующим прохождению над датчиком двух рядом расположенных сегментов.

Состояние, при котором $t_{факт.} > t_0$, означает наличие сломанных, рядом расположенных сегментов.

Если $t_{факт.} > t_0$, то блок контроля подает сигнал блоку регулирования на увеличение частоты вращения вала привода цепного контура. Линейная скорость режущих элементов V_p увеличивается до тех пор, пока $t_{факт.} = t_0$.

Таким образом, режущий аппарат жатки обладает возможностью автоматического регулирования линейной скорости сегментов цепного контура при отказах одного или нескольких сегментов с обеспечением высокого качества среза растений, определяемого агротехническими требованиями.

Следует также отметить, что режущие элементы предложенной конструкции режущего аппарата могут работать в двух направлениях. Такое техническое решение позволяет существенно увеличить ресурс сегментов и вкладышей пальцев.

Основой для разработке указанного режущего аппарата явилась разработка, устройство и принцип которой описан в патенте РФ №2609907 (патент РФ № 2609907 Российская Федерация, МПК А01D 34/83. Режущий аппарат. / А. И. Ряднов, Р. В. Шарипов, А. С. Фаронов, П. А. Коваленко// Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Заявка №2015146244; заявл. 27.10.2015; опубл. 07.02.2017, Бюл. №4). Исследования режущего аппарата, изготовленного по патенту РФ №2609907, показали достаточно высокие технико-экономические показатели [11, 14].

Анализ научно-исследовательских работ позволил установить цель настоящей работы – определить значения некоторых конструктивных и режимных параметров сегментно-пальцевого режущего аппарата подпорного принципа резания с бесконечным ножевым контуром.

Материалы и методы. В настоящей работе использован материал научных работ по исследованию режущих аппаратов жаток различных типов. Особое внимание уделено режущим аппаратам жаток с бесконечным ножевым контуром и подпорным принципом резания.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим методику расчета шага установки режущих элементов на сегментно-пальцевом режущем аппарате нормального резания с бесконечным ножевым контуром и подпорным принципом резания.

На рисунках 1-3 представлены соответственно схемы расположения сегментов и пальцев на бесконечной тяговой цепи режущего аппарата в процессе среза растений при различных линейных скоростях машины V_m и режущих элементов V_p . При этом $V_{m1} < V_{m2} < V_{m3}$, $V_{p1} < V_{p2} < V_{p3}$. На схеме показано: по три положения первого (1.1, 1.2, 1.3), второго (2.1, 2.2, 2.3) и третьего (3.1, 3.2, 3.3), а также одно положение четвертого (4.1) сегментов; два положения (1 и 2) стебля растения; полосы возможного среза растений (B_c – ширина полосы растений, срезаемых сегментом, C_c – зона перекрытия полос среза соседними сегментами), D_c – полоса несрезанных растений).

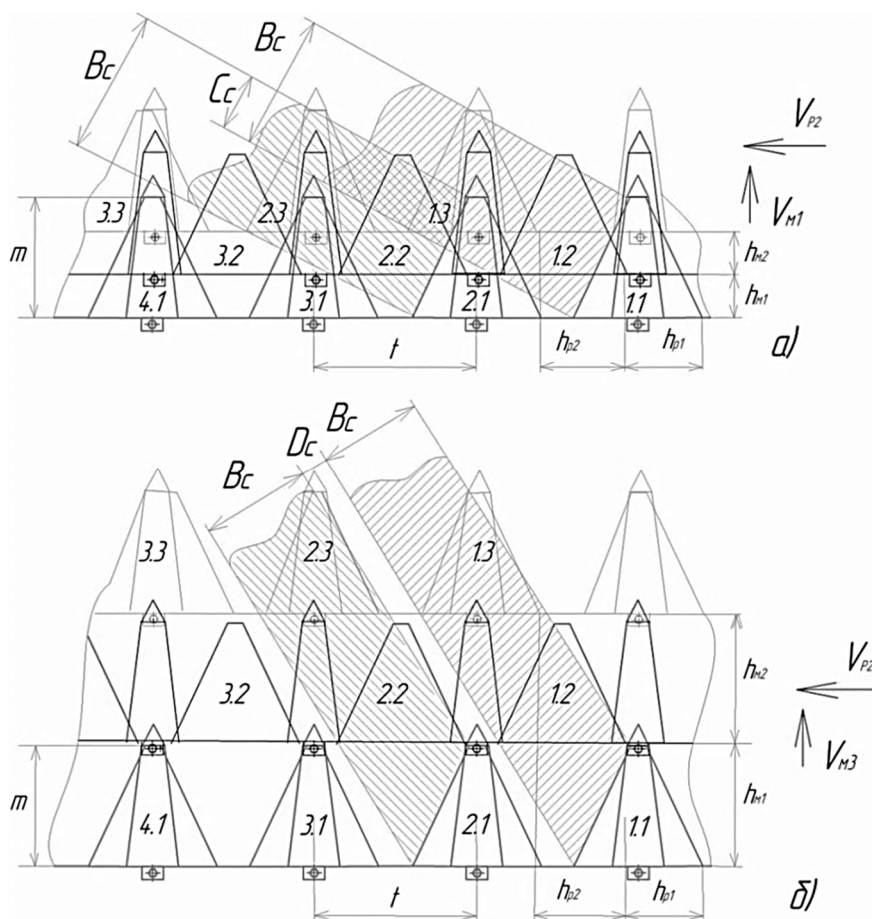


Рисунок 1 – Схема расположения сегментов и пальцев на бесконечной тяговой цепи режущего аппарата при $V_{m1} < V_{m3}$ и $V_{p2} = \text{Const}$

Figure 1 – Diagram of the arrangement of segments and fingers on the infinite traction chain of the cutting device at $V_{m1} < V_{m3}$ and $V_{p2} = \text{Const}$

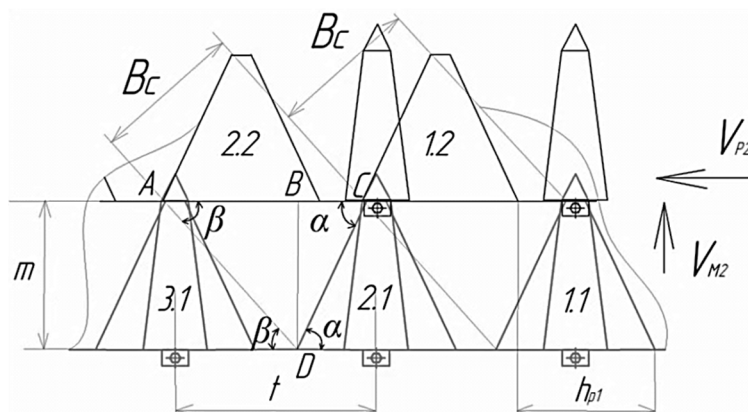


Рисунок 2 – Схема расположения сегментов и пальцев на бесконечной тяговой цепи режущего аппарата при $V_{M2} = \text{Const}$ и $V_{p2} = \text{Const}$

Figure 2 – Diagram of the arrangement of segments and fingers on the endless traction chain of the cutting machine when $V_{M2} = \text{Const}$ and $V_{p2} = \text{Const}$

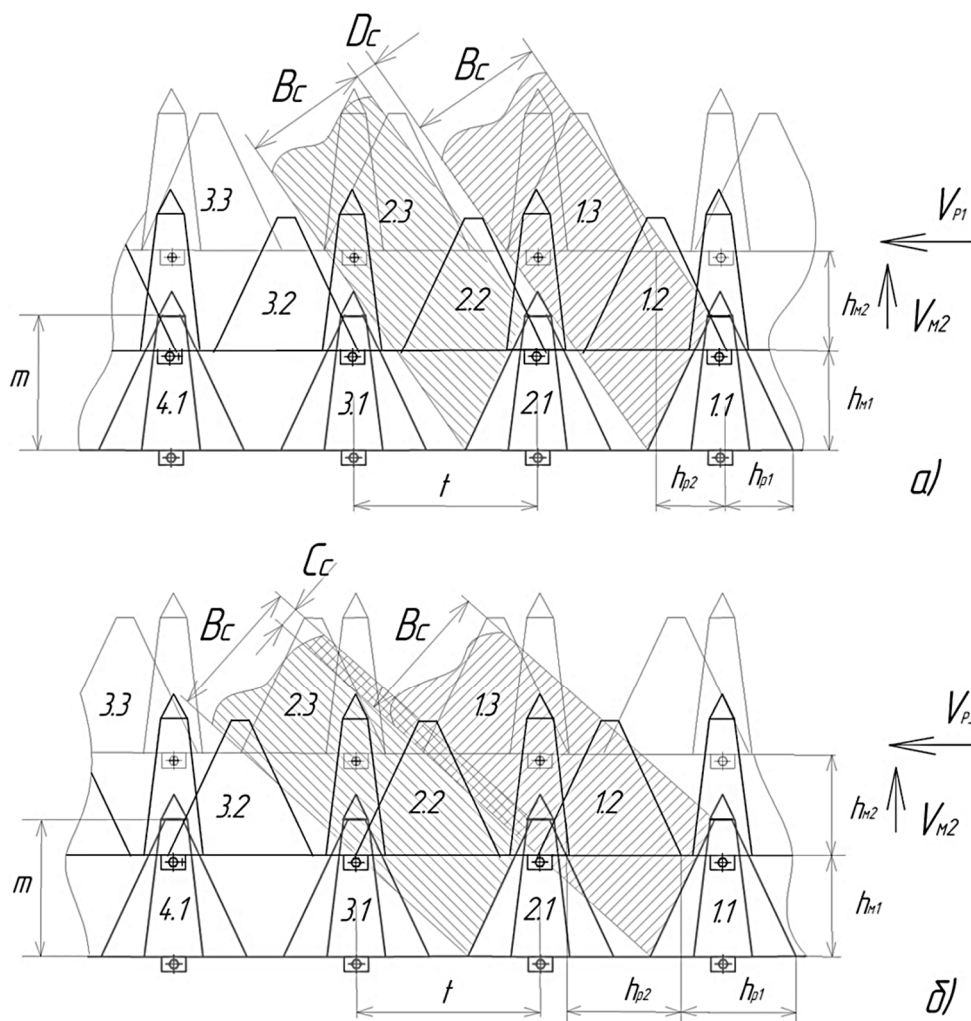


Рисунок 3 – Схема расположения сегментов и пальцев на бесконечной тяговой цепи режущего аппарата при $V_{p1} < V_{p3}$ и $V_{M2} = \text{Const}$

Figure 3 – Diagram of the arrangement of segments and fingers on the infinite traction chain of the cutting device at $V_{p1} < V_{p3}$ and $V_{M2} = \text{Const}$

Из рисунков 1-3 следует, что наличие зоны перекрытия полос среза растений соседними сегментами Cc и полосы несрезанных растений Dc определяется конструктивными факторами (шаг установки режущих элементов на сегментно-пальцевом режущем аппарате, высота режущей части сегмента и др.) и режимными параметрами (линейная скорость машины V_m и режущих элементов V_p и их соотношение). Следовательно, для качественного среза растений (отсутствием полос несрезанных растений) и высокопроизводительной работы жатки (отсутствием зон перекрытия полос среза растений соседними сегментами) необходимо знать некоторые конструктивные и режимные параметры сегментно-пальцевого режущего аппарата предложенной конструкции.

Определим один из важнейших конструктивных параметров сегментно-пальцевого режущего аппарата нормального резания с бесконечным ножевым контуром и подпорным принципом резания – шаг установки режущих элементов на ножевом контуре t .

Рассмотрим схему, представленную на рисунке 2.

Шаг установки режущих элементов на ножевом контуре t равен отрезку AC . Из $\triangle ABD$ следует, что

$$tg\beta = BD/AB. \quad (2)$$

$$\text{Т.к.} \quad BD = V_{m2} \cdot T, \quad (3)$$

где T – время перемещения сегмента 1 из положения 1.1 в положение 1.2, сегмента 2 – соответственно из 2.1 в 2.2 и т.п.

$$AB = V_{p2} \cdot T, \quad (4)$$

примечание: в дальнейшем принимаем, что $V_{m2} = V_m$ и $V_{p2} = V_p$, то, с учетом (3) и (4) выражение (2) представим следующим образом:

$$tg\beta = V_m / V_p. \quad (5)$$

$$\text{Но} \quad tg\beta = m / AB,$$

где m – высота режущей части сегмента,

$$\text{откуда } AB = m / tg\beta.$$

С учетом выражения (5)

$$AB = m \cdot V_p / V_m. \quad (6)$$

Из $\triangle BCD$

$$tg\alpha = m / BC,$$

откуда

$$BC = m / tg\alpha \quad (7)$$

$$AC = AB + BC = m (V_p / V_m + 1 / tg\alpha) .$$

Таким образом,

$$t = m \left(\frac{V_p}{V_m} + \frac{1}{tg\alpha} \right). \quad (8)$$

Определим значение t для конструкции режущего аппарата, изготовленного в соответствии с разработанной схемой по патенту РФ №2729492 (авторы патента: Рядин А. И., Шарипов Р. В., Бариль В. А.). Фотография данного режущего аппарата представлена на рисунке 4.



а)



б)

Рисунок 4 – Нож режущего аппарата (а – вид спереди, б – вид сверху)

Figure 2 – Knife of the cutting device (a-front view, b-top view)

Нож режущего аппарата данной конструкции был собран из сегментов типа 3 (ГОСТ 158-74. Сегменты, пластины противорежущие и полосы ножевые режущих аппаратов сельскохозяйственных машин. Технические условия. Взамен: ГОСТ 158-67. М.: Издательство стандартов, 2001), противорежущих пластин типа 2 в исполнении 2, установленных на ножевой полосе типа 2 в исполнении 2.

Для выбранного сегмента $m = 51$ мм, $\operatorname{tg} \alpha = 1,31$ ($\alpha = 52^\circ$), тогда:

$$t = 51 \left(1 + \frac{1}{1,31} \right) = 89,9 \text{ мм.}$$

Таким образом, в соответствии с ГОСТ 158-74 выбираем стандартный шаг установки режущих элементов на ножевом контуре $t = 90$ мм.

Построение схем расположения сегментов и пальцев на бесконечной тяговой цепи режущего аппарата при различных сочетаниях V_p и V_m показало, что полосы несрезанных растений D_c при скашивании веничного сорго будут отсутствовать даже при сломанных трех рядом расположенных сегментах, если выполняется условие $V_p = (1,25..1,3) V_m$. Такое соотношение V_p и V_m соответствует рекомендациям, представленным в работе [8].

Жатка с режущим аппаратом предлагаемой конструкции может быть установлена на соргоуборочном комбайне, разработанном в Волгоградском ГАУ. Данный соргоуборочный комбайн смонтирован на самоходном шасси Т-16М и позволяет обмолачивать на корню один рядок сорго с последующим срезом стеблей.

Для повышения часовой производительности комбайна:

$$W_q = 0,36 B_p v_p \tau, \quad (9)$$

где B_p – рабочая ширина захвата, м; v_p – рабочая скорость, м/с; τ – коэффициент использования времени смены.

При высоком уровне организации труда ($\tau \rightarrow \tau_{\max}$) необходимо увеличивать ширину захвата жатки и рабочую скорость комбайна. Но при этом следует учитывать, что при определенной урожайности сельскохозяйственной культуры загрузка молотилки должна быть оптимальной. Поэтому целесообразность увеличения ширины захвата жатки при допустимой по уровню потерь зерна и условиям работы

комбайнера скорости комбайна определяется пропускной способностью молотилки данного комбайна. Кроме того, как отмечено в работе [5], увеличение ширины захвата жатки приводит к ее громоздкости, маломаневренности, к повышению трудоёмкости в обслуживании и транспортировке. В работе [6] делается вывод, что уменьшение ширины захвата жатки практически не влияет на производительность комбайна в связи с возможным увеличением рабочей скорости в 1,5-2,0 раза по сравнению с комбайном, оборудованным широкозахватной жаткой. Кроме того, потери зерна за комбайнами с узкозахватными жатками при уборке пшеницы на скорости до 8 км/ч составляют 1,7 %, а с широкозахватными жатками при тех же условиях, но на скорости 4 км/ч достигают 3 % [16].

Выводы. Таким образом, для разработанной конструкции сегментно-пальцевого режущего аппарата нормального резания с бесконечным ножевым контуром и подпорным принципом резания графически установлена возможность появления зоны перекрытия полос среза растений соседними сегментами и полосы несрезанных растений, которые зависят от конструктивных параметров: шага установки режущих элементов на сегментно-пальцевом режущем аппарате, высоты режущей части сегмента и других, а также от режимных показателей – линейных скоростей машины и режущих элементов и их соотношения. Определен шаг установки режущих элементов на ножевом контуре, равный 90 мм.

Библиографический список

1. Алдошин Н. В., Золотов А. А., Лылин Н. А. Совершенствование конструкции сегментно-пальцевых режущих аппаратов // Вестник НГИЭИ. 2017. № 6 (73). С. 46-53.
2. Бумбар И. В., Кузнецов Н. С., Вязьмин М. И. Исследование среза растений сельскохозяйственных культур методом моделирования реального процесса // Вестник ДальГАУ. 2009. № 3. С. 75-79.
3. Голушко В. П., Попов В. Б., Чаус В. П. Анализ работы режущего аппарата на скашивании тонкостебельных культур // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. 2008. № 2. С. 71-76.
4. Зайцев Д. А., Корнилов Д. А., Борисов С. А. Методика принятия решения по внедрению информационного обеспечения инновационной деятельности на IT-предприятии // Фундаментальные исследования. 2015. № 12-3. С. 566-570.
5. К обоснованию конструктивных параметров режущего аппарата жаток с прямолинейным движением несущих-режущих элементов / М. М. Константинов, А. П. Ловчиков, П. С. Минин, П. А. Косов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (41). С. 94-97.
6. Кузьмин М. В. Предельные законы теории производительности машинно-технологических агрегатов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 10. С. 6-8.
7. Ловчиков А. П. Обоснование конструктивно-режимных параметров режущего аппарата двойного среза стеблей с бесконечно несущим приводом // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (59). С. 78-81.
8. Методика выбора скорости соргоуборочного комбайна при отказах режущего аппарата / А. И. Ряднов, О. А. Федорова, Р. В. Шарипов, А. С. Фаронов // Успехи современной науки. 2017. № 3 (6). С. 202-206.
9. Минин П. С., Ловчиков А. П. К обоснованию конструктивных параметров режущего аппарата бесподпорного резания для комбайновых жаток с поступательным движением режущих элементов // Вестник КрасГАУ. 2013. № 8. С. 161- 167.
10. Погоров Т. А. Теоретическое обоснование бесподпорного резания стеблей растений шнековым режущим аппаратом с горизонтальной осью вращения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 2(22). С. 177-191.
11. Ряднов А. И., Федорова О. А., Фаронов А. С. Повышение работоспособности режущего аппарата жатки соргоуборочного комбайна // Научно-практический журнал «Пермский аграрный вестник». 2018. № 4 (24). С. 28-33.

12. Труфляк И. С. Теоретическое обоснование резания стеблей шнековым режущим аппаратом // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 101. С. 2282-2297.

13. Труфляк Е. В., Труфляк И. С., Разгонов Г. В. Оптимизация геометрических размеров и кинематических характеристик шнекового режущего аппарата // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 136. С. 36-54.

14. Фаронов А. С., Ряднов А. И., Федорова О. А. Сравнение режущих аппаратов соргоуборочного комбайна по показателям технологичности // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 349-355.

15. Patel S. K., Varshney B. P. Modeling of wheat crop harvesting // Agric Eng Int: CIGR Journal. 2014. Vol. 16. No.2. P. 97-102.

16. Stockman W. And Hers und Nieren untersch. DLG Mitteilungen. 1986. V. 101. № 17. P. 955-956.

Conclusions. Thus, for the developed design of a segment-finger cutting device of normal cutting with an infinite knife contour and a retaining cutting principle, the possibility of the appearance of an overlap zone of plant cut strips by neighboring segments and a strip of uncut plants, which depend on the design parameters: the installation step of the cutting elements on the segment-finger cutting device, the height of the cutting part of the segment, and others, as well as on the performance indicators – the linear speeds of the machine and the cutting elements and their ratio, is graphically established. The installation step of the cutting elements on the knife contour is determined to be 90 mm.

References

1. Aldoshin N. V., Zolotov A. A., Lylin N. A. Improving the design of segment-finger cutting devices. 2017. No. 6 (73). P. 46-53.

2. Bumber I. V., Kuznetsov N. S., Vyazmin M. I. Investigation of crop cross-section by modeling the real process // Vestnik DalGAU. 2009. No. 3. pp. 75-79.

3. Golushko V. P., Popov B. V., Chaus V. P. the Analysis of the work cutting apparatus for cutting crops tonkostennykh // Bulletin of the University them. P. O. Sukhoi. 2008. No. 2. P. 71-76.

4. Zaitsev D. A., Kornilov D. A., Borisov S. A. It It. 2015. № 12-3. P. 566-570.

5. To substantiate the design parameters of the cutting device of reapers with rectilinear movement of bearing-cutting elements / M. M. Konstantinov [et al.] // Izvestiya Orenburg state Agrarian University. 2013. No. 3 (41). Pp. 94-97.

6. Kuzmin M. V. Limiting laws of the theory of productivity of machine-technological aggregates // Mechanization and electrification of agriculture. 2005. No. 10. P. 6-8.

7. Lovchikov A. P. Substantiation of the structural and regime parameters of the re-jecting apparatus of a double cut of stems with an infinitely bearing drive // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. 2016. No. 3 (59). Pp. 78-81.

8. Method of selecting the speed of a sorghum harvester in case of failures of the cutting device / A. I. Ryadnov [et al.] // Uspekhi sovremennoy nauki 2017. No. 3 (6). Pp. 202-206.

9. Minin P. S., Lovchikov A. P. To substantiation of constructive parameters of the cutting device of non-pressure cutting for combine harvesters with translational movement of cutting elements // Vestnik KrasGAU. 2013. No. 8. Pp. 161-167.

10. Pogorov T. A. Theoretical justification of unsupported cutting of plant stems with a screw cutting device with a horizontal axis of rotation // Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2016. No. 2 (22). Pp. 177-191.

11. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Faronov A. S. Povyshenie operability of the cutting apparatus of the sorghum harvester // Nauchno-prakticheskiy zhurnal "Permskiy agrarnyj vestnik". 2018. No. 4 (24). Pp. 28-33.

12. Truflyak I. S. Theoretical justification for cutting the stems of the screw cutting apparatus // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian University. 2014. No. 101. P. 2282-2297.

13. Truflyak E. V., Truflyak I. S., Razgonov G. V. Optimization of geometric dimensions and kinematic characteristics of the screw cutting device // Poly-thematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2018. No. 136. Pp. 36-54.

14. Faronov A. S., Ryadnov A. I., Fedorova O. A. Comparison of cutting apparatuses of a sorghum harvester by technological performance indicators // Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: science and higher professional education. 2018. No. 3 (51). Pp. 349-355.

15. Patel S. K., Varshney B. P. Modeling of wheat crop harvesting // Agric Eng Int: CIGR Journal. 2014. Vol. 16. No. 2. P. 97-102.

16. Stockman W. And Hers und Nieren untersch. DLG Mitteilungen. 1986. V. 101. № 17. P. 955-956.

Authors Information

Ryadnov Alexey Ivanovich, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), honored worker of the higher school of the Russian Federation, doctor of agricultural Sciences, Professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Fedorova Olga Alekseevna, Professor of the Department of "Technical systems in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), Doctor of Technical Sciences, associate Professor,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, E-mail: foa_77@mail.ru;

Baril Vadim Alekseevich, Graduate student of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4781-2757>. E-mail: vbaril@yandex.ru.

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Федорова Ольга Алексеевна, профессор кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор технических наук, доцент,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, E-mail: foa_77@mail.ru;

Бариль Вадим Алексеевич, аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4781-2757>. E-mail: vbaril@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-35

DIGITAL TECHNOLOGIES AND INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS OF THE IRRIGATION COMPLEX TAKING INTO ACCOUNT THE ACTUAL MOISTURE RESERVES

D. A. Solovyev, G.N. Kamyshova, D. A. Kolganov, N. N. Terekhova

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov

Received 06.02.2021

Submitted 12.03.2021

Summary

Based on digital and intelligent technologies, a control system for the irrigation complex was developed, taking into account the actual moisture reserves. It allows both to optimize irrigation rates, depending on the level of actual moisture reserves of the field areas, and to ensure optimal operation of sprinkler equipment at each irrigation site by introducing neurocontrollers into the control system. The

proposed architecture of an intelligent control system for an irrigation complex makes it possible both to integrate it into the structure of digital decision support platforms and to use it in the development of new types of sprinkler machines.

Abstract

Introduction. Irrigation technical means based on intelligent and digital technologies are in demand on the domestic market, since the task is to increase both the economic and environmental efficiency of irrigated lands and ensure import substitution of foreign sprinkler equipment. Thus, the expediency of developing domestic technologies for improving irrigation systems based on digital technologies and artificial intelligence methods is obvious. **Object.** The object of research is digital models of soil moisture parameters for differentiating irrigation regimes and neural network methods for controlling of irrigation machines. **Materials and methods.** The paper considers an approach to the design of an intelligent control system for an irrigation complex, taking into account the actual moisture reserves based on digital technology for differentiating irrigation regimes by the depth of the calculated soil layer and pre-irrigation moisture threshold and optimizing the control of sprinklers based on artificial neural networks. The study is based on research materials carried out on the experimental farm of the university and databases of long-term observations of the main irrigated crops in the Saratov region. **Results and conclusions.** Based on digital and intelligent technologies, a control system for the irrigation complex was developed, taking into account the actual moisture reserves. This allows both to optimize irrigation rates depending on the level of actual moisture reserves in specific areas of the field, and to support optimal performance of irrigation equipment at each irrigation site by introducing neurocontrollers into the control system. The proposed architecture of an intelligent control system for an irrigation complex makes it possible both to integrate it into the structure of digital decision support platforms and to use it in the development of new types of sprinkler machines.

Key words: *digital technologies, intelligent systems, actual moisture reserves, differentiation of irrigation modes, neural network methods.*

Citation. Solovyev D.A., Kamyshova G.N., Kolganov D.A., Terekhova N.N. Digital technologies and intelligent control systems of the irrigation complex taking into account the actual moisture reserves. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 368-379 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-35.

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

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

УДК 631.171, 631.67

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ С УЧЕТОМ ФАКТИЧЕСКИХ ВЛАГОЗАПАСОВ

Д. А. Соловьев, доктор технических наук, доцент

Г. Н. Камышова, кандидат физико-математических наук, доцент

Д. А. Колганов, кандидат технических наук, доцент

Н. Н. Терехова, кандидат технических наук, доцент

Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова, г. Саратов

Дата поступления в редакцию 06.02.2021

Дата принятия к печати 12.03.2021

Актуальность. Технические средства орошения на основе интеллектуальных и цифровых технологий востребованы отечественным рынком в силу необходимости решения проблемы повышения экономической и экологической эффективности эксплуатации орошаемых земель и обеспечения импортозамещения зарубежной дождевальнoй техники. Таким образом, очевидна целесообразность разработки отечественных технологий совер-

шенствования оросительных комплексов на основе цифровых технологий и методов искусственного интеллекта. **Объект исследования** – цифровые модели параметров увлажнения почвы для дифференциации режимов орошения и нейросетевые методы управления дождевальными машинами. **Материалы и методы.** Рассматривается подход к проектированию интеллектуальной системы управления оросительным комплексом с учетом фактических влагозапасов на основе цифровой технологии дифференциации режимов орошения по предполивному порогу влажности и глубине расчетного слоя почвы и интеллектуальные, нейросетевые методы оптимизации управления дождевальными машинами. Исследование основано на материалах исследований, проводимых на базе экспериментального хозяйства университета и базах данных многолетних наблюдений основных поливных культур Саратовской области. **Результаты и выводы.** Представлены результаты разработки интеллектуальной системы управления оросительным комплексом с учетом фактических влагозапасов, позволяющей как оптимизировать нормы полива в зависимости от уровня фактических влагозапасов участков поля, так и обеспечивать оптимальную эксплуатацию дождевальной техники на каждом участке орошения за счет внедрения нейроконтроллеров в систему управления. Предложенная архитектура интеллектуальной системы управления оросительным комплексом позволяет как интегрировать ее в структуру цифровых платформ поддержки принятия решений, так и использовать при разработке новых образцов дождевальных машин.

Ключевые слова: цифровые технологии, интеллектуальные системы управления, фактические влагозапасы, дифференциация режимов орошения, нейроконтроллеры.

Цитирование. Соловьев Д. А., Камышова Г. Н., Колганов Д. А., Терехова Н. Н. Цифровые технологии и интеллектуальные системы управления оросительным комплексом с учетом фактических влагозапасов. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 368-379. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-35.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Изменение климата, сокращение площадей сельскохозяйственных угодий и недостаток водных ресурсов выступают ключевыми вызовами на фоне стремительного увеличения спроса на продовольствие. В аграрном секторе происходит трансформация, вызванная новыми технологиями, что позволит этому сектору перейти на новый уровень производительности. Точное земледелие, которое заключается в применении необходимых ресурсов, когда и где это необходимо, стало третьей волной современной аграрной революции. В настоящее время расширяется применение цифровых и интеллектуальных технологий за счет увеличения доступности больших объемов данных и технологий их обработки. Большие данные теперь используются для того, чтобы дать фермерам прогностическую информацию о сельскохозяйственных операциях и операционных решениях в режиме реального времени. Искусственный интеллект в режиме реального времени позволяет компьютерным программам генерировать подробные рекомендации и идеи, помогающие фермерам принимать правильные решения. Несмотря на то, что в России существует значительный потенциал земельных и водных ресурсов для орошаемого земледелия, достичь кардинального повышения эффективности сельского хозяйства в целом и орошаемого земледелия в частности можно только за счет цифровизации и интеллектуализации. Это доказывает опыт ведущих мировых аграрных стран, для которых доля фермерских хозяйств, использующих цифровые технологии, составляет от 60 % (США) до 80 % (страны Евросоюза). А в России по оценкам экспертов это только 10 %. При этом общий уровень цифровизации находится на пятнадцатом месте в мире, а уровень цифровизации сельского хозяйства на сорок

пятом [2]. По данным Международного института исследований продовольственной политики, цифровые технологии могут помочь нам достичь увеличения продуктивности фермерских хозяйств на 67 % к 2050 году [11].

Техническое обеспечение орошаемого земледелия - один из центральных параметров его эффективности. В последнее десятилетие, самым активным образом в орошаемое земледелие внедряются многоопорные дождевальные машины кругового действия зарубежного и отечественного производства. Зарубежная дождевальная техника обладает более высокими характеристиками автоматизации и надежности полива, но при этом и значительной стоимостью и зачастую сложностью эксплуатации [3].

В последние годы большое количество зарубежных исследований было сосредоточено на применении методов интеллектуального анализа данных и глубокого обучения для повышения эффективности орошения. Так, Е. Гуисти и С. Марсили-Либеле [7] разработали интеллектуальную систему управления орошением на основе фузи логики, Х. Наварро-Хел, Ж. Мартинез дель Рикон, Р. Доминго-Мингуель и Ф. Сото [5] систему поддержки принятия решений для управления орошением, Х. Сонг, Ж. Джанг, Ф. Ли, Ю. Жао и Ж. Янг [9] исследовали пространственно-временное распределение влажности почвы. В то же самое время, интеллектуальные и цифровые технологии и технические средства орошения на их основе в России развиты очень слабо. Целью исследования является разработка решений по совершенствованию управления оросительными комплексами на основе цифровых технологий и методов искусственного интеллекта.

Материалы и методы. Исследования по разработке концепции интеллектуальной системы управления оросительным комплексом с учетом фактических влагозапасов проводились в Саратовской области. Объектом исследований выступает совокупность параметров увлажнения почвы для дифференциации режимов орошения и параметров управления дождевальными машинами. Экспериментальные исследования проводились в Саратовской области (Россия) в учебно-научно-производственном объединении «Поволжье» Саратовского государственного аграрного университета и экспериментальной площадке ООО «Наше дело». Помимо этого, применялись данные многолетних исследований основных сельскохозяйственных культур на основных орошаемых участках Саратовской области. Техническим объектом моделирования выступила дождевальная машина кругового действия «Каскад» с соответствующим оборудованием, позволяющим в режиме реального времени отображать данные в комплексной цифровой платформе Агросигнал.

В основу проектирования интеллектуальной системы управления оросительным комплексом положены две составляющие:

- 1) Дифференциация режимов орошения с учетом дифференцированной потребности поливных культур в воде в разные фазы роста и развития и пространственную изменчивость природных условий конкретного орошаемого агроландшафта.
- 2) Оптимизация управления дождевальными машинами, позволяющая обеспечить точность достижения оптимальных норм полива в зависимости от уровня фактических влагозапасов участков поля.

Первая составляющая – это цифровая технология, реализованная на высокоуровневом языке программирования Python, оптимизации параметров увлажнения расчетного слоя почвы на основе баз данных и знаний определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвенных разностей Саратовской области для основных поливных культур. Вторая составляющая – нейроконтроллеры, интегрированные в систему управления дождевальной машины, обеспечивающие точность внесения оптимальных норм полива на каждом участке.

Результаты и обсуждение. В связи с тем, что основными параметрами, определяющими величину поливной нормы, являются мощность увлажняемого слоя почвы и ее предполивная влажность, вытекающие из биологических особенностей возделывае-

мой культуры в различные фазы роста и развития, а также плотность сложения и влажность при наименьшей влагоемкости увлажняемых горизонтов почвы, значительно различающиеся для разных почвенных разностей и гранулометрических составов, неверный их выбор может привести как к иссушению корнеобитаемого слоя, соответственно к потере продуктивности поливных посевов, так и к избыточной водоподаче, приводящей к непроизводительным потерям оросительной воды, ее фильтрации в грунтовые воды, достигающей на отдельных оросительных системах Саратовской области 15-20 % от суммарной подачи воды на орошение.

Каждая дождевальная машина в составе оросительного комплекса расположена на конкретном участке, имеющем определенные гео-координаты, что обуславливает наличие пространственной изменчивости почвенных, геоморфологических, гидрогеологических условий (рисунок 1). Помимо этого, возможно наличие пространственно-временной изменчивости как сельскохозяйственной культуры, так и ее фазы роста и развития.

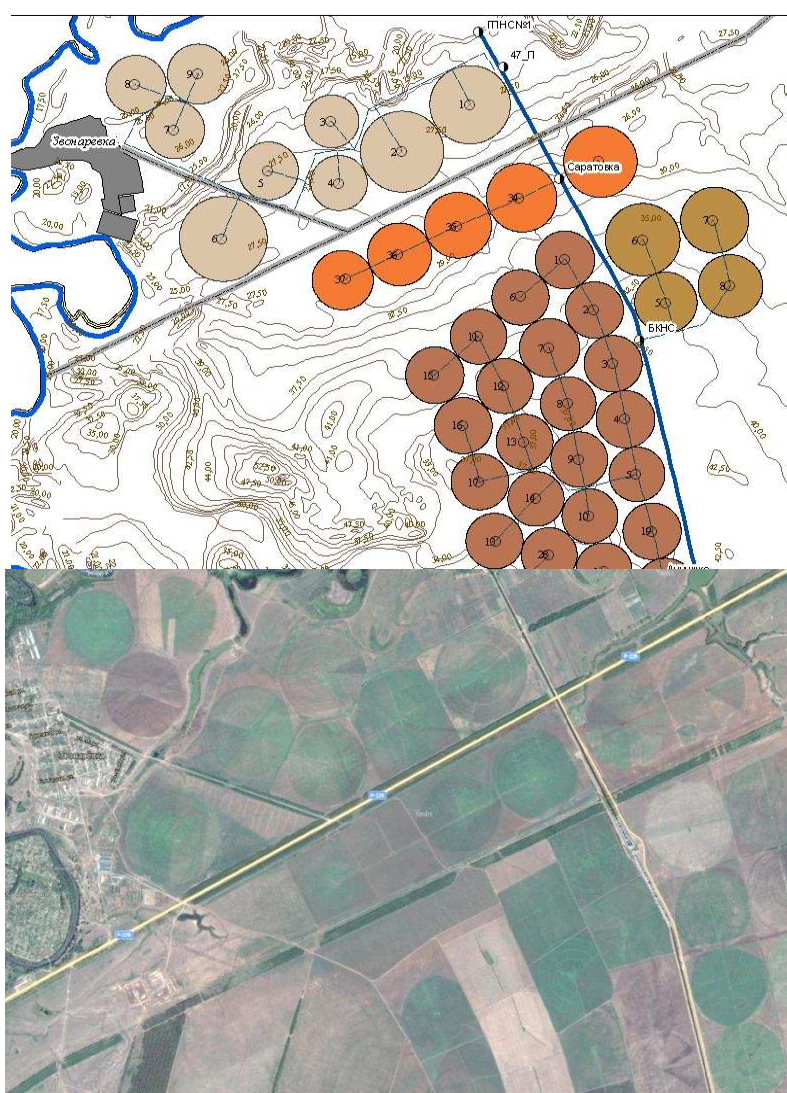


Рисунок 1 – Оросительный комплекс с широкозахватными дождевальными машинами кругового действия на участке исследования: слой цифровой карты (сверху), снимок (снизу)

Figure 1 – Irrigation complex with wide-grip pivot irrigation machines in the study area: digital map layer (top), snapshot (bottom)

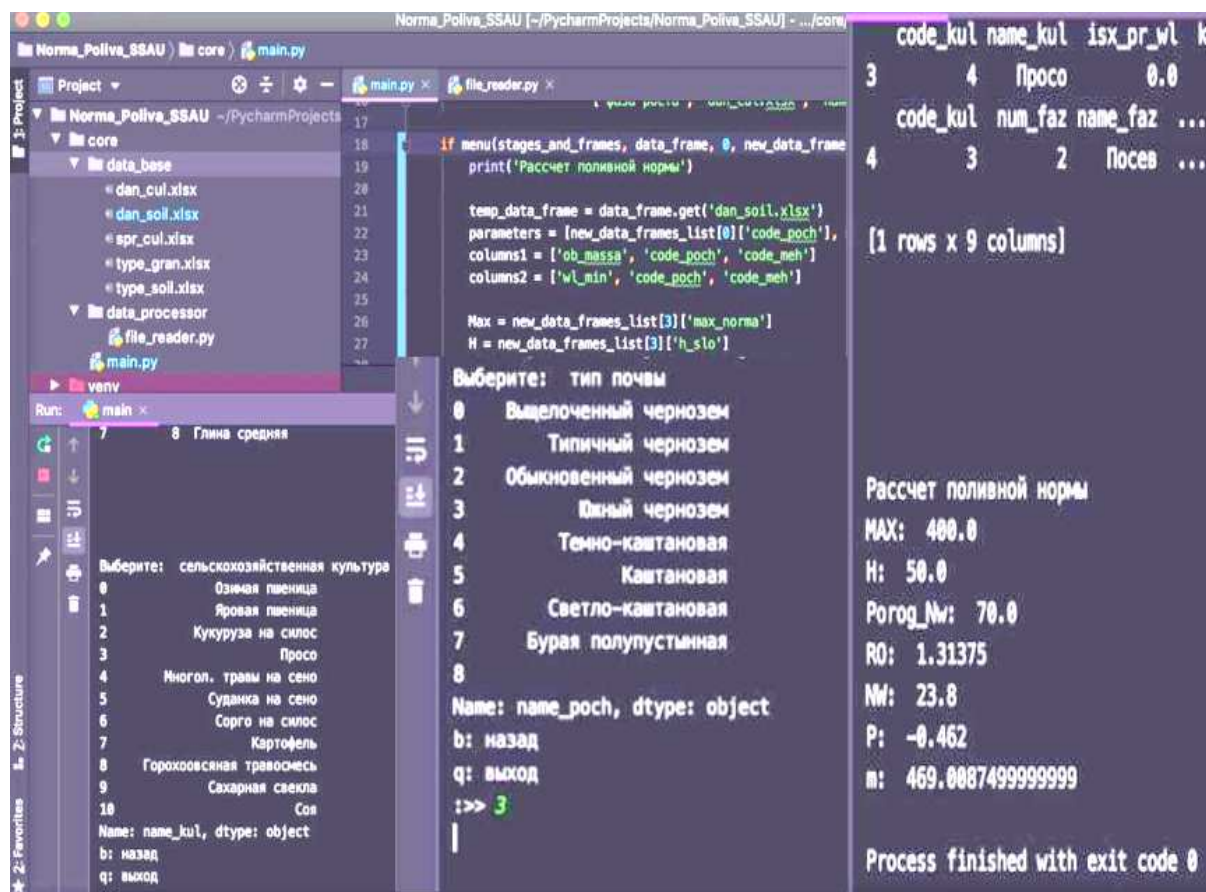
Как известно, поливные нормы (m , м³/га) определяются исходя из основных водно-физических свойств орошаемых почв и особенностей водопотребления растений, по формуле А. Н. Костякова (например, ГОСТ Водопотребность для орошения сельскохозяйственных культур):

$$m = 100hr(W_{\text{нв}} - W_{\text{нпв}}), \quad (1)$$

где h (м) – величина и $г$ (т/м³) – плотность расчетного слоя почвы; $W_{\text{нв}}$ и $W_{\text{нпв}}$ – влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости почвы и нижнему предполивному порогу влажности почв, % к массе абсолютно сухой почвы.

Для таких поливных культур, как соя, кукуруза, озимая пшеница, сорго, люцерна, сахарная свекла, картофель, козлятник, просо, костер был проведен анализ условий поливного земледелия Саратовской области. Исходя из этого были установлены дифференциации режимов орошения, учитывающие предполивной порог влажности и глубину увлажняемого слоя.

Для оптимизации параметров увлажнения на основе разработанных баз данных и знаний определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвенных разностей Саратовской области для основных поливных культур разработана цифровая технология на базе языка программирования Python. Демонстрация работы приведена на рисунке 2.



а)

б)

Рисунок 2 – Экранные формы выбора типа почвы и сельскохозяйственной культуры (а) и вывода оптимальных параметров увлажнения (б)

Figure 2 – Screen forms for selecting the type of soil and agricultural crops (a) and displaying the optimal moisture parameters (б)

Результатом ее работы является нахождение оптимального параметра поливной нормы m_k^* для к-того участка орошения с учетом типа почвы, ее гранулометрического состава и информации о сельскохозяйственной культуре, ее фазе роста и развития.

Вторым компонентом интеллектуальной системы выступает управление дождевальной машиной на участке орошения.

На основе данных полевых исследований на экспериментальной базе проведен анализ треков движения и фактических скоростей движения дождевальной машины в режиме реального времени в привязке к геолокации (рисунок 3). Анализ показал, что фактические значения имеют отклонения от устанавливаемых, и показатель отклонения составляет 8-13 % в зависимости от пространственной и временной локации. Поливные нормы при этом имеют отклонения на 7,4-11 % от требуемых.

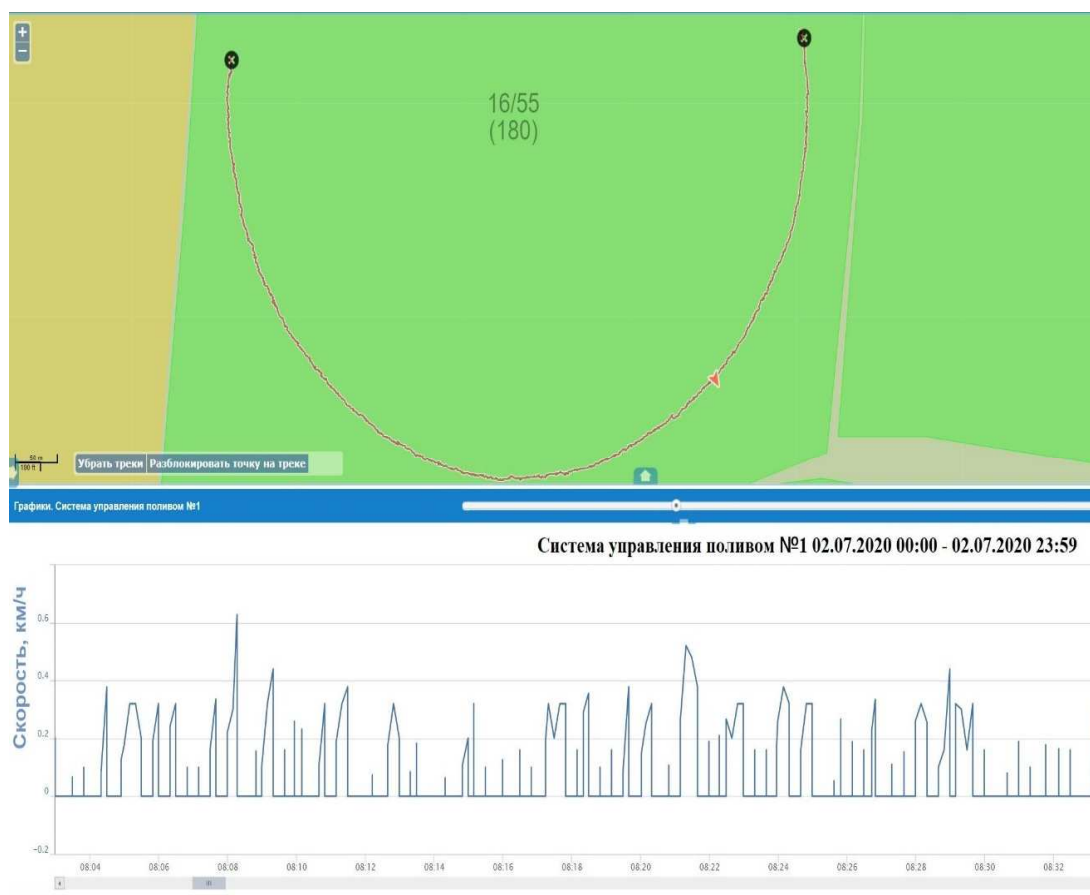


Рисунок 3 – Треки движения и графики скоростей дождевальной машины кругового действия

Figure 3 – Tracks and speed graphs of pivot irrigation machines

Известно [4], что поливная норма :

$$m = \frac{600Q}{2\pi RV_c},$$

где V_c – средняя скорость движения тележки, м/мин., Q – расход воды дождевальной машиной и R – радиус полива.

Таким образом, она является функцией скорости:

$$m = f(V).$$

Поэтому достижение оптимального значения поливной нормы m_k^* для к-того участка орошения возможно только за счет внедрения эффективных механизмов управления скоростью дождевальной техники. К таким механизмам можно отнести нейроконтроллеры скорости дождевальной машины. Нейроуправление техническими объектами относится к активно развивающемуся современному направлению интеллектуализации технических систем [10]. Многослойные нейронные сети [12] имеют многочисленные применения в управлении техническими объектами и системами. В этой связи их можно использовать для управления дождевальными машинами как адаптивные регуляторы. При этом управляющее воздействие с оптимальными характеристиками вырабатывается в ходе обучения нейросети, и именно оно поступает на вход системы. В нашем случае оптимальное значение скорости V_k^* находится из уравнения:

$$m_k^* = f(V).$$

Внедрение методов нейроуправления в системы управления оросительными машинами позволяет повысить качество их функционирования. Непосредственно в вычислительном модуле системы синтезируется нейроконтроллер, который для заданного момента времени при известных значениях входных возмущений находит значение управляющего воздействия с последующей его реализацией в модуль контроля. Задача управления нейронной сетью – максимально приблизить фактическое значение скорости к требуемому V_k^* .

Для синтеза нейроконтроллера можно использовать различные программные продукты. Нами использовался алгоритм, реализованный в среде Matlab (пакет Neural Network Toolbox) [6]. Схема нейронной сети и результаты нейромоделирования показаны на рисунке 4.

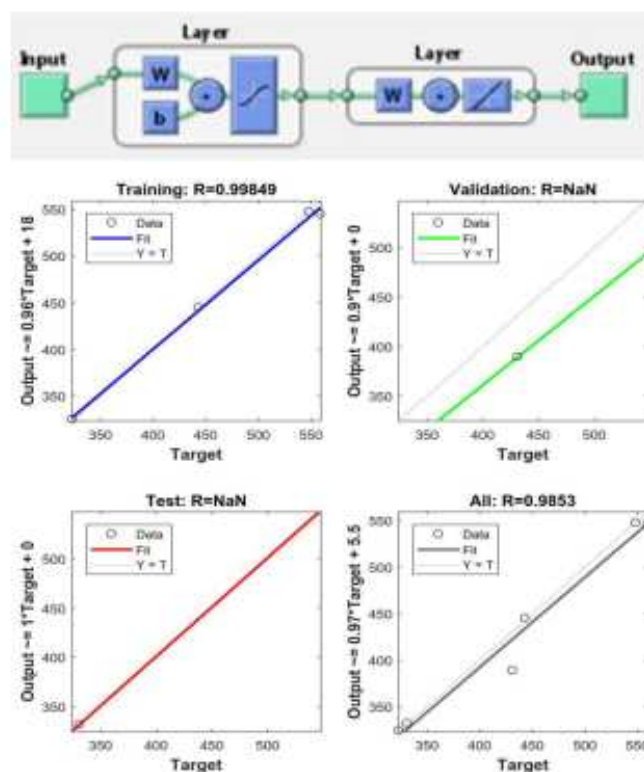


Рисунок 4 – Схема нейронной сети (сверху) и результаты нейромоделирования в Matlab (снизу)

Figure 4 – Neural network diagram (top) and results of neuromodeling in Matlab (bottom)

После обучения регулятор используется в контуре управления, снижая отклонения до 1-3 %. Модель синтеза нейрорегуляторов и нейроуправления скоростью дождевальных машин исследована в [1], [8], где также представлена функциональная схема управления с интегрированным нейрорегулятором.

Таким образом, архитектура интеллектуальной системы управления оросительным комплексом с учетом фактических влагозапасов имеет вид (рисунок 5):



Рисунок 5 – Архитектура интеллектуальной системы управления оросительным комплексом

Figure 5 – Architecture of an intelligent control system for an irrigation complex

Результаты исследований по апробации предложенной системы показали следующие результаты. На примере кукурузы на зерно был произведен расчет поливных норм всего орошаемого массива (таблица 1).

Таблица 1 – Расчет поливных норм кукурузы на зерно

Table 1 – Calculation of irrigation rates of maize for grain

Наименование величин / Name of quantities	Фаза вегетации кукурузы / Maize vegetation phase			
	Посев- всходы / Sowing- seedlings	6-7 настоящих листьев / 6-7 true leaves	Вымет ме- телки / Sweep the panicles	Молочная спелость / Milk ripeness
Глубина расчетного слоя, м / Design layer depth, m	0,5	0,7	0,8	0,8
Плотность, т/м ³ / Density, t / m ³	1,24	1,25	1,27	1,27
Наименьшая влагоемкость, % The smallest moisture capacity, %	21,8	20,7	20,1	20,1
Влажность при нижнем пороге, %НВ / Humidity at the lower threshold,% НВ	0,70	0,75	0,75	0,70
Принятая поливная норма, м ³ /га Accepted irrigation rate, m ³ / ha	400	450	500	600

Рассмотрев 40 участков орошения и произведя расчет поливных норм с использованием цифровой технологии оптимизации параметров увлажнения на основе баз данных и знаний определения оптимальных параметров увлажнения расчетного слоя почвенных разностей Саратовской области для основных поливных культур, найдены отклонения принятых поливных норм от оптимальных (расчетных) с учетом пространственно временной изменчивости конкретного орошаемого участка. Вторым этапом исследовалось отклонение поливных норм, возникающее вследствие неоптимальной работы дождевальной техники, а именно отклонения фактических скоростей от требуемых, так называемое техническое. Общие сведения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ факторов отклонения поливных норм

Table 2 – Analysis of factors of deviation of irrigation rates

Наименование величин / Name of quantities	Количество участков орошения / Number of irrigation sites	
	Расчетный фактор / Settlement factor	Технический фактор / Technical factor
Отклонение поливной нормы < 10 % / Irrigation rate deviation < 10%	8	6
Отклонение поливной нормы от 10 % до 20 % / Irrigation rate deviation from 10 % to 20 %	13	11
Отклонение поливной нормы от 20 % до 50 % / Irrigation rate deviation from 20 % to 50 %	10	12
Отклонение поливной нормы > 50 % / Irrigation rate deviation > 50 %	9	11

Тестирование системы управления осуществлялось на основе интеграции в комплексную цифровую платформу «Агросигнал» в научно-производственном объединении Саратовского государственного аграрного университета и показала повышение качества орошения и экономию около 10 % оросительной воды.

Выводы. Цифровые технологии, искусственные нейронные сети и основанные на них интеллектуальные технологии способны значительно повысить эффективность орошаемого земледелия за счет обеспечения высокого уровня точности орошения как в пространстве, так и во времени. Предложена архитектура интеллектуальной системы управления оросительным комплексом с учетом фактических влагозапасов. Она позволяет как оптимизировать нормы полива в зависимости от уровня фактических влагозапасов участков поля, так и обеспечивать оптимальную эксплуатацию дождевальной техники на каждом участке орошения за счет внедрения нейроконтроллеров в систему управления. Комбинация цифровых технологий и интеллектуальных систем управления техникой позволяет значительно снизить отклонения, оптимизируя таким образом параметры качества орошения. Разработанная система может быть востребована вследствие простоты ее использования как в системах поддержки принятия решений, так и возможности непосредственного внедрения в системы управления оросительными комплексами при разработке современных дождевальных машин.

Библиографический список

1. Моделирование нейроуправления скоростью дождевальных машин / Д. А. Соловьев, Г. Н. Камышова, Н. Н. Терехова, С. М. Бакиров // Аграрный научный журнал. 2020. № 7. С. 81-84.
2. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК в области точного сельского хозяйства, автоматизации и роботизации / Е. В. Труфляк [и др.]. Краснодар: КубГАУ, 2017. 199 с.
3. Ольгаренко Г. В. Реализация программы импортозамещения в области производства техники полива в Российской Федерации // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 1. С. 44-47.

4. Соловьев Д. А., Журавлева Л. А. Влияние режима движения дождевальных машин на норму полива // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 1 (41). С. 38-43.
5. A decision support system for managing irrigation in agriculture / H. Navarro-Hellin, J. Martinez-del-Ricon, R. Domingo-Miguel, F. Soto // Computers and Electronics in Agriculture. 2016. Vol. 124. P. 121-131.
6. Beale M., Hagan M., Demuth H. Neural Network Toolbox User's Guide // The MathWorks. Natick. 2015. 846 p.
7. Giusti E., Marsili-Libelli S. Fuzzy decision support system for irrigation and water conservation in agriculture // Environmental Modeling & Software. 2015. Vol. 63. P. 73-86.
8. Improving the efficiency of circular irrigation machines based on models of neural network irrigation control / D. Solov'yev, G. Kamysheva, S. Zatinatsky, D. Kolganov, N. Terekhova // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175. 05007.
9. Modeling spatio-temporal distribution of soil moisture by deep learning-based cellular automata model / X. Song, G. Zhang, F. Liu, D. Li, Y. Zhao, J. Yang // Journal of Arid Land. 2016. № 8. P. 734-748.
10. On Replacing PID Controller with Deep Learning Controller for DC Motor System / K. Cheon, J. Kim, M. Hamadache, D. Lee // Journal of Automation and Control Engineering. 2015. V. 3. № 6. P. 452-456.
11. Otsuka K., Fan Sh. Agricultural development: New perspectives in a changing // International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington DC, 2021.
12. Schmidhuber J. Deep Learning in neural networks: An overview // Neural Networks. 2015. V. 61. P. 85-117.

Conclusions. Digital technologies, artificial neural networks and intelligent technologies based on them can significantly increase the efficiency of irrigated agriculture by ensuring a high level of irrigation accuracy both in space and in time. The architecture of an intelligent control system for an irrigation complex is proposed, taking into account the actual moisture reserves. It allows both to optimize irrigation rates, depending on the level of actual moisture reserves of the field areas, and to ensure optimal operation of sprinkler equipment at each irrigation site by introducing neurocontrollers into the control system. The combination of digital technologies and intelligent control systems for equipment can significantly reduce deviations, thus optimizing the parameters of irrigation quality. The developed system can be in demand due to its ease of use both in decision support systems and the possibility of direct implementation into control systems of irrigation complexes in the development of modern sprinkler machines. control systems of irrigation complexes in the development of modern irrigation machines.

References

1. Simulation of neurocontrol of the speed of sprinkler machines / D. A. Soloviev, G. N. Kamysheva, N. N. Terekhova, S. M. Bakirov // Agrarian scientific journal. 2020. № 7. P. 81-84.
2. Monitoring and forecasting of scientific and technological development of the agro-industrial complex in the field of precision agriculture, automation and robotization / E. V. Truflyak [et al.]. Krasnodar: KubGAU, 2017. 199 p.
3. Olgarenko G. V. Implementation of the import substitution program in the production of irrigation equipment in the Russian Federation // Melioration and water management. 2018. № 1. P. 44-47.
4. Soloviev D. A., Zhuravleva L. A. Influence of the mode of movement of sprinklers on the irrigation rate // Bulletin of APK Verkhnevolzhya. 2018. № 1 (41). P. 38-43.
5. A decision support system for managing irrigation in agriculture / H. Navarro-Hellin, J. Martinez-del-Ricon, R. Domingo-Miguel, F. Soto // Computers and Electronics in Agriculture. 2016. Vol. 124. P. 121-131.
6. Beale M., Hagan M., Demuth H. Neural Network Toolbox User's Guide // The MathWorks. Natick. 2015. 846 p.
7. Giusti E., Marsili-Libelli S. Fuzzy decision support system for irrigation and water conservation in agriculture // Environmental Modeling & Software. 2015. Vol. 63. P. 73-86.

8. Improving the efficiency of circular irrigation machines based on models of neural network irrigation control / D. Solovyev, G. Kamyshova, S. Zatinatsky, D. Kolganov, N. Terekhova // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 175. 05007.

9. Modeling spatio-temporal distribution of soil moisture by deep learning-based cellular automata model / X. Song, G. Zhang, F. Liu, D. Li, Y. Zhao, J. Yang // Journal of Arid Land. 2016. № 8. P. 734-748.

10. On Replacing PID Controller with Deep Learning Controller for DC Motor System / K. Cheon, J. Kim, M. Hamadache, D. Lee // Journal of Automation and Control Engineering. 2015. V. 3. № 6. P. 452-456.

11. Otsuka K., Fan Sh. Agricultural development: New perspectives in a changing // International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington DC, 2021.

12. Schmidhuber J. Deep Learning in neural networks: An overview // Neural Networks. 2015. V. 61. P. 85-117.

Authors Information

Solovyev Dmitry Aleksandrovich, Acting Rector, Dean of the Faculty of Engineering and Environmental Engineering, Head of the Department of Technosphere Safety and Transport and Technological Machines, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova (410012, Saratov, Teatrnaya pl. 1), Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: rector@sgau.ru.

Kamyshova Galina Nikolaevna, Head of the Department of Mathematics, Mechanics and Engineering Graphics, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova (410012, Saratov, Teatrnaya pl. 1), Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, e-mail: gkamichova@mail.ru.

Kolganov Dmitry Alexandrovich, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety and Transport and Technological Machines, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova (410012, Saratov, Teatrnaya pl. 1), candidate of technical sciences, e-mail: dmi.kolg@mail.ru.

Terekhova Nadezhda Nikolaevna, Associate Professor of the Department of Mathematics, Mechanics and Engineering Graphics, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova (410012, Saratov, Teatrnaya pl. 1), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: nterekhova2015@yandex.ru.

Информация об авторах

Соловьев Дмитрий Александрович, врио ректора, декан факультета Инженерии и природообустройства, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины» Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, Театральная пл. 1), доктор технических наук, доцент, e-mail: rector@sgau.ru.

Камышова Галина Николаевна, заведующий кафедрой «Математика, механика и инженерная графика» Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, Театральная пл. 1), кандидат физико - математических наук, доцент, e-mail: gkamichova@mail.ru.

Колганов Дмитрий Александрович, доцент кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины» Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, Театральная пл. 1), кандидат технических наук, e-mail: dmi.kolg@mail.ru.

Терехова Надежда Николаевна, доцент кафедры «Математика, механика и инженерная графика» Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова (410012, г. Саратов, Театральная пл. 1), кандидат технических наук, доцент, e-mail: nterekhova2015@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-36

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE SEED DRILL SECTION FOR SOWING VEGETABLE AND MELON SEEDS SIMULTANEOUSLY WITH HYDROGEL

A. N. Tseplyaev, V. A. Tseplyaev, A.M. Magomedov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 06.02.2021

Submitted 10.03.2021

Abstract

The relevance is due to the peculiarities of the climate of the Volgograd region, which is mainly located in the steppe and semi-desert zones. As a result, one of the negative factors affecting crop production in the region is the drought, which causes enormous damage to crops. One of the methods of

controlling the death of seedlings due to drought is the introduction of hydrogel granules. **The purpose of the work** is to identify the positive effect of hydrogel granules on the seedlings of vegetable and melon crops and develop a section of the seeder for their application. **Materials and methods.** To identify the positive effect of saturated hydrogel on seedlings, experiments were conducted in the laboratory. Statistical data of experiments are collected in tables. For the introduction of pellets, it is proposed to use the developed section of the vegetable seeder for precise seeding with simultaneous sowing of seeds. Field experiments were conducted to identify the characteristics of hydrogel granules application. **Results.** According to the experiments, the dependences of the growth of seedlings on time were obtained. A comparison was made between tomato seed sprouts, seed and hydrogel sprouts, seed sprouts and introduced saturated hydrogel under simulated drought conditions. Depending on this, the design of the developed section of the seeder for applying saturated hydrogel was determined. As a result of field experiments, the characteristics of granule application were revealed. **Conclusions.** As a result of the conducted research, the positive effect of saturated hydrogel on the seedlings of vegetable crops was noted. The use of hydrogel granules allows seedlings to better tolerate deteriorating climatic conditions and increases their resistance in arid climates. The design of a section of a precision seeding drill for applying pellets over a certain distance was proposed.

Key words: *section of the seeder, the flow of the hydrogel, the planting of vegetable crops, sowing of melons, saturated hydrogel, dotted sowing, the growth dynamics of seedlings.*

Citation. Tseplyaev A. N., Tseplyaev V. A., Magomedov A.M. Development and research of a section of a seed drill for sowing seeds of vegetable and melon crops simultaneously with hydrogel. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 379-389 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-36.

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

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

УДК 631.334

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СЕКЦИИ СЕЯЛКИ ДЛЯ ПОСЕВА СЕМЯН ОВОЩНЫХ И БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР ОДНОВРЕМЕННО С ГИДРОГЕЛЕМ

А. Н. Цепляев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. А. Цепляев, кандидат технических наук, доцент

А. М. Магомедов, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 06.02.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность обусловлена особенностями климата Волгоградской области, преимущественно расположенной в степной и полупустынной зонах. В следствие этого одним из негативных факторов воздействия на растениеводство области является засуха, наносящая колоссальный вред посевам. Одним из методов борьбы с гибелью всходов из-за засухи является внесение гранул гидрогеля. **Цель работы** – выявление положительного влияния гранул гидрогеля на всходы овощных и бахчевых культур, разработка секции сеялки для их внесения. **Материалы и методы.** Для выявления положительного влияния насыщенного гидрогеля на всходы проводились опыты в условиях лаборатории. Статистические данные опытов собраны в таблицы. Для внесения гранул предлагается использовать разработанную секцию сеялки овощных культур точного высева с одновременным посевом семян. Проводились полевые опыты, связанные с выявлением характеристик внесения гранул гидрогеля. **Результаты.** По данным опытов были получены зависимости роста всходов от времени. Было проведено сравнение между всходами семян томатов, всходами семян и гидрогеля, всходами семян и внесенного насыщенного гидрогеля в условиях имитации засухи. В зависимости от этого была определена конструкция разрабатываемой секции сеялки для внесения насыщенного гидрогеля. В результате полевых опытов были выявлены характери-

стики внесения гранул. **Выводы.** В результате проведенных исследований было отмечено положительное влияние насыщенного гидрогеля на всходы овощных культур. Применение гранул гидрогеля позволяет всходам лучше переносить ухудшившиеся климатические условия и повышает их стойкость в засушливом климате. Была предложена конструкция секции сеялки точного высева для внесения гранул через определенное расстояние.

Ключевые слова: секции сеялки, подача гидрогеля, посев овощных культур, посев бахчевых культур, гидрогель, пунктирный посев, динамика роста всходов.

Цитирование. Цепляев А. Н., Цепляев В. А., Магомедов А. М. Разработка и исследование секции сеялки для посева семян овощных и бахчевых культур одновременно с гидрогелем. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 379-389. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-36.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Засуха – продолжительный период времени, для которого характерны высокая устойчивая температура и длительное отсутствие осадков. Жаркий климат, большое количество солнечных дней и сухость воздуха приводят к повышенному испарению влаги из почвы. Запасы влаги в почве без пополнения быстро истощаются. При почвенной засухе поступление влаги и питательных веществ через корневую систему затрудняется. При этом ситуация усугубляется, если корневая система растения еще недостаточно развита. Далее водонасыщенность тканей растения снижается, ухудшаются условия нормального фотосинтеза [4]. В зависимости от продолжительности засухи, недостаток влаги в почве в значительной мере может повлиять на качество и количество урожая, несмотря на выполнение агротехнических требований [3,5].

Для развития сельского хозяйства требуются новые методы его ведения. Стоит отметить тот факт, что развитие технологий ведения растениеводства тесно связано с развитием сельскохозяйственных машин. Несовершенство последних непосредственным образом накладывается на нарушение агротехнических условий, что в свою очередь ведет к снижению урожайности сельскохозяйственных культур [6].

Новым решением проблем сохранения влаги в почве и повышения урожайности культур может стать применение обогащенных сополимеров [12,13]. Кроме того, гранулы гидрогеля можно использовать для снижения негативного влияния засухи, что положительным образом скажется на процессе сохранения влаги в верхнем слое на протяжении периода вегетации и особенно при процессе уборки, когда плоды созревают одновременно и близки между собой по различным параметрам [2,11].

Гидрогель представляет собой гранулы полиакриламида, способные поглощать воду и удобрения, вносимые в наиболее усвояемом растениями жидком виде [14]. Он обладает водосорбирующей способностью [7,8]. Его гранулы могут служить для необходимого обеспечения растений водой и питательными веществами, при этом оптимальной формой внесения являются гранулы диаметром 2...4 мм [9,10].

Соответственно внесение насыщенных гранул в почву позволит растениям в период засухи, в течение определенного времени, питаться накопленной влагой [6]. Для снижения себестоимости конечной продукции желательно внесение гранул в определенных количествах одновременно вместе с посевом [15].

Помимо прямого влияния на сельскохозяйственную культуру, вместе с посевом семян которой осуществляется внесение сополимеров, гранулы гидрогеля положительным образом влияют на последующие в севообороте культуры [1].

На территории Волгоградской области осуществляется производство основных бахчевых культур таких как тыква, арбуз и дыня. Возделывание бахчевых культур является очень трудоемким процессом, так как к процессу производства предъявляются высокие требования [11]. Работы по снижению трудоемкости при возделывании бахчевых культур ведутся и в Волгоградском государственном аграрном университете.

Материалы и методы. Для механизации процесса посева овощных и бахчевых культур пунктирным способом нами была разработана секция сеялки, представленная на схеме (рисунок 1):

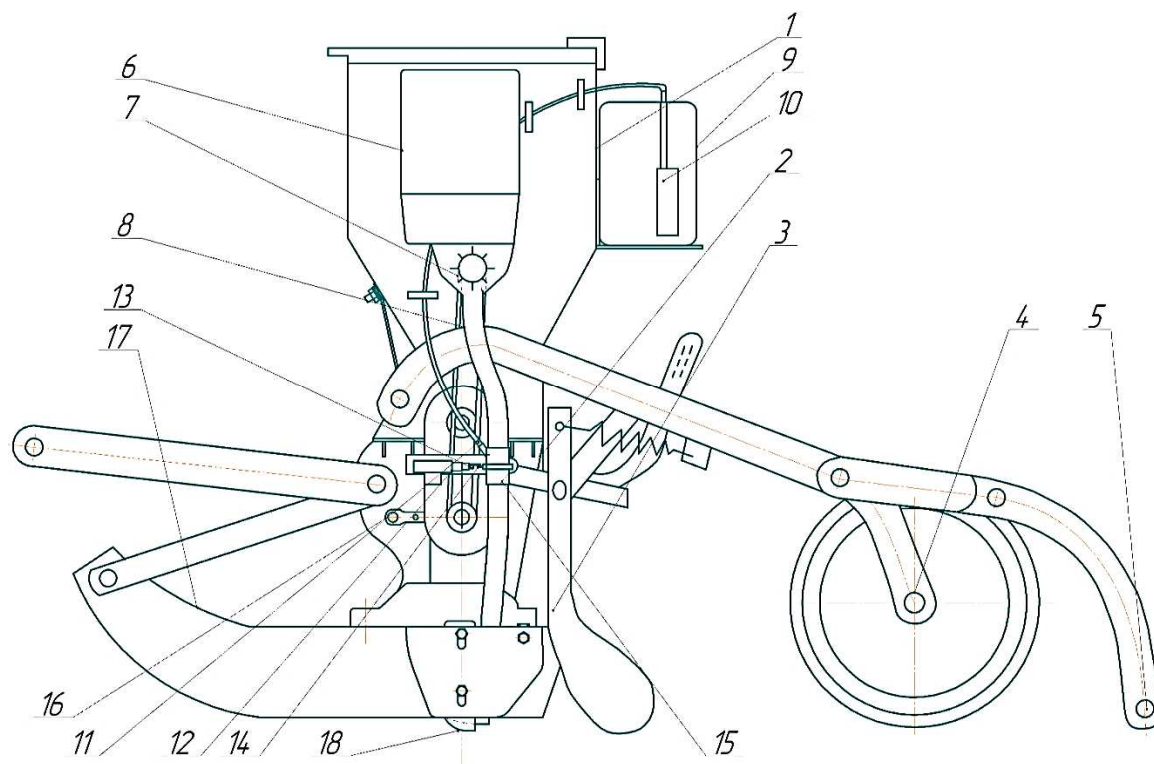


Рисунок 1 – Устройство секции сеялки для одновременного посева и внесения гидрогеля: 1 – бункер для семян; 2 – высевной аппарат; 3 – загортачи; 4 – каток; 5 – шлейф; 6 – бункер для сополимеров; 7 – катушка; 8 – шланг подачи сополимеров; 9 – бак для жидких удобрений; 10 – насос; 11 – шланг подачи удобрений; 12 – активатор; 13 – тяга; 14 – заслонка; 15 – ограничитель; 16 – датчик; 17 – сошник; 18 – пята

Figure 1 – Device of the seeder section for simultaneous sowing and application of hydrogel: 1-seed hopper; 2-seeding device; 3-scraper; 4-roller; 5-plume; 6-hopper for copolymers; 7-coil; 8-copolymer supply hose; 9-tank for liquid fertilizers; 10-pump; 11-fertilizer supply hose; 12-activator; 13-traction; 14-flap; 15-limiter; 16-sensor; 17-coulter; 18-heel

Работает секция сеялки следующим образом. Перед работой заполняют бункер 1 семенами, бункер 6 сополимерами и бак 9 жидкими удобрениями. Пяту 18 сошника 17 регулируют по глубине внесения.

Из бункера 6 для сополимеров катушкой 7 по шлангу 8 подают сополимеры на заслонку 14. Одновременно с этим семена из бункера 1 семена поступают в высевной аппарат 2. В нижней части высевного аппарата 2 при прохождении единичных семян через датчик 16 замыкается цепь, и подается электрический сигнал на насос 10, который из бака 9 для жидких удобрений направляет их по шлангу 11 на порцию сополимеров, расположенных на заслонке 14.

Одновременно электрический сигнал подается на активатор 12, действующий через тягу 13 на заслонку 14. Под действием давления струи удобрений от насоса 10 порция сополимеров насыщается и поступает в борозду. Ограничитель 15 препятствует накоплению насыщенных частиц сополимеров на заслонке 14, которая, в свою очередь, возвращается в исходное положение.

Загортачи 3 заделывают борозду с семенами, каток 4 прикатывает ее, а шлейф 5 выравнивает поверхность поля.



Рисунок 2 – Секция сеялки точного высева для посева овощных и бахчевых культур с одновременным внесением обогащенных гранул гидрогеля

Figure 2 – Section of a precision seeder for sowing vegetable and melon crops with simultaneous application of enriched hydrogel granules

Вопрос влияния гидрогеля на динамику роста всходов семян овощных и бахчевых культур представляет особый интерес, поэтому на кафедре “Технические системы в АПК” Волгоградского государственного аграрного университета проводились лабораторные опыты. Для этого была разработана методика проведения опытов.

Для изучения данного вопроса был осуществлен посев по 10 семян томатов, разделенных на 3 группы: семена, семена с гидрогелем, семена с насыщенным гидрогелем. Фиксировалось время всходов. В течение 4 дней с момента всходов через каждые 24 часа измерялся рост всходов, и фиксировалась динамика роста.

Далее проводилась вторая часть лабораторных опытов. Через 168 часов после появления всходов растений прекращался полив, тем самым имитировались условия засухи для выявления влияния гидрогеля на всходы. Фиксировалось время, через которое всходы стали увядать. Кроме того, замерялось время, в течение которого корневая система питалась влагой и питательными веществами, накопленные гранулами.



Рисунок 3 – Опыты для сравнения всходов семян томатов и семян с внесенным гидрогелем через 192 часа после прекращения полива

Figure 3- Experiments to compare the seedlings of tomato seeds and seeds with hydrogel applied 192 hours after watering was stopped



Рисунок 4 – Всходы семян томатов с внесенным обогащенным гидрогелем через 336 часов после прекращения полива

Figure 4-Tomato seed seedlings with added enriched hydrogel 336 hours after watering is stopped

С левой стороны высевали семена томатов, а с правой – семена томатов с внесением гидрогеля. Количество всходов с левой стороны через 192 часа после прекращения опыта меньше в 2,5 раза, чем с правой стороны. Следует учитывать, что семена перед посевом проращивались, их количество как с левой, так и с правой стороны было одинаковым.

В данном варианте высевали семена томатов и вносили обогащенный гидрогель. Семена предварительно проращивались, и их количество было одинаковым, как в предыдущем случае. На рисунке изображены всходы растений через 336 часов после прекращения полива.

Результаты и обсуждение. Результаты испытаний показали, что оптимальная ширина стенки между гранулами и семенами не превышает 1,5...2 см., при этом разница по глубине внесения должна составлять также 1,5...2 см. Это расстояние обеспечивает корневую систему всходов влагой и питательными веществами.

Для получения результатов необходимо найти среднее значение роста всходов по результатам 10 опытов.

$$f_n = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ni}}{n},$$

где f_{ni} – значение роста каждого всхода, мм; n – число опытов.

Рассчитаем среднеквадратичное отклонение:

$$G_n = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_n - f_{ni})^2}{n-1}},$$

где f_n – значение среднего роста всходов, мм; f_{ni} – значение роста каждого всхода, мм; n – число опытов.

По результатам опытов был составлен график, основанный на данных зависимости роста 3х групп всходов от времени.

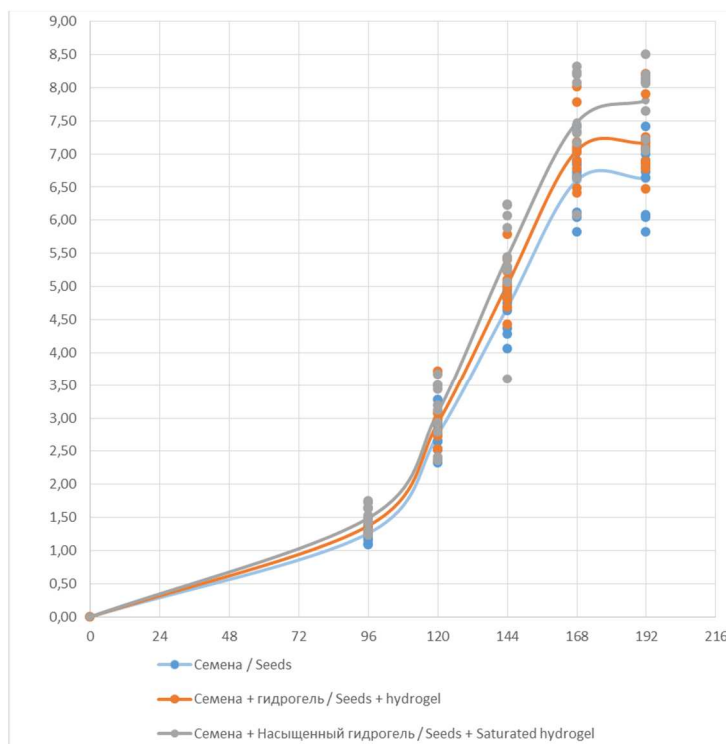


Рисунок 5 – Зависимость средних значений роста всходов от времени

Figure 5 – Dependence of the average values of seedling growth on time

По графику на рисунке 5 видно, что до определенного момента времени (96 часов) разница в росте всходов между группами особенно не заметна. В промежутке от 96 часов до 120 часов намечается небольшая разница между группами. В заключительный момент опыта (192 часа) можно зафиксировать разницу в росте всходов в пользу применения насыщенного гидрогеля.

Кроме этого по результатам эксперимента был построен график, изображенный на рисунке 6 и показывающий зависимость состояния растений от момента посева до полного их увядания.

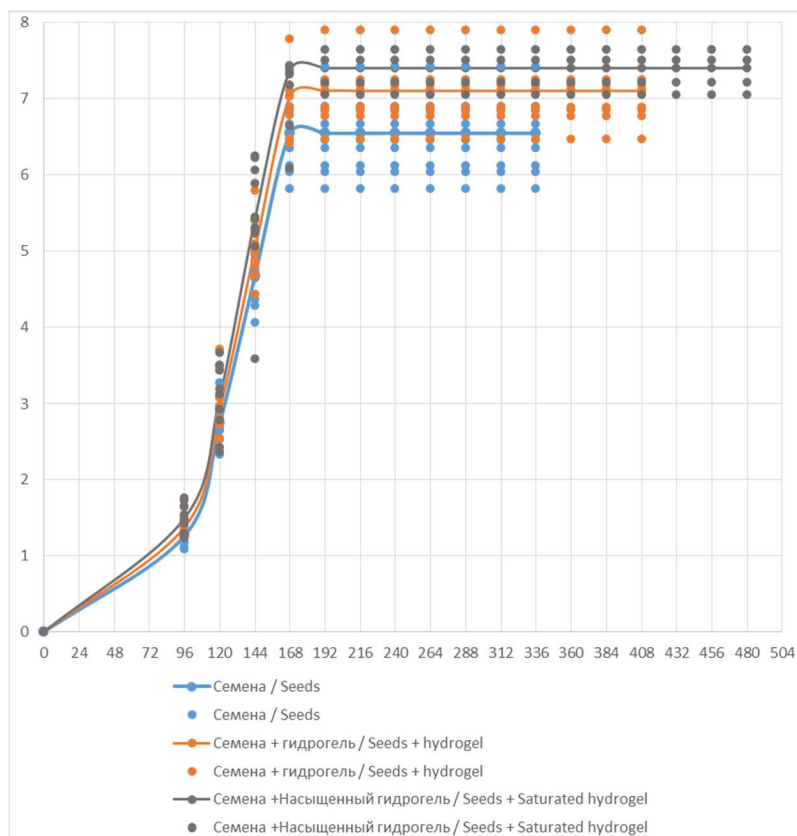


Рисунок 6 – График развития всходов от момента посева до увядания

Figure 6 – Graph of the development of seedlings from the moment of sowing to wilting

Следует отметить, что полив был прекращен через 192 часа после посева семян.

По графику, изображенному на рисунке 6 можно отметить, что гибель всходов первой группы произошла через 336 часов после посева. Через 408 часов начали погибать всходы второй группы. Разница между группами образцов составила 3-4 дня. Самыми стойкими оказались всходы третьей группы. Лишь через 480 часа всходы погибли.

В результате можно сделать вывод, что гранулы, насыщенные питательными веществами и влагой, помогают всходам “пережить” временную засуху. Кроме того, в результате исследований был сделан вывод, что корневая система в течение 336 часов может поддерживать растение с помощью обогащенных гранул в оптимальном состоянии.

Выводы. Применение гидрогеля при возделывании овощных и бахчевых культур положительным образом влияет на качество всходов и их устойчивость к засухе. При этом снижается риск потери урожая и соответственно получению прибыли. Использование гид-

рогеля весьма актуально для нашего региона с засушливым климатом. Разработанная секция сеялки обеспечивает одновременный посев семян с внесением обогащенного гидрогеля под овощные и бахчевые культуры через заданное расстояние 1,5...2 см.

Библиографический список

1. Агафонов О. М., Ревенко В. Ю. Возможности полимерного гидрогеля как накопителя почвенной влаги в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. № 10. С. 35-38.
2. Аналитическое определение технологических параметров разработанного комбайна для уборки бахчевых / А. Н. Цепляев, В. А. Цепляев, М. В. Ульянов, С. В. Климов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 321-327.
3. Годунова Е. И., Шкабарда С. Н., Гундырин В. Н. Использование гидрогеля и влагообеспеченность культур в зоне неустойчивого увлажнения Ставрополя // Земледелие. 2014. № 6 С. 37-38.
4. Годунова Е. И., Гундырин В. Н. Роль гидрогеля в улучшении влагообеспеченности озимой пшеницы по полупару в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 5. С. 57-59.
5. Данилова Т. Н. Регулирование водного режима дерново-подзолистых почв и влагообеспеченности растений при помощи водопоглощающих полимеров // Агрофизика. 2016. № 1. С. 8-16.
6. Демчук Е. В., Союнов А. С. Совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Вестник ОмГАУ. 2016. № 2(22). С. 242-246.
7. Ревенко В. Ю., Агафонов О. М. Использование гидрогелей в растениеводстве // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 11-2. С. 59-65.
8. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Возделывание картофеля с использованием влагосберегающих полимеров // Техника и технологии АПК. 2015. № 1. С. 15-18.
9. Тибирьков А. П., Филин В. И. Влияние полимерного гидрогеля и условий минерального питания на урожай и качество зерна озимой пшеницы на светло-каштановых почвах // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 3. С. 66-70.
10. Цепляев А. Н., Тимошенко В. В. Сохранение плодородия почвы при использовании различных способов механизированного внесения тукобогащенного гидрогеля // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 1. С. 195-201.
11. Шапров М. Н., Седов А. В., Гурба А. В. Анализ технологий и способов уборки бахчевых культур // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 363-374.
12. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to The future / A. Ioannou, Gh. Gohari, P. Papaphilippou, S. Panahirad, Ali Akbari, M. R. Dadpour, Th. Krasia-Christoforou, V. Fotopoulos // Environmental and Experimental Botany. 2020. № 176. article number 104048.
13. Deficit Irrigation Scheduling and Superabsorbent Polymer- Hydrogel Enhance Seed Yield, Water Productivity and Economics of Indian Mustard Under Semi-Arid Ecologies / S. S. Rathore, K. Shekhawat, A. Dass, O. P. Premi, B. S. Rathore, V. K. Singh // Irrigation and Drainage. 2019. № 68 (3). P. 531-541.
14. Kabir M. H., Ahmed K., Furukawa H. A low cost sensor based agriculture monitoring system using polymeric hydrogel // Journal of the Electrochemical Society. 2017. № 164 (5). P 3107-3112.
15. Nosevich M. Increasing yield of oil flax by improving technological process of sowing seeds together with hydrogel granules // Engineering for Rural Development. 2020. № 19. P 826-832.

Conclusions. The use of hydrogel in the cultivation of vegetable and melon crops has a positive effect on the quality of seedlings and their resistance to drought. At the same time, the risk of crop loss and, accordingly, profit is reduced. The use of hydrogel is very important

for our region with an arid climate. The developed section of the seed drill provides simultaneous sowing of seeds with the introduction of enriched hydrogel for vegetable and melon crops at a given distance of 1.5...2 cm.

References

1. Agafonov O. M., Revenko V. Yu. Possibilities of polymer hydrogel as a soil moisture accumulator in the zone of unstable humidification of the Krasnodar territory // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2017. No. 10. P. 35-38.
2. Analytical determination of technological parameters of the developed combine harvester for harvesting melons / A. N. Tseplyaev, V. A. Tseplyaev, M. V. Ulyanov, S. V. Klimov // Proceedings of lower Volga agrodiversity complex: Science and higher professional education. 2019. No. 1(53). P. 321-327.
3. Godunov E. I., Scavarda S. N., Gandurin V. N. The use of a hydrogel and a moisture supply of crops in the zone of unstable moistening of Stavropol // Agriculture. 2014. No. 6. P. 37-38.
4. Godunov E. I., Gandurin V. N. The role of hydrogel in improving water supply in winter wheat in palupera in the zone of unstable moistening of Stavropol territory // Achievements of Science and technology of the Agroindustrial Complex. 2015. No. 5. P. 57-59.
5. Danilova T. N. Regulation of the water regime of sod-podzolic soils and moisture supply of plants using water-absorbing polymers // Agrophysics. 2016. No. 1. P. 8-16.
6. Demchuk E. V., Soyunov A. S. Improving the technology of cultivation of agricultural crops // Vestnik OmGAU. 2016. No. 2 (22). P. 242-246.
7. Revenko V. Y., Agafonov O. M. The use of hydrogels in crop production // The international journal of arts and Sciences. 2018. No. 11-2. P. 59 - 65.
8. Starovoitov V. I., Starovoitova O. A., Manohina A. A. The cultivation of potatoes with the use of moisture-controlled polymers // Equipment and technologies for agriculture. 2015. No. 1. P. 15-18.
9. Tyurikov A. P., Filin V. I. Influence of the polymer hydrogel and mineral nutrition conditions on the yield and quality of winter wheat on light chestnut soils // Proceedings of lower Volga agrodiversity complex: Science and higher professional education. 2012. No. 3. P. 66-70.
10. Tseplyaev A. N., Timoshenko V. V. Preservation of soil fertility when using various methods of mechanized application of tukoobogashchennogo hydrogel // Proceedings of the lower Volga agrodiversity complex: Science and higher professional education. 2016. No. 1. P. 195-201.
11. Shaprov M. N., Sedov A. V., Gurba A. V. Analysis of technologies and methods of harvesting melons // Proceedings of lower Volga agrodiversity complex: Science and higher professional education. 2020. № 2 (58). P. 363-374.
12. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to The future / A. Ioannou, Gh. Gohari, P. Papaphilippou, S. Panahirad, Ali Akbari, M. R. Dadpour, Th. Krasia-Christoforou, V. Fotopoulos // Environmental and Experimental Botany. 2020. № 176. article number 104048.
13. Deficit Irrigation Scheduling and Superabsorbent Polymer- Hydrogel Enhance Seed Yield, Water Productivity and Economics of Indian Mustard Under Semi-Arid Ecologies / S. S. Rathore, K. Shekhawat, A. Dass, O. P. Premi, B. S. Rathore, V. K. Singh // Irrigation and Drainage. 2019. № 68 (3). P. 531-541.
14. Kabir M. H., Ahmed K., Furukawa H. A low cost sensor based agriculture monitoring system using polymeric hydrogel // Journal of the Electrochemical Society. 2017. № 164 (5). P. 3107-3112.
15. Nosevich M. Increasing yield of oil flax by improving technological process of sowing seeds together with hydrogel granules // Engineering for Rural Development. 2020. № 19. P 826-832.

Информация об авторах

Tseplyaev Alexey Nikolayevich, Professor of the Department of "Technical Systems in Agriculture", Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Ave., Volgograd, Southern Federal District, Volgograd Region, 400002), Honored Worker of the Higher School of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, tel. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: can_volgau@mail.ru.

Tseplyaev Vitaly Alekseevich, Associate Professor of the Department "Technical Systems in Agriculture", Volgograd State Agrarian University (400002, Southern Federal District, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, tel. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: cxm-itf@yandex.ru.

Magomedov Abdulvagab Magomedovich, Post-graduate student of the Department of "Technical Systems in Agriculture" of the Volgograd State Agrarian University (40002, Southern Federal District, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), tel. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: vagabmagomedov@mail.ru.

Информация об авторах

Цепляев Алексей Николаевич, профессор кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: can_volgau@mail.ru.

Цепляев Виталий Алексеевич, доцент кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, тел. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: cxm-itf@yandex.ru.

Магомедов Абдулвагаб Магомедович, аспирант кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: vagabmagomedov@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-37

COMPOSITION, STRUCTURE AND MORPHOLOGY OF SEWAGE SLUDGE

A.S. Mezhevova¹, A.E. Novikov²

¹*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Science, Volgograd*

²*Federal State Budget Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture», Volgograd*

Received 14.12.2020

Submitted 19.02.2021

The article was prepared with the support of the grant of the President of the Russian Federation MD-311.2020.11.

Summary

The article presents the results of a study of the agrochemical composition, physical structure and morphology of sewage sludge proposed for use as an organic fertilizer, as well as the results of its testing at a dose of 10 t/ha in the cultivation of safflower dye without irrigation on low-humus light chestnut soils in the hot climate of the Volgograd region.

Abstract

Introduction. To improve the structure of the soil, its agrophysical, chemical-biological and anti-erosion properties, the use of sewage sludge is widespread, which after dewatering and processing by aerobic stabilization, anaerobic digestion, composting and other methods represent a valuable organic fertilizer. At the same time, the composition of silt substrates can vary depending on the pollutants coming from wastewater for biological treatment and often contain heavy metals and pathogenic microflora. In field experiments, the effectiveness of sewage sludge as a fertilizer or meliorant in the cultivation of various agricultural crops according to the integral indicator of productivity has been repeatedly proved. However, the observed effects on increasing soil moisture capacity were not theoretically justified. In this connection, the study of the composition, structure and morphology of sewage sludge is relevant and can reveal the physics of the process of adsorption of vaporous moisture from the atmosphere and its preservation in the root layer of the soil. The use of such substrates, on the one hand, having a fertilizing value, and on the other - showing moisture-retaining properties, is an important link in regulating the hydrothermal regime of the soil and managing the production process of agrocenosis in arid climates. **Object.** The object of laboratory experiments is sewage sludge, its composition, structure and morphology. In field experiments - the yield of safflower dye and the dynamics of soil moisture. **Materials and meth-**

ods. Sewage sludge after its treatment and dewatering was taken from the Municipal Unitary Enterprise Vodokanal in Volzhsky, Volgograd region. The agrochemical composition of the sediment was studied according to GOST-approved methods in an analytical laboratory. The structure and morphology were studied by scanning electron microscopy on a JSM-6490LV device. Field experiments to assess the effect of sewage sludge on the dynamics of soil moisture and the yield of safflower dye were carried out on low-humus non-irrigated light chestnut soils in the arid climate of the Volgograd region. Mode of operation of the microscope: accelerating voltage $U = 10$ and 20 kV; resolution in high vacuum mode-3 nm, in low vacuum mode-4 nm; magnification range-from $\times 40$ to $\times 20000$; contrast - topographic with secondary scattered electrons, as well as composite, topographic and shadow with reflected electrons. Sediment samples were applied to a special substrate made of double-sided carbon tape. The remains of the samples that were not glued to the substrate were removed with a jet of air. The samples were then placed in a microscope column. In field experiments, soil moisture in the 0-0.4 m layer was determined by the thermostatic-weight method. **Results and conclusion.** The results of laboratory analyses showed that sewage sludge has a high fertilizer value for nitrogen (3.3%), phosphorus (4.27%), potassium (0.31%) and organic matter (32%), and has the prospect of widespread use in the reclamation of low-humus soils. Analysis of the sediment by the using a scanning electron microscope method revealed a loose, rough, inhomogeneous porous structure, represented by amorphous flakes and crystalline inclusions. By measuring the linear dimensions of the microrelief of the sediment surface, it is established that the silt substrate consists of many particles from 0.1 to 500 microns, some of which are aggregated. The developed porosity, passing from macropores to mesopores, proves the presence of moisture-absorbing and moisture-retaining properties in the sewage sludge. In field experiments, it was proved that the introduction of a silt substrate into the soil at a dose of 10 t / ha provides an increase in moisture reserves from 16 to 37% (according to the phases of growth and development of safflower) and an increase in the yield of safflower by 13%.

Key words: *sewage sludge, fertilizer, moisture sorbent, composition, structure, morphology, scanning electron microscopy.*

Citation. Mezhevova A.S., Novikov A.E. Composition, structure and morphology of sewage sludge. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 389-398 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-37.

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

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

УДК 628.3

СОСТАВ, СТРУКТУРА И МОРФОЛОГИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

А. С. Межевова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

А. Е. Новиков², доктор технических наук

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

²ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия,
г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 14.12.2020

Дата принятия к печати 19.02.2021

**Статья подготовлена при поддержке гранта Президента Российской Федерации
МД-311.2020.11.**

Актуальность. Для улучшения структуры почвы, ее агрофизических, химико-биологических и противозерозионных свойств широко распространено использование осадков сточных вод, которые после обезвоживания и переработки путем аэробной стабилизации, анаэробного сбраживания, компостирования и других методов представляют ценное органическое удобрение.

ние. При этом состав иловых субстратов может варьироваться в зависимости от загрязнений, поступающих со сточными водами на биологическую очистку, и нередко содержать тяжелые металлы и патогенную микрофлору. В полевых экспериментах неоднократно доказывалась эффективность осадка сточных вод в качестве удобрения или мелиоранта при возделывании различных сельскохозяйственных культур по интегральному показателю урожайность. Однако наблюдаемые эффекты по повышению влагоемкости почв теоретически не были обоснованы, в связи с чем исследование состава, структуры и морфологии осадка сточных вод актуально и может раскрыть физику процесса адсорбции парообразной влаги из атмосферы и ее сохранение в корнеобитаемом слое почвы. Использование подобных субстратов, с одной стороны, обладающих удобрительной ценностью, а с другой – проявляющих влагоудерживающие свойства, является важным звеном регулирования гидротермического режима почвы и управления продукционным процессом агроценоза в условиях засушливого климата. **Объект.** Объектом лабораторных опытов является осадок сточных вод, его состав, структура и морфология. В полевых экспериментах – урожайность сафлора красильного и динамика почвенной влаги. **Материалы и методы.** Осадок сточных вод после его обработки и обезвоживания отбирали с «МУП Водоканал» г. Волжского Волгоградской области. Агрохимический состав осадка изучали по гостированным методикам в аналитической лаборатории. Структуру и морфологию исследовали методом сканирующей электронной микроскопии на аппарате JSM-6490LV. Полевые опыты по оценке влияния осадка сточных вод на динамику почвенной влаги и урожайность сафлора красильного проводили на малогумусных неорошаемых светло-каштановых почвах в условиях засушливого климата Волгоградской области. Режим работы микроскопа: ускоряющее напряжение $U = 10$ и 20 кВ; разрешение в режиме высокого вакуума – 3 нм, в режиме низкого вакуума – 4 нм; диапазон увеличения – от $\times 40$ до $\times 20000$; контраст – топографический при вторично рассеянных электронах, а также композиционный, топографический и теневой при отраженных электронах. Образцы осадка наносили на специальную подложку из двустороннего углеродного скотча. Остатки образцов, не приклеившиеся к подложке, удаляли струей воздуха. Затем образцы помещали в колонну микроскопа. В полевых экспериментах влажность почвы в слое $0-0,4$ м определяли термостатно-весовым методом. **Результаты и выводы.** Результатами лабораторных анализов установлено, что осадок сточных вод обладает высокой удобрительной ценностью по азоту ($3,3\%$), фосфору ($4,27\%$), калию ($0,31\%$) и органическому веществу (32%), имеет перспективу широкого использования при мелиорации слабогумусированных почв. Анализ осадка методом СЭМ выявил у него рыхлую, шероховатую неоднородную пористую структуру, представленную аморфными хлопьями и кристаллическими включениями. Измерением линейных размеров микро-рельефа поверхности осадка установлено, что иловой субстрат состоит из множества частиц от $0,1$ до 500 мкм, некоторые из них являются агрегированными. Развитая пористость, переходящая от макропор к мезопорам, доказывает наличие у осадка сточных вод влагосорбирующих и влагоудерживающих свойств. В полевых экспериментах доказано, что внесение в почву илового субстрата в дозе 10 т/га обеспечивает увеличение запасов влаги от 16 до 37% (по фазам роста и развития сафлора) и повышение урожайности сафлора на 13% .

Ключевые слова: осадок сточных вод, влагосорбенты, состав осадка сточных вод, структура осадка сточных вод, морфология осадка сточных вод.

Цитирование. Межевова А. С., Новиков А. Е. Состав, структура и морфология осадка сточных вод. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 389-398. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-37.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Использование осадка сточных вод и самих сточных вод в качестве вторичного ресурса широко распространено во всем мире [11, 13, 15, 16]. Известно, что осадки сточных вод могут перерабатываться, обезвреживаться и применяться как ценное органическое удобрение (биогумус, компосты, мелиоранты, органоминеральные

удобрения) [3-6]. В промышленно развитых странах уже в течение многих лет осадок после предварительной обработки используется для целей сельского хозяйства – для повышения продуктивности слабогумусированных почв [1, 7, 9, 10]. В связи с этим утилизация осадка сточных вод в качестве удобрения и влагосорбента считается приоритетным направлением, однако исследования его состава, структуры и морфологии практически отсутствуют. Получение этих научных данных позволит объяснить закономерности, протекающие в системе «почва – биотические компоненты агробиоценоза» при его внесении.

Одним из основных инструментов получения экспериментальных данных о составе любого материала, в том числе входящих в него фаз, об атомно-кристаллической структуре, микроструктуре и морфологии считается метод сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), обладающий высокой информативностью и универсальностью, простотой и удобством управления современным оборудованием [8].

Таким образом, цель исследования состояла в изучении состава, структуры и морфологии осадка сточных вод методом СЭМ.

Материалы и методы. Исследуемый осадок сточных вод после его обработки и обезвоживания отбирали с «МУП Водоканал» г. Волжского Волгоградской области.

В составе осадка аналитическими методами в лабораторных условиях изучали основные агрохимические показатели: общий и аммиачный азот (ГОСТ Р 26715-85, 26716-85), общий фосфор (ГОСТ Р 26717-85) и калий (ГОСТ Р 26718-85), органическое вещество (ГОСТ Р 27980-88) и золу (ГОСТ Р 26714-85), влагосодержание (ГОСТ Р 54651-2011) и кислотно-щелочное равновесие (ГОСТ Р 27979-88).

Структуру и морфологию поверхности частиц осадка сточных вод исследовали с помощью растрового (сканирующего) электронного микроскопа JSM-6490LV (Япония), позволяющего проводить количественный анализ структурно-функционального состояния микрообъектов на основе информации об их молекулярном составе, визуализации процессов взаимодействия биологических макромолекул, измерения скорости изменения концентраций веществ при быстропотекающих процессах в локальных областях. Режим работы микроскопа: ускоряющее напряжение $U = 10$ и 20 кВ; разрешение в режиме высокого вакуума – 3 нм, в режиме низкого вакуума – 4 нм; диапазон увеличения - от $\times 40$ до $\times 20000$; контраст – топографический при вторично рассеянных электронах, а также композиционный, топографический и теневой при отраженных электронах. Образцы осадка наносили на специальную подложку из двустороннего углеродного скотча. Остатки образцов, не приклеившихся к подложке, удаляли струей воздуха. Затем образцы помещали в колонну микроскопа. В случае непроводящих образцов на поверхность осадка наносили токопроводящий слой алюминия методом напыления в вакуумной установке ВУП-5.

В полевых экспериментах влажность почвы в слое $0-0,4$ м определяли термостатно-весовым методом.

Результаты и обсуждение. Осадок сточных вод – это твердая фракция, содержащая органоминеральные вещества, выделяемые биоценозом активного ила в процессе его жизнедеятельности при реализации технологии биологической обработки сточных вод. Как известно, наличие в осадке элементов питания растений и органического вещества определяет целесообразность их использования в сельском хозяйстве в качестве удобрения. При этом агрохимический состав осадков зависит от исходного «сырья» и методов, применяемых в технологии их обработки. Анализируя данные, полученные в ходе изучения агрохимических показателей (таблица 1), следует отметить в осадке содержание общих форм азота ($3,3$ %), фосфора ($4,27$ %) и калия ($0,31$ %), а

также повышенное содержание органического вещества – 32 %. Полученные результаты исследования подтверждают целесообразность использования осадка сточных вод для мелиорации малопродуктивных и деградированных сельскохозяйственных земель.

Таблица 1 – Агрохимический состав осадка сточных вод

Table 1 – Agrochemical composition of sewage sludge

Контролируемые показатели / Controlled indicators	Результаты испытаний / Test results
Общий азот / Total nitrogen, %	3,30
Аммиачный азот / Ammonia nitrogen, %	0,19
Общий фосфор / Total phosphorus, %	4,27
Общий калий / Total Potassium, %	0,31
Массовая доля органического вещества в пересчете на углерод / Mass fraction of organic matter in terms of carbon, %	32,0
Массовая доля золы / Mass fraction of ash, %	35,0
Массовая доля влаги / Mass fraction of moisture, %	11,0
Реакция среды, pH солевое / Reaction of the medium, pH salt	6,60

Исследование структуры и морфологии поверхности осадка сточных вод при различном увеличении представлено на рисунке 1.

Анализ осадка методом СЭМ выявил у него рыхлую, шероховатую неоднородную пористую структуру, представленную аморфными хлопьями и кристаллическими включениями. Измерением линейных размеров микрорельефа поверхности осадка установлено, что иловый субстрат состоит из множества частиц от 0,1 до 500 мкм, некоторые из них являются агрегированными. Ширина видимых пор варьирует от 6 мкм до 4 нм, что согласуется с литературными данными [14].

Таким образом, осадок сточных вод представляет наноструктурированный материал, его шероховатая поверхность обеспечивает большую площадь химического связывания. Наличие развитой переходной пористости, включающей мезо- и макропоры, доказывает присутствие у осадка адсорбционных свойств и способность удерживать влагу при внесении его в качестве удобрения и влагосорбента, связывать тяжелые металлы и другие токсиканты [12]. Для подтверждения сделанных выводов осадок апробировали в качестве удобрения при возделывании сафлора красильного без орошения на малогумусных светло-каштановых почвах в условиях ксеротермального климата Волгоградской области.

Установлено, что внесение осадка в дозе 10 т/га на поверхность поля после глубокой обработки осенью и заделки его на глубину боронования в предпосевной весенний период способствовало увеличению влагозапасов при посеве с 76,6 мм до 88,5 мм, в фазу полной спелости – от 3,2 до 4,4 мм (рисунок 2). Вследствие этого и наличия в осадке сточных вод элементов питания растений было достигнуто и повышение урожайности сафлора на 0,2 т/га - 1,51 т/га против 1,31 т/га, в сравнении с контрольным вариантом без внесения осадка [2].

Анализ экспериментальных данных показывает, что расход почвенной влаги описывается квадратичной функцией вида:

$$W = aT^2 - bT + c,$$

где W – запасы почвенной влаги, мм; T – продолжительность от начала вегетации, дни; a , b , c – коэффициенты уравнения (при дозе осадка 0 т/га $a = 0,0026$; $b = 0,996$; $c = 82,41$; при дозе осадка 10 т/га $a = 0,0031$; $b = 1,145$; $c = 93,89$).

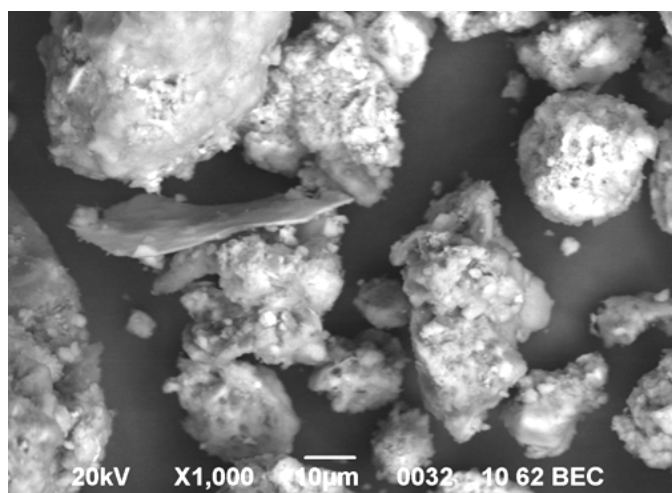
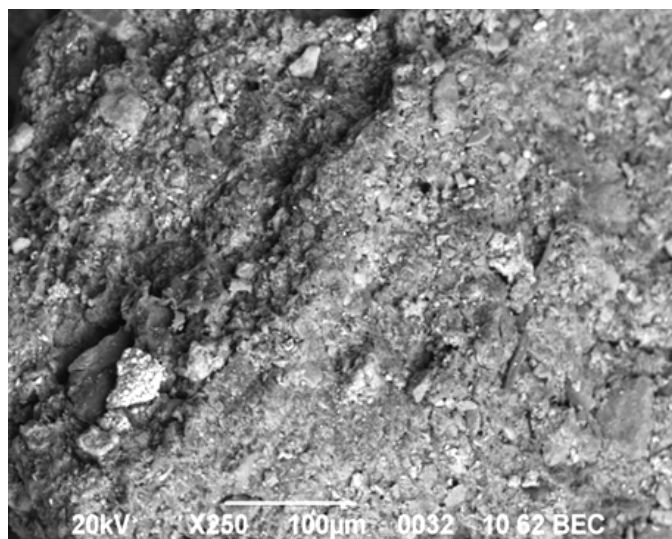
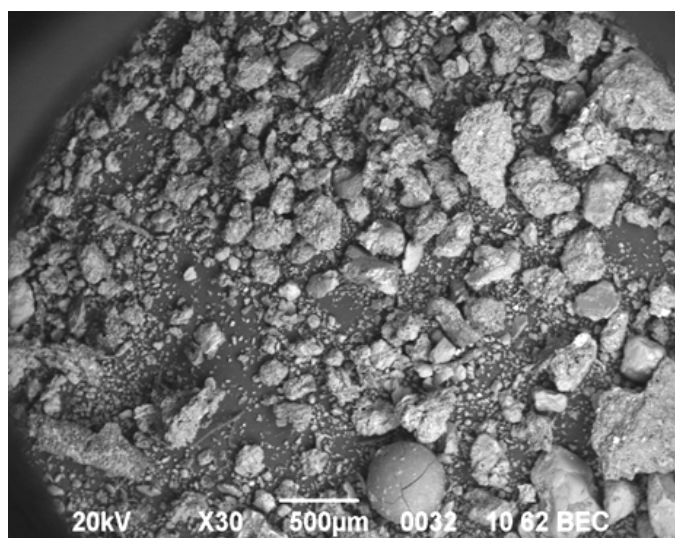


Рисунок 1 – Микрофотографии осадка сточных вод

Picture 1 – Micrographs of sewage sludge

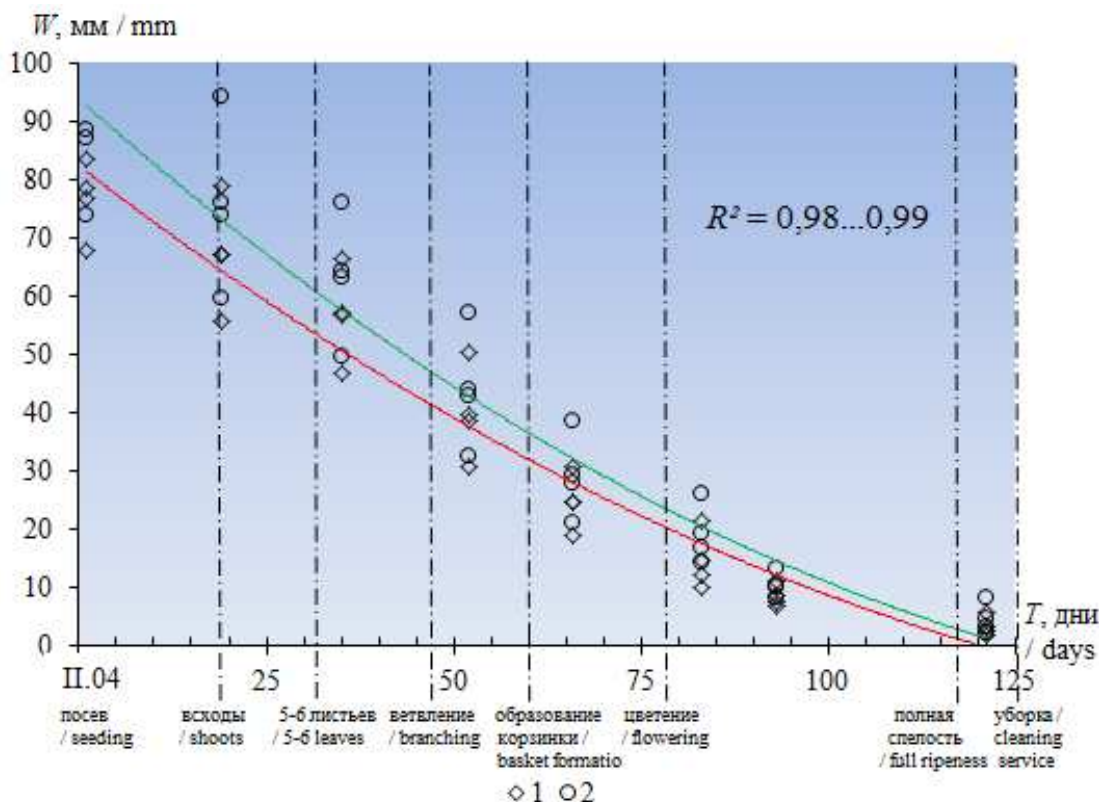


Рисунок 2 – Расход почвенной влаги W по фазам роста и развития сафлора T без внесения осадка (1) и при дозе 10 т/га (2)

Picture 2 – Consumption of soil moisture W in the phases of growth and development of safflower T without sediment (1) and at a dose of 10 t/ha (2)

Выводы. Аналитическими исследованиями с использованием стандартных лабораторных методик состава, структуры и морфологии осадка сточных вод биологических очистных сооружений «МУП Водоканал» г. Волжского установлено, что иловый субстрат обладает высокой удобрительной ценностью по макроэлементам питания растений (азот, фосфор, калий) и органическому веществу, имеет перспективу широкого использования в сельском хозяйстве. Микроскопическими исследованиями установлено, что размер частиц осадка варьируется от 6 мкм до 4 нм, а его структура представлена аморфными хлопьями и кристаллическими включениями. Развитая пористость, переходящая от макропор к мезопорам, доказывает присутствие у осадка влагосорбирующих и влагоудерживающих свойств. Его использование в качестве органического удобрения при возделывании сафлора красильного позволило существенно увеличить запасы влаги и, как следствие, получить более высокую урожайность. Установлено, что внесение в почву осадка в дозе 10 т/га обеспечило увеличение запасов влаги от 16 до 37 % (по фазам роста и развития сафлора) и повышение урожайности сафлора на 13 %.

Библиографический список

1. Ильинский А. В., Евсенкин К. Н., Нефедов А. В. Обоснование экологически безопасного использования осадков сточных вод канализационных очистных сооружений жилищно-коммунального хозяйства // Агрохимический вестник. 2020. № 1. С. 60-64.
2. Межевова А. С. Использование илового осадка сточных вод при возделывании сафлора красильного на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 3 (56). С. 43-52.

3. Пындак В. И., Борисенко И. Б., Новиков А. Е. Совершенствование системы основной обработки почвы в засушливых условиях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2 (30). С. 199-204.
4. Пындак В. И., Новиков А. Е., Межевова А. С. Адсорбционные свойства удобрений на основе осадков сточных вод // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2016. № 4 (29). С. 61-64.
5. Пындак В. И., Новиков А. Е., Межевова А. С. Действие и последствие нетрадиционных удобрений-мелиорантов при орошении // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). С. 196-202.
6. Пындак В. И., Помогаев Е. Ф., Степкина Ю. А. Нетрадиционные высокоэффективные комплексные удобрения, их действие и последствие при возделывании картофеля // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 2 (22). С. 34-40.
7. Рабинович Г. Ю., Подольн Е. А., Зинковская Т. С. Использование осадка сточных вод и режим органического вещества дерново-подзолистой почвы // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 4. С. 37-41.
8. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения / М. М. Криштал, И. С. Ясников, В. И. Полунин [и др.]. М.: Изд-во Техносфера, 2009. 208 с.
9. Современные оценки неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения на Нижней Волге / В. А. Шевченко, В. В. Бородычев, М. Н. Лытов [и др.] // Природообустройство. 2020. № 2. С. 6-13.
10. Шевченко В. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Критические технологии освоения ранее брошенных земель для производства органической продукции // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 45-61.
11. Comparative studies on the impact of bio-fertilizer produced from agro-wastes using thermo-tolerant actinomycetes on the growth performance of Maize (*Zea-mays*) and Okro (*Abelmoschus esculentus*) / C. O. Asadu, N. G. Aneke, S. O. Egbuna [et al.] // Environmental Technology and Innovation. 2018. Vol. 12. P. 55-71.
12. Saib A. Y., Abbas H. S., Mustafa M. Al-F. Experimental and theoretical investigations of lead mercury chromium and arsenic biosorption onto dry activated sludge from wastewater // International Review of Chemical Engineering. 2013. Vol. 5. No. 1. P. 30-40.
13. Sustainable approach to biotransform industrial sludge into organic fertilizer via vermicomposting: a mini-review / L. H. Lee, T. Y. Wu, K. P. Y. Shak [et al.] // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2018. Vol. 93. I. 4. P. 925-935.
14. The Leachate Release and Microstructure of the Sewage Sludge under the Anaerobic Fermentation / Y. Dong, H. Lu, J. Li, Ch. Wang // Journal of Chemistry. 2015. 9 p.
15. Vasilyev S., Domashenko Y. Agroecological substantiation for the use of treated wastewater for irrigation of agricultural land // Journal of Ecological Engineering. 2018. Vol. 19. I. 1. P. 48-54.
16. Wastewater treatment and disposal of individual residential buildings in agriculture / A. Novikov, A. Poddubskiy, E. Dugin [et al.] // 18th International Scientific Conference «Engineering for Rural Development» (Jelgava, Latvia, May 22-24, 2019): Proceedings. Vol. 18 / Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Engineering. Jelgava (Latvia), 2019. P. 397-406.

Conclusion. Silt substrate based on sewage sludge obtained by stabilization, fermentation, composting and other methods in biological wastewater treatment is widely used for reclamation purposes - to improve the agrophysical and biological properties of the soil. Its economic value is mainly due to the presence of the main elements of plant nutrition, the ability to accumulate moisture and improve the structure of the soil. Scanning electron microscopy of the sediment revealed a developed transition porosity, including meso-and macropores, with a particle size from 6 microns to 4 nm, proving its adsorption properties. In field experiments on crops of safflower dye, it

was found that the introduction of a silt substrate at a dose of 10 t / ha contributed to an increase in moisture reserves from 76.6 to 88.5 mm (during sowing) and from 3.2 to 4.4 mm (in the phase of full ripeness) and an increase in yield from 1.31 to 1.51 t/ha.

References

1. Il'inskiy A. V., Evsenkin K. N., Nefedov A. V. Obosnovanie jekologicheskij bezopasnogo ispol'zovaniya osadkov stochnyh vod kanalizacionnyh oчитisnyh sooruzhenij zhilischno-kommunal'nogo hozyaistva // *Agrohimicheskij vestnik*. 2020. № 1. P. 60-64.
2. Mezheva A. S. Ispol'zovanie ilovogo osadka stochnyh vod pri vozdeystvii saflora krasil'nogo na svetlo-kashanovyh pochvah Volgogradskoj oblasti // *Yug Rossii: jekologiya, razvitie*. 2020. T. 15. № 3 (56). P. 43-52.
3. Pyndak V. I., Borisenko I. B., Novikov A. E. Sovershenstvovanie sistemy osnovnoj obrabotki pochvy v zasushlivykh usloviyah // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agro-universitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2013. № 2 (30). P. 199-204.
4. Pyndak V. I., Novikov A. E., Mezheva A. S. Adsorbcionnye svoystva udobrenij na osnove osadkov stochnyh vod // *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa*. 2016. № 4 (29). P. 61-64.
5. Pyndak V. I., Novikov A. E., Mezheva A. S. Deystvie i posledestvie netradicionnyh udobrenij-meliorantov pri oroshenii // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2016. № 3 (43). P. 196-202.
6. Pyndak V. I., Pomogaev E. F., Stepkina Yu. A. Netradicionnye vysokofektivnye kompleksnye udobreniya, ih deystvie i posledestvie pri vozdeystvii kartofelya // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2011. № 2 (22). P. 34-40.
7. Rabinovich G. Yu., Podolyan E. A., Zinkovskaya T. S. Ispol'zovanie osadka stochnyh vod i rezhim organicheskogo veshchestva dervno-podzolistoj pochvy // *Rossiyskaya sel'skohozyaistvennaya nauka*. 2020. № 4. P. 37-41.
8. Skaniruyushchaya jelektronnaya mikroskopiya i rentgenospektral'nyj mikroanaliz v primerah prakticheskogo primeneniya / M. M. Krishtal, I. S. Yashnikov, V. I. Polunin [i dr.]. M.: Izd-vo Tehnosfera, 2009. 208 p.
9. Sovremennye ocenki neispol'zuemykh zemel' sel'skohozyaistvennogo naznacheniya na Nizhnej Volge / V. A. Shevchenko, V. V. Borodychev, M. N. Lytov [i dr.] // *Pri-rodooobustrojstvo*. 2020. № 2. P. 6-13.
10. Shevchenko V. A., Borodychev V. V., Lytov M. N. Kriticheskie tehnologii osvoeniya ranee broshennykh zemel' dlya proizvodstva organicheskoy produkcii // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. 2020. № 3 (59). P. 45-61.
11. Comparative studies on the impact of bio-fertilizer produced from agro-wastes using thermo-tolerant actinomycetes on the growth performance of Maize (*Zea-mays*) and Okro (*Abelmoschus esculentus*) / C. O. Asadu, N. G. Aneke, S. O. Egbuna [et al.] // *Environmental Technology and Innovation*. 2018. Vol. 12. P. 55-71.
12. Saib A. Y., Abbas H. S., Mustafa M. Al-F. Experimental and theoretical investigations of lead mercury chromium and arsenic biosorption onto dry activated sludge from wastewater // *International Review of Chemical Engineering*. 2013. Vol. 5. No. 1. P. 30-40.
13. Sustainable approach to biotransform industrial sludge into organic fertilizer via vermicomposting: a mini-review / L. H. Lee, T. Y. Wu, K. P. Y. Shak [et al.] // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 2018. Vol. 93. I. 4. P. 925-935.
14. The Leachate Release and Microstructure of the Sewage Sludge under the Anaerobic Fermentation / Y. Dong, H. Lu, J. Li, Ch. Wang // *Journal of Chemistry*. 2015. 9 p.
15. Vasilyev S., Domashenko Y. Agroecological substantiation for the use of treated wastewater for irrigation of agricultural land // *Journal of Ecological Engineering*. 2018. Vol. 19. I. 1. P. 48-54.
16. Wastewater treatment and disposal of individual residential buildings in agriculture / A. Novikov, A. Poddubskiy, E. Dugin [et al.] // 18th International Scientific Conference «Engineering for Rural Development» (Jelgava, Latvia, May 22-24, 2019): Proceedings. Vol. 18 / Latvia University of Life Sciences and Technologies, Faculty of Engineering. Jelgava (Latvia), 2019. P. 397-406.

Authors Information

Mezheva Alina Sergeevna, Research fellow, acting head of the soil analysis laboratory Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of Russian Academy of Sciences (26, University Avenue, Volgograd, 400002, Russia),
E-mail: asmezheva@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4579-7047

Novikov Andrey Evgenievich, acting director Federal State Budgetary Institution All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture (9, Timiryazev St., Volgograd, 400002, Russia),
E-mail: novikov-ae@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8051-4786

Информация об авторах

Межева Алина Сергеевна, научный сотрудник, и.о. заведующего лабораторией анализа почв ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97),
E-mail: asmezheva@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4579-7047

Новиков Андрей Евгеньевич, ирио директора ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9),
E-mail: novikov-ae@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8051-4786

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-38

EVALUATION OF WEAR RESISTANCE OF PLOUGH-SHARES WITH SURFACE OF THE ALLOYING LAYER ON THE CONTROL SECTIONS

V. A. Motorin^{1,2}, D.S. Gapich¹, R.N. Oleinikov¹

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²All-Russian research institute of irrigated agriculture, Volgograd

Received 01.12.2020

Submitted 16.02.2021

The research was conducted as a part of the grant of the President of the Russian Federation MK-2870.2019.8

Summary

To increase the resource of experimental ploughshares, the manufacturing technology was adjusted, which allowed to obtain the effect of self-sharpening of problem areas of the blade. Conducted field trials, which showed that the experimental failure shears due to the formation and active development of the occipital chamfer on the back of the blade, which leads to the buoyancy forces and rise plough was operating three times greater than the shares available on the market.

Abstract

Introduction. Modern trends in the production of agricultural products have led to an increase in the mass of tillage tools. As a result of their field work, the soil is over-compacted, which increases the load on the working parts of the plow during plowing. There are many factors that lead to intensive wear and premature failure of the working parts of ploughshares, the resource of which depends on the correct choice of the hardening method. Without the introduction of fundamentally different technological methods of hardening with the production of metallographic structures with more advanced properties for creating ploughshares, it is difficult to increase their wear resistance. The materials science direction of increasing wear resistance is an urgent problem in the Agro-industrial complex. **Materials and methods.** During the tests, the experimental ploughshares showed stable quality of work, without revealing possible hidden defects as a result of production defects, and in General did not cause any complaints. Experimental ploughshares demonstrated significantly higher resource consumption than their serial counterpart, with more uniform wear. The conformity of the tested experimental and serial samples was evaluated, their linear dimensions were measured in width according to the measurement scheme. For high-quality wear control, similar measurements for all experimental ploughshares were carried out during the conduct and after the completion of the tests. The main control period of operation was one working shift and the amount of time spent during it. Average wear values were determined by linear dimensions, their analysis was performed, and comparative graphs

are compiled. The experimental batch of experimental ploughshares manufactured using the foundry technology with surface alloying in the foundry mold was compared with the purchased serial ploughshares produced by Closed Joint Stock Company «Rubtsovsky Spare Parts Plant». **Results and conclusions** A significant difference in the wear resistance of ploughshares can also be observed by the mass estimation method. Based on this, it can be concluded that the production and strengthening of ploughshares using a new promising technology has a positive result in the form of achieving equal resistance of the working areas of the ploughshare during its operation, which allowed it to achieve such a high operating time. To make a comparative analysis of the ploughshares tested, a metric evaluation method was also used. On the basis of the obtained data, graphs of changes in the wear value for the previously presented cross-sections over the entire period of operation are constructed. Special attention should be paid to the wear resistance of individual sections, where it is clearly shown that despite the multiplicity of operating time, experimental ploughshares are not only not inferior to serial ploughshares in terms of wear, but also significantly exceed them in cross-section in the bow. The maximum operating time for failure of experimental ploughshares manufactured by casting with surface alloying with high-strength powder alloy was 12 ha, which is almost three times higher than the operating time of mass-produced ploughshares.

Key words: *plough-share, strengthening of ploughs-hares during casting, alloying, alloying powder, increasing wear resistance.*

Citation. Motorin V. A., Gapich D.S., Oleinikov R.N. Evaluation of wear resistance of ploughshares with surface of the alloying layer on the control sections. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 398-410 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-38.

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

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

УДК 621.785.5

ОЦЕНКА ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЛЕМЕХОВ С НАПЛАВКОЙ ЛЕГИРУЮЩЕГО СЛОЯ ПО КОНТРОЛЬНЫМ СЕЧЕНИЯМ

В. А. Моторин^{1,2}, кандидат технических наук, доцент

Д. С. Гапич¹, доктор технических наук, доцент

Р. Н. Олейников¹, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 01.12.2020

Дата принятия к печати 16.02.2021

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации МК-2870.2019.8.

Актуальность. Современные тенденции в области производства сельскохозяйственной продукции привели к увеличению массы почвообрабатывающих орудий. В результате выполнения ими полевых работ происходит переуплотнение почвы, что повышает нагрузку на рабочие органы плуга при вспашке. Существует множество факторов, приводящих к интенсивному износу и преждевременному выходу из строя рабочих органов плуга – лемехов, ресурс которых зависит от правильности выбора метода упрочнения. Без внедрения принципиально иных технологических приемов упрочнения с получением металлографических структур с более совершенными свойствами для создания лемехов повысить их износостойкость представляется затруднительным. Материаловедческое направление повышения износостойкости является актуальной проблемой в АПК. **Материалы и методы.** Во время проведения испытаний опытные лемеха показали стабильное качество работы, без выявления возможных скрытых дефектов в результате производственного брака, и в целом нареканий не вызывали. Экспериментальные лемеха продемонстрировали значительно превосходящую ресурсоемкость по сравнению со своим серийным ана-

логом, при более равномерном износе. Оценивали соответствие испытываемых экспериментальных и серийных образцов, производили замер их линейных размеров по ширине согласно схеме обмера. Для качественного контроля износа аналогичные замеры для всех экспериментальных лемехов проводили в процессе ведения и после завершения испытаний. Основным контрольным периодом эксплуатации была принята одна рабочая смена и величина наработки, выполненной за ее время. По линейным размерам определяли средние значения износа, производили их анализ и составляли сравнительные графики. Опытная партия экспериментальных лемехов, изготовленных по литейной технологии с поверхностным легированием в литейной форме, сравнивалась с приобретенными серийными лемехами производства ЗАО «Рубцовский завод запасных частей». **Результаты и выводы.** Существенную разницу в износостойкости лемехов также можно наблюдать по массовому методу оценки. На основании этого можно сделать вывод, что изготовление и упрочнение лемехов по новой перспективной технологии имеет положительный результат в виде достижения равностойкости рабочих зон лемеха при его эксплуатации, что и позволило ему достичь столь высокой наработки. Для наглядности проведения сравнительного анализа испытываемых лемехов применен также метрический метод оценки. На основании полученных данных построены графики изменения величины износа по представленным ранее сечениям на протяжении всего периода эксплуатации. Особое внимание стоит обратить на износостойкость по отдельным сечениям, где наглядно представлено, что, несмотря на кратно превышающую наработку, экспериментальные лемеха по степени износа не только не уступают серийным лемехам, но и значительно превосходят их в сечении в носовой части. Максимальная наработка на отказ экспериментальных лемехов, изготовленных методом литья с поверхностным легированием высокопрочным порошковым сплавом, составила 12 га, что почти в три раза превышает наработку серийно выпускаемых лемехов.

Ключевые слова: лемехи отвального плуга, упрочнение лемехов, легирование, легирующий порошок, повышение износостойкости лемехов.

Цитирование. Моторин В. А., Гапич Д. С., Олейников Р. Н. Оценка износостойкости лемехов с наплавкой легирующего слоя по контрольным сечениям. *Известия НВ АУК.* 2021. 1(61). 398-410. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-38.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. По мнению В. П. Горячкина, необходимо уделять повышенное внимание качеству выполнения технологических операций машинам для почвообработки, в частности плугам. Пахота, безусловно, является самой важной и в то же время самой тяжелой, с низкой производительностью среди всех сельскохозяйственных работ. При начале проектирования любого сельскохозяйственного орудия необходимо ответить на два вопроса: 1) какой формой должны обладать рабочие органы орудия для наиболее качественного технологического процесса; 2) какими размерами должны обладать и взаимно располагаться спроектированные составные части орудия для наиболее правильного управления ими при наименьшей затрате энергии».

Выбор материалов должен являться главным вопросом в процессе разработки и проектирования рабочих органов почвообрабатывающих машин, только такой подход позволит повысить износостойкость и прочность рабочих органов [2, 4, 11, 12, 14-16].

Современные тенденции в области производства сельскохозяйственной продукции привели к увеличению массы почвообрабатывающих орудий. В результате выполнения ими полевых работ происходит переуплотнение почвы, отсюда и повышение нагрузки на рабочие органы. Для достижения цели создания рабочих органов с повы-

шенными характеристиками износостойкости, прочности, а также ударной вязкости необходимо изменить подход как к выбору материала при производстве лемеха, так и к его конструктивным особенностям [1, 6-8, 13].

В целом следует отметить, что без внедрения принципиально иных технологических приемов упрочнения с получением металлографических структур с более совершенными свойствами для создания лемехов повышение их износостойкости представляется затруднительным [3, 5, 9, 10, 17]. Предложена технология повышения износостойкости лемехов за счет легирования режущей части при литье, изготовлены образцы для сравнения с существующими на рынке.

Целью данной работы является оценка износостойкости лемехов с наплавкой легирующего слоя по контрольным сечениям.

Материалы и методы. При проведении технической оценки определяли соответствие испытываемых экспериментальных и серийных деталей на соответствие техническим условиям к качеству изготовления, взвешивали лемеха, производили и фиксировали линейные изменения по ширине по сечениям, показанным на рисунке 1.

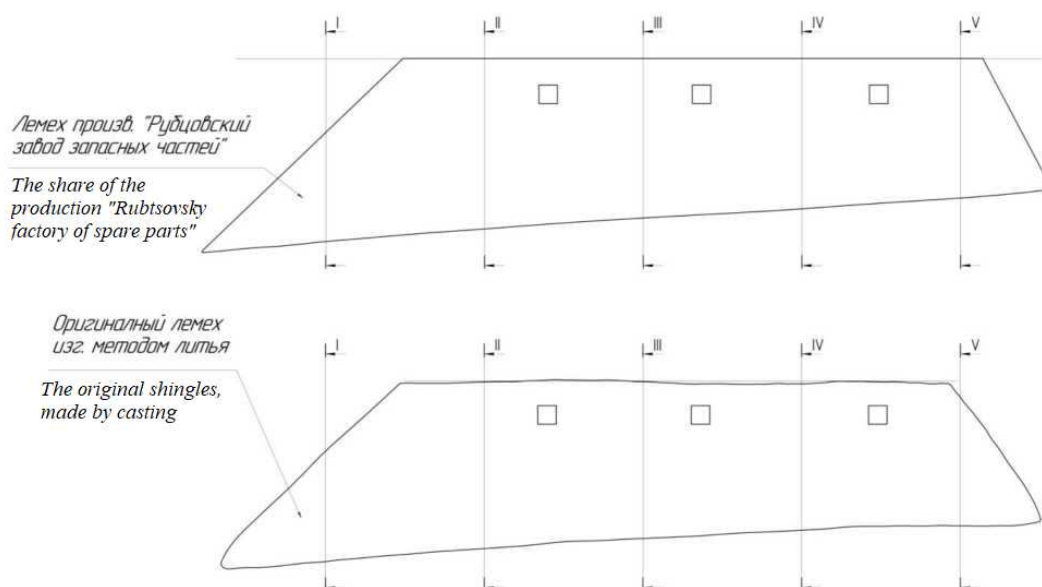


Рисунок 1 – Контрольная схема контрольных размеров по сечениям лемеха

Figure 1 – Diagram of controlled dimensions for the ploughshare cross-sections

Результаты замеров начальных параметров по каждому сечению заносили в таблицу 1.

Карта замера микрометража новых и полученных в процессе полевых испытаний экспериментальных и серийных лемехов.

Для качественного контроля износа аналогичные замеры для всех экспериментальных лемехов проводили в процессе ведения и после завершения испытаний, данные которых также заносили в карту микрометража (таблица 1).

Во время проведения испытаний основным контрольным периодом эксплуатации была принята одна рабочая смена и величина наработки, выполненной за ее время. После завершения каждой смены производился линейный замер лемехов с контролем возможных механических повреждений.

Образцы, имеющие предельный износ, проходили заключительную техническую экспертизу с замером линейных и весовых показателей. Анализируя их, делали оценку состояния по всем факторам.

Таблица 1 – Карта замера микрометража новых и полученных в процессе полевых испытаний экспериментальных (эксп.) и серийных (сер.) лемехов

Table 1 – Map of micrometer measurement of new and field-tested experimental (exp.) and serial ploughshares

Образец / Sample	Наработка, га / Operating time, h	Масса, г / gram weight	Размеры сечения, мм					Примечание
			I	II	III	IV	V	
Эксп, новый / Exp, new	0	5220	136,6	126,8	119,1	112,9	109,5	Корп. 1,2,3,4 / Body 1,2,3,4
Эксп., среднее знач. / Exp., average	4,25	5120	128,4	120,3	115,3	109,4	106,9	На корп. 2,3,4,6 / On body 2,3,4,6
Эксп., среднее знач. / Exp., average	8,25	5055	127,6	118,5	114,2	108,5	106	На корп. 1,2,5,6 / On body 1,2,5,6
Эксп., среднее знач. / Exp., average	12	4995	123,1	112,4	108,8	104	101,6	Отказ, самовыг. / Refusal, depening
Сер, новый / Serial, new	0	5100	138,3	128,8	120,5	113,6	105,5	Корп. 2,4,6 / Body 2,4,6
Сер, среднее знач. / Serial, average	2,81	4495	133,9	126,4	118,1	110,2	101,1	Корп. 2,4,6 / Body 2,4,6
Сер, среднее знач. / Serial, average	4,69	3780	96,5	113,3	110,5	106,1	96,6	Отказ, износ / Failure, wear

Стоит отметить, что при определении ресурса лемехов выбракованные образцы по причине поломки при расчете не учитываются.

Прочность и износостойкость экспериментальных и серийных лемехов определяли при сопоставлении их средних наработок на отказ, не учитывая вышедшие из строя образцы при аварийных ситуациях. Средние значения износа определяли по линейным размерам и весу, производили их анализ, по которым составляли сравнительные графики.

Для проведения сравнительных полевых испытаний была отлита опытная партия экспериментальных лемехов, изготовленных по литейной технологии с поверхностным легированием в литейной форме. В качестве объекта для сравнения были приобретены серийные лемеха производства ЗАО «Рубцовский завод запасных частей».

Опытные лемеха были обмерены по схеме, приведенной на рисунке 1, взвешены и поставлены на полевые испытания.

Результаты и обсуждение. Во время проведения испытаний опытные лемеха показали стабильное качество работы, без выявления возможных скрытых дефектов в результате производственного брака, и в целом нареканий не вызывали. Экспериментальные лемеха продемонстрировали значительно превосходящую своего серийного аналога ресурсоемкость, при более равномерном износе. Так, максимальная наработка на отказ экспериментальных лемехов, изготовленных методом литья с поверхностным легированием высокопрочным порошковым сплавом, составила 12 га, тогда как у лемехов производства ЗАО «Рубцовский завод запасных частей» этот показатель составил всего 4,7 га. Проведя первичную оценку степени износа изношенных образцов путем внешнего осмотра, уже можно дать положительную оценку износостойкости экспериментальных образцов, что особенно проявляется в носовой части.

Существенную разницу в износостойкости лемехов также можно наблюдать по массовому методу оценки. На основании этого можно сделать вывод, что изготовление и упрочнение лемехов по новой перспективной технологии имеет положительный результат в виде достижения равностойкости рабочих зон лемеха при его эксплуатации, что и позволило ему достичь столь высокой наработки.

Износостойкость экспериментальных лемехов на корпус превзошла лемеха существующих в три раза. Для дальнейшего исследования данного вопроса необходимо прибегнуть к более детальному анализу испытуемых образцов. Динамику и характер износа лемехов характеризуют результаты измерений, полученные в ходе испытаний и внесённые в карту обмера (таблица 1).

Для наглядности проведения сравнительного анализа испытуемых лемехов применен метрический метод оценки. На основании полученных данных построены графики изменения величины износа по представленным ранее сечениям на протяжении всего периода эксплуатации, которые представлены на рисунках 2-6.

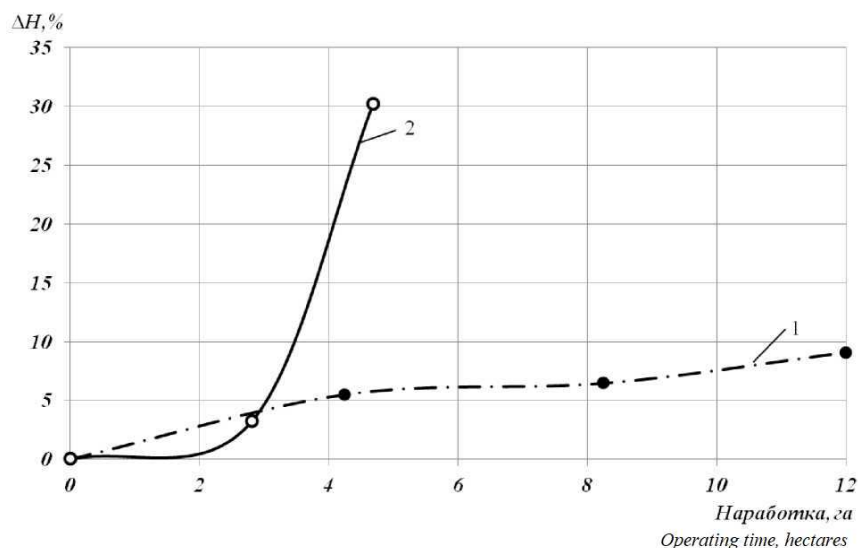


Рисунок 2 – Износ сечения №1:

1 – Износ экспериментального лемеха; 2- Износ серийного лемеха

Figure 2 – section Wear #1:

1 – wear of the experimental ploughshare; 2 – wear of the serial ploughshare

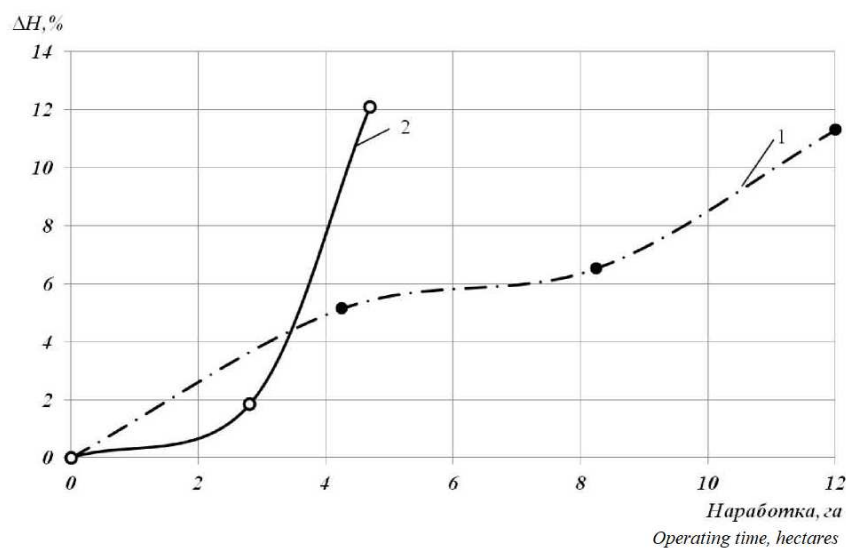


Рисунок 3 – Износ сечения №2:

1 – износ экспериментального лемеха; 2 – износ серийного лемеха

Figure 3-section Wear #2:

1 – wear of the experimental ploughshare; 2 – wear of the serial ploughshare

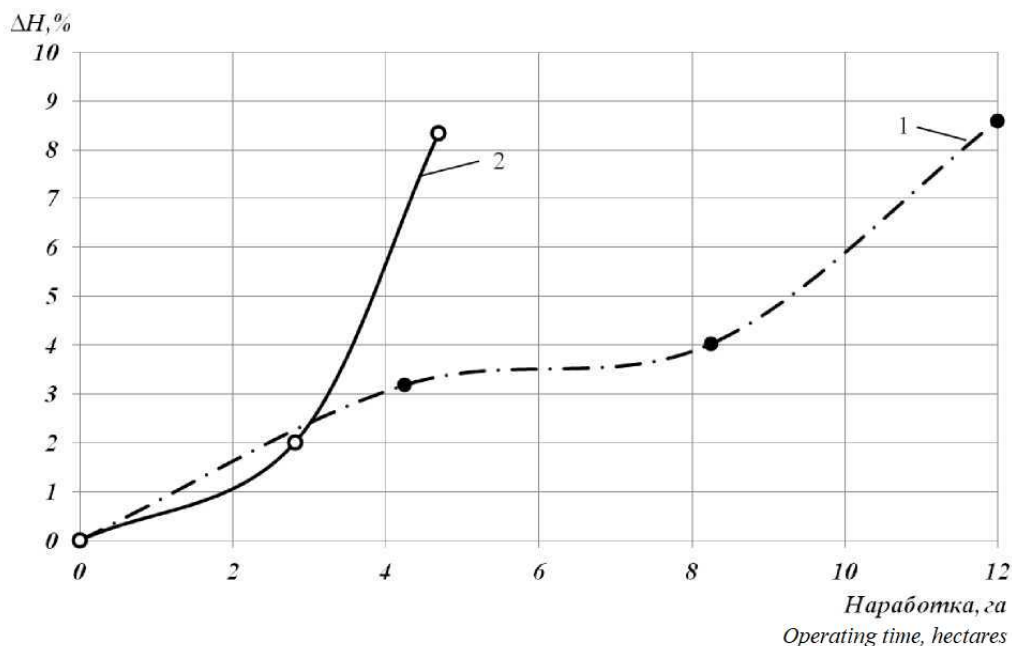


Рисунок 4 – Износ сечения №3:

1 – износ экспериментального лемеха; 2 – износ серийного лемеха

Figure 4-Wear of section No. 3:

1 – wear of the experimental ploughshare; 2 – wear of the serial ploughshare

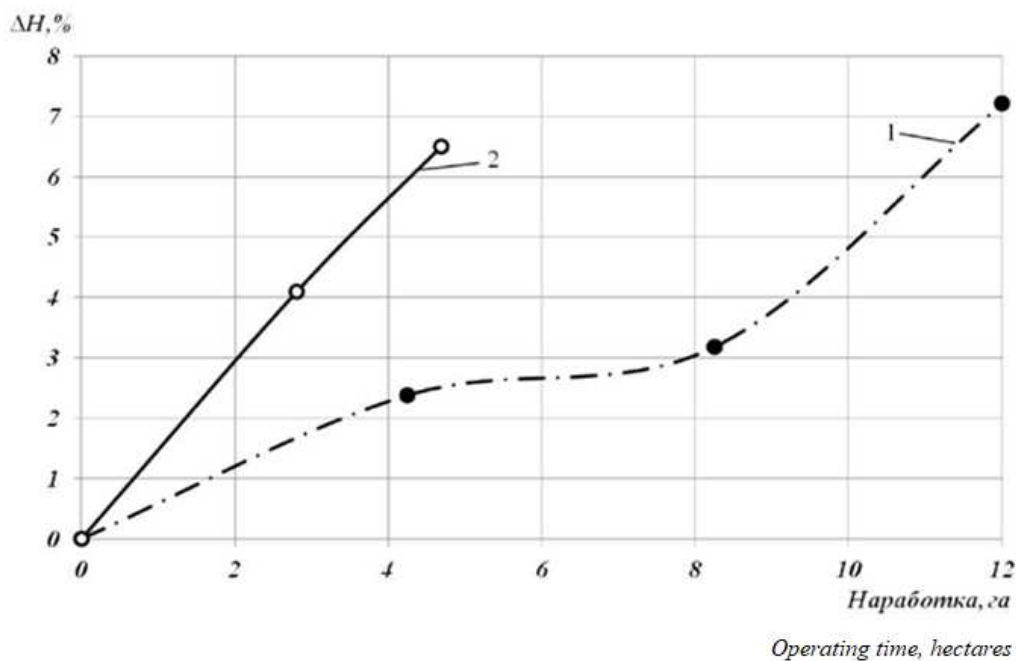


Рисунок 5- Износ сечения №4:

1 – динамика износа экспериментального лемеха; 2 – динамика износа серийного лемеха

Figure 5 – Wear graph in section № 4:

1 – wear dynamics of the experimental ploughshare; 2 – wear dynamics of the serial ploughshare

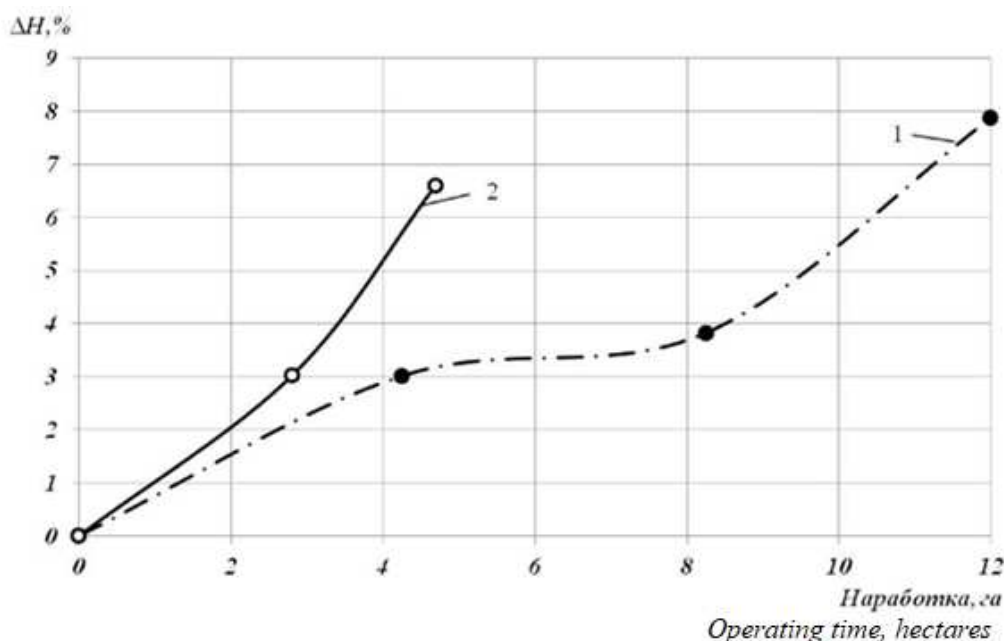


Рисунок 6 - График износа в сечении №5:

1 – динамика износа экспериментального лемеха; 2 – динамика износа серийного лемеха

Figure 6 – Wear graph in section №5:

1-wear dynamics of the experimental ploughshare; 2-wear dynamics of the serial ploughshare

Исходя из представленных данных можно сделать однозначный вывод о значительном превосходстве ресурсоемкости экспериментальных лемехов, изготовленных методом литья перед серийными образцами, наиболее массово применяемыми в условиях нашей области.

Особое внимание стоит обратить на износостойкость по отдельным сечениям, где наглядно представлено, что, несмотря на кратно превышающую наработку, экспериментальные лемеха по степени износа не только не уступают серийным лемехам, но и значительно превосходят их в сечении №1, т.е. в носовой части. Как известно, носовая часть является наиболее нагруженной и подверженной износу. Критический износ носовой части лемеха является одной из основных причин его выхода из строя. За максимальный износ носовой части лемеха, приводящий к выходу его из строя, принято считать такую величину износа, при которой высота носовой части достигает высоты лезвийной части лемеха. Однако при достижении максимальной наработки носовая часть экспериментального лемеха, изготовленного методом литья с поверхностным легированием высокопрочным порошковым сплавом, не только не достигла предельного износа, но и сохранила свою полную работоспособность, имея довольно острую режущую кромку. Серийный лемех производства ЗАО «Рубцовский завод запасных частей», отработав 4,7 га, полностью утратил носовую часть, что и стало причиной выбраковки.

Причиной потери работоспособности лемехов стало образование на лезвии затылочной фаски, вследствие чего возникает выталкивающая сила, которая в конечном итоге привела к самовыглублению плуга. Основными параметрами затылочной фаски являются ширина и угол ее наклона ко дну борозды (рисунок 7). По результатам экспериментальных исследований усредненно лемех выбраковывается при достижении предельной ширины «затылочной» части на относительно легких почвах до 6...8 мм и угле наклона 10°, на тяжелых почвах — 3,4 мм при угле 20°.

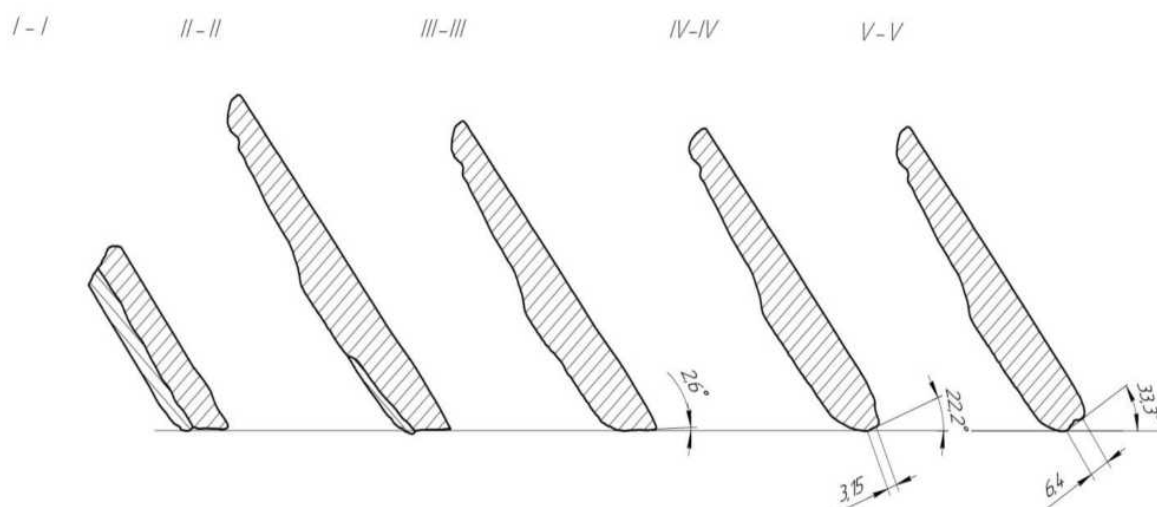


Рисунок 7 – Геометрия износа лезвия лемеха по сечениям

Figure 7 – Geometry of ploughshare blade wear by cross-sections

Наглядно динамика развития образованной затылочной фаски графически представлена на графике изменения ее ширины (рисунок 8) и графике изменения угла наклона ко дну борозды (рисунок 9).

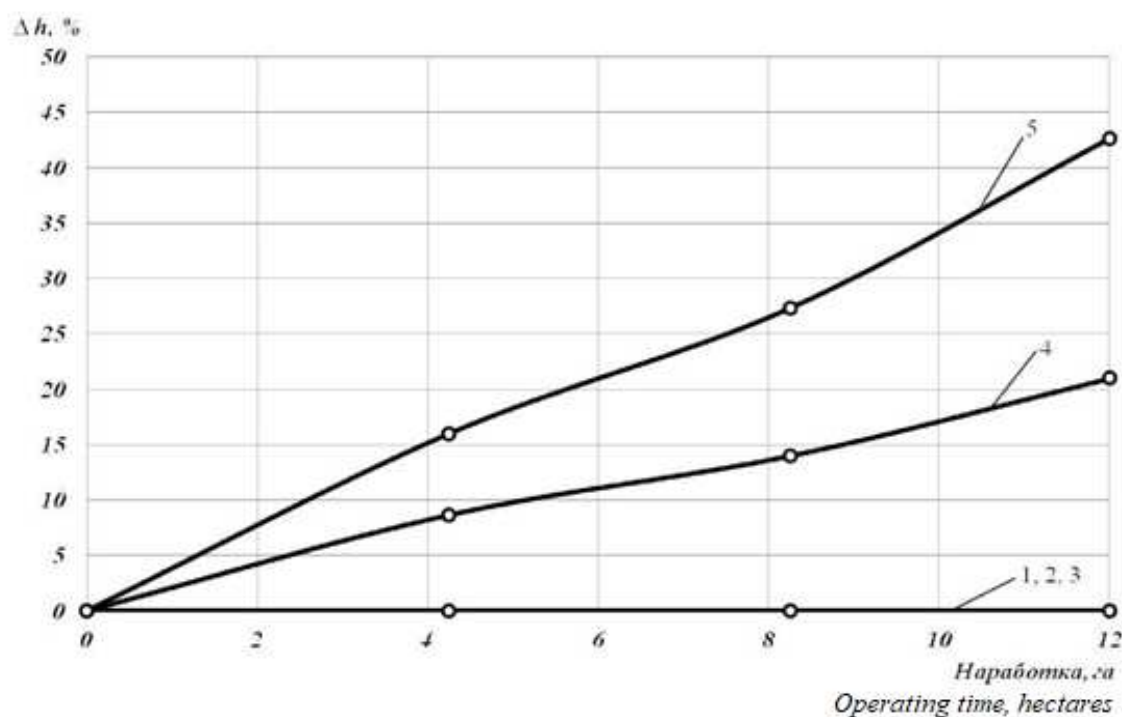


Рисунок 8 - График изменения ширины затылочной фаски относительно ширины лезвия:

1 – сечение №1; 2 – сечение №2; 3 – сечение №3; 4 – сечение №4; 5 – сечение №5

Figure 8 – Graph of changes in the width of the occipital chamfer relative to the width of the blade:

1 – section №1; 2 – section №2; 3 – section №3; 4 – section №4; 5 – section №5

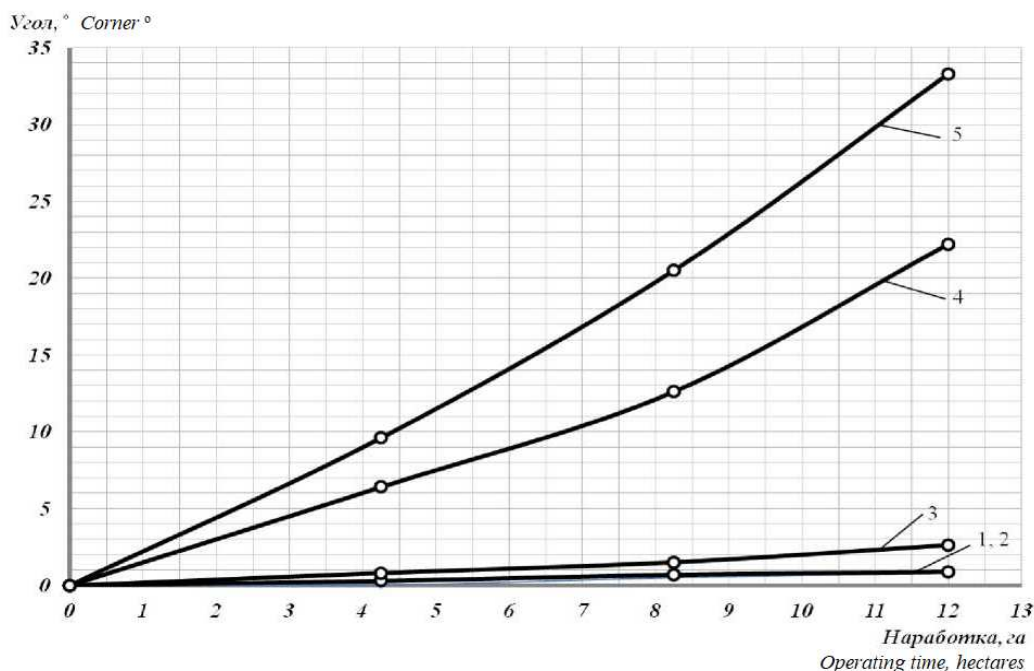


Рисунок 9 - График изменения угла наклона затылочной фаски ко дну борозды:
1 – сечение №1; 2 – сечение №2; 3 – сечение №3; 4 – сечение №4; 5 – сечение №5

Figure 9 - Graph of changes in the angle of inclination of the occipital chamfer to the bottom of the furrow:

1 – section №1; 2 – section №2; 3 – section №3; 4 – section №4; 5 – section №5

Анализируя представленные графики, установили, что образование и активное развитие затылочной фаски происходит преимущественно в зонах сечений № 4 и № 5. В это же время зоны сечений № 1, 2, 3 сохраняют свою достаточно острую форму лезвия, позволяющую успешно продолжать работать. Очевидно, что причиной такого явления стал эффект самозатачивания, который присутствовал в зонах сечений № 1, 2, 3 и полностью отсутствовал в зонах сечений № 4, 5, в результате чего и происходило активное затупление лезвия.

Как известно, эффект самозатачивания наблюдается при создании слоистых лезвий, когда несущий слой обеспечивает прочность, а тонкий режущий – остроту лезвия. В этом случае при достаточном соотношении твердости слоев за счет разности степени износа каждого из них и будет сохраняться оптимальная геометрия лезвия. Поскольку представленная литейная технология изготовления лемехов предусматривала упрочнение только носовой части лемеха как самой нагруженной, то лезвийная часть на протяжении более половины длины лемеха осталась не упрочненной, то есть однослойной. Вследствие этого неупрочненные зоны лезвия, имея равную прочность и твердость по всей ширине, имели также и равномерный износ, что привело к закруглению режущей кромки с образованием затылочной фаски, то есть к полному затуплению лезвия. На основании этого можно сделать вывод, что для устранения данного явления необходимо изменить технологию изготовления и включить в нее упрочнение лезвия оптимальной толщины легированным слоем на протяжении всей длины лемеха. Данное изменение позволит получить эффект самозатачивания, что сохранит остроту лезвия и, как следствие, увеличит ресурс лемеха.

Выводы. Причиной отказа экспериментальных лемехов явилось образование и активное развитие затылочной фаски на задней части лезвия, что привело к возникновению выталкивающих сил и выглублению плуга. Для увеличения ресурса эксперимен-

тальных лемехов проведена корректировка технологии изготовления, позволившая получить эффект самозатачивания проблемных зон лезвия. Ресурс экспериментальных лемехов практически втрое превышает ресурс своего серийного аналога.

Библиографический список

1. Бернштейн Д. Б., Лискин И. В. Лемехи плугов. Анализ конструкций, условий изнашивания и применяемых материалов // Сельскохозяйственные машины и орудия. Серия 2. 1992. Вып. 3. С. 35.
2. Дорошенко В. С., Гнатуш В. А. Мировой рынок литья чугуна с шаровидным графитом. Состояние и перспективы развития // Вестник арматуростроителя. 2017. № 5. С. 112-119.
3. Ерохин М. Н., Новиков В. С. Повышение прочности и износостойкости лемеха плуга // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2008. № 3. С. 100-107.
4. Костылева Л. В., Гапич Д. С., Моторин В. А. Комплексное влияние химического состава чугуна на структуру отбеленного слоя долота чизельного плуга // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2. С. 221-228.
5. Повышение износостойкости почвообрабатывающих рабочих органов за счет структурирования высокоуглеродистых сплавов / Л. В. Костылева, Д. С. Гапич, В. А. Моторин, А. Е. Новиков, Д. Б. Курбанов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3. С. 283-291.
6. Сильман Г. И., Макаренко К. В., Зенцова Е. А. Бейнитный высокопрочный чугун с шаровидным графитом // Металловедение и термическая обработка металлов. 2013. № 4. С. 3-8.
7. Формирование износостойких зонально-распределенных структур деталей орудий для почвообработки из высокопрочного чугуна / В. А. Моторин, Д. С. Гапич, Л. В. Костылева, А. Е. Новиков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4. С. 269-276.
8. Al-Sayed S. R., Elshazli A. M., Hussein A. H. A. Laser surface hardening of Ni-hard white cast iron // Metals. 2020. V. 10(6). Is. 795. P. 1-19.
9. An investigation on the stability of austenite in Austempered Ductile Cast Iron (ADI) / S. Panneerselvam, C. J. Martis, S. K. Putatunda, J. M. Boileau // Materials Science and Engineering. 2015. V. 626. P. 237-246.
10. Composition and Tribological Properties of Hardened Cutting Blades of Tillage Machines under Abrasive Deterioration / A. E. Novikov, V. A. Motorin, M. I. Lamskova, M. I. Filimonov // Journal of Friction and Wear. 2018. Vol. 39. No. 2. P. 158-163.
11. Effect of the starting microstructure in the formation of austenite at the intercritical range in ductile iron alloyed with nickel and copper / H. D. Machado, R. Aristizabal-Sierra, C. Garcia-Mateo, I. Toda-Caraballo // International Journal of Metalcasting. 2020. V. 14 (3). P. 836-845.
12. Influence of cooling rate on the microstructure and properties of a new wear resistant carbide austempered ductile iron (CADI) / Y. Ch. Peng, H. J. Jin, J. H. Liu, G. L. Li // Materials Characterization. 2012. Vol. 72. P. 53-58.
13. Influence of solidification conditions on the microstructure of laser-surface-melted ductile cast iron / D. Janicki, J. Górka, W. Kwaśny, W. Pakiel, K. Matus // Materials. 2020. V. 13 (5). 1174.
14. Neutron diffraction monitoring of ductile cast iron under cyclic tension-compression / S. Harjo, S. Kubota, W. Gong, T. Kawasaki, S. Gao // Acta Materialia. 2020. V. 196. P. 584-594.
15. Probabilistic Low Cycle Fatigue criterion for nodular cast-irons / F. Szmytka, E. Charkaluk, A. Constantinescu, P. Osmond // International Journal of Fatigue. 2020. V. 139. P. 105701.
16. Pyndak V. I., Novikov A. E. Tribotechnical and Energy Assessment of Parts of Working Members of Cultivating Machines After Carburizing and Laser Hardening // Metal Science and Heat Treatment. 2016. V. 58. No. 3-4. P. 226-230.
17. YuNon-single bionic coupling model for thermal fatigue and wear resistance of gray cast iron drum brake / D. Yu, T. Zhou, H. Zhou, H. Bo, H. Lu // Optics and Laser Technology. 2019. V. 111. P. 781-788.

Conclusions. The reason for the failure of the experimental ploughshares was the formation and active development of the occipital chamfer on the back of the blade, which led to the emergence of buoyant forces and the plough's deepening. To increase the resource of experimental ploughshares, the manufacturing technology was adjusted, which allowed to obtain the effect of self-sharpening of problem areas of the blade. The resource of experimental ploughshares is almost three times higher than the resource of its serial counterpart.

References

1. Bernstein D. B., Leskin I. V. Ploughshares. Analysis of structures, wear conditions and applied materials // *Agricultural machines and tools. Series 2.* 1992. Iss. 3. P. 35.
2. Doroshenko V. S., Gnatush V. A. World market for nodular cast iron. State and development prospects // *Bulletin of the valve-constructor.* 2017. No. 5. P. 112-119.
3. Erokhin M. N., Novikov V. S. Increasing the strength and wear resistance of the plowshare // *Vestnik FGOU VPO MGAU.* 2008. № 3. P. 100-107.
4. Kostyleva L. V., Gapich D. S., Motorin V. A. Complex influence of the chemical composition of cast iron on the structure of the bleached layer of a chisel plow chisel // *News of the Nizhnevolzhsky agro-university complex: Science and higher professional education.* 2016. No. 2. P. 221-228.
5. Increasing the wear resistance of tillage working bodies by structuring high-carbon alloys / L. V. Kostyleva, D. S. Gapich, V. A. Motorin, A. E. Novikov, D. B. Kurbanov // *Proceedings of the nizhnevolzhsky agro-University complex: Science and higher professional education.* 2018. № 3. C. 283-291.
6. Silman G. I., Makarenko K. V., Zentsova E. A. Beinitny high-strength cast iron with spherical graphite // *Metallurgy and heat treatment of metals.* 2013. No. 4. P. 3-8.
7. Formirovanie iznosostojkikh zonal'no-raspredeennykh struktur detalej orudij dlya pochvoobrabotki iz vysokoprochnogo chuguna / V. A. Motorin, D. S. Gapich, L. V. Kostyleva, A. E. Novikov // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie.* 2018. № 4. C. 269-276.
8. Al-Sayed S. R., Elshazli A. M., Hussein A. H. A. Laser surface hardening of Ni-hard white cast iron // *Metals.* 2020. V. 10(6). Is. 795. P. 1-19.
9. An investigation on the stability of austenite in Austempered Ductile Cast Iron (ADI) / S. Panneerselvam, C. J. Martis, S. K. Putatunda, J. M. Boileau // *Materials Science and Engineering.* 2015. V. 626. P. 237-246.
10. Composition and Tribological Properties of Hardened Cutting Blades of Tillage Machines under Abrasive Deterioration / A. E. Novikov, V. A. Motorin, M. I. Lamskova, M. I. Filimonov // *Journal of Friction and Wear.* 2018. Vol. 39. No. 2. P. 158-163.
11. Effect of the starting microstructure in the formation of austenite at the intercritical range in ductile iron alloyed with nickel and copper / H. D. Machado, R. Aristizabal-Sierra, C. Garcia-Mateo, I. Toda-Caraballo // *International Journal of Metalcasting.* 2020. V. 14 (3). P. 836-845.
12. Influence of cooling rate on the microstructure and properties of a new wear resistant carbide austempered ductile iron (CADI) / Y. Ch. Peng, H. J. Jin, J. H. Liu, G. L. Li // *Materials Characterization.* 2012. Vol. 72. P. 53-58.
13. Influence of solidification conditions on the microstructure of laser-surface-melted ductile cast iron / D. Janicki, J. Górka, W. Kwaśny, W. Pakiel, K. Matus // *Materials.* 2020. V. 13 (5). 1174.
14. Neutron diffraction monitoring of ductile cast iron under cyclic tension-compression / S. Harjo, S. Kubota, W. Gong, T. Kawasaki, S. Gao // *Acta Materialia.* 2020. V. 196. P. 584-594.
15. Probabilistic Low Cycle Fatigue criterion for nodular cast-irons / F. Szmytka, E. Charkaluk, A. Constantinescu, P. Osmond // *International Journal of Fatigue.* 2020. V. 139. P. 105701.
16. Pyndak V. I., Novikov A. E. Tribotechnical and Energy Assessment of Parts of Working Members of Cultivating Machines After Carburizing and Laser Hardening // *Metal Science and Heat Treatment.* 2016. V. 58. No. 3-4. P. 226-230.
17. YuNon-single bionic coupling model for thermal fatigue and wear resistance of gray cast iron drum brake / D. Yu, T. Zhou, H. Zhou, H. Bo, H. Lu // *Optics and Laser Technology.* 2019. V. 111. P. 781-788.

Authors Information

Motorin Vadim Andreevich - associate Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture», Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, e-mail: vmotorin001@yandex.ru.

Gapich Dmitry Sergeevich - head of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture», Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), Associate Professor, e-mail: gds-08@mail.ru.

Oleynikov Roman Nikolaevich - post-graduate student of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture», Volgograd State Agrarian University (400002, Volgograd, pr. Universitetsky, 26), e-mail: olejnikov.rom@yandex.ru.

Информация об авторах

Моторин Вадим Андреевич, доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, e-mail: vmotorin001@yandex.ru

Гапич Дмитрий Сергеевич, заведующий кафедрой «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), доктор технических наук, доцент, e-mail: gds-08@mail.ru.

Олейников Роман Николаевич, аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26). e-mail: olejnikov.rom@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-39

EVALUATION OF THE RESULTS OF STUDIES OF ANTHROPOGENIC REMEDIATION OF DISTURBED LANDS

**E. G. Meshcheryakova, V. S. Bocharnikov
M. P. Meshcheryakov, O. V. Bocharnikova**

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 11.01.2021

Submitted 10.03.2021

Summary

The article presents the results of laboratory experimental studies of the applications developed by the authors technologies rehabilitate contaminated light brown medium loam Rostov region and dark brown light loamy soils of the Volgograd region on the basis of application of complex natural sorbent meliorant. Comparative data on the speed and degree of their purification are given. The component composition of the preparation based on zeolite and humic acid used in the course of recultivation is considered. The main technological parameters of the applied solution are determined: the proportional composition, the air-temperature regime, the set level of soil moisture, the terms of remediation work. In the course of experimental and laboratory studies, it was possible to reduce the content of oil pollution to a safe level within a given period (6 months): on light chestnut medium loamy soil from 50 g/kg to 0.562 g/kg and on dark chestnut light loamy soil-from 50 g/kg to 0.489 g/kg (below 1 g/kg) in soil samples taken from two experimental plots. It should be noted that this degree of sorption could be maintained only under the specified conditions: with the maintenance of soil moisture at the level of 60 % and the air-temperature regime not lower than +30C, this indicates the need to comply with this technological regime in experimental field conditions. The analysis of the results of our research allows us to talk about the production feasibility and practical effectiveness of the use in the process of reclamation of soils contaminated with petroleum hydrocarbons, the proposed technology for cleaning and restoring agricultural land based on a complex natural reclamation sorbent.

Abstract

Relevance. The problem of effective restoration in the course of reclamation work of the soil biocenosis, disturbed as a result of technogenic human activity, is especially acute. In the course of decontamination measures, it is always relevant to address the following issues: the degree and speed of clean-

ing disturbed lands, the safety of the drugs and technologies used, their economic feasibility, the possibility of not only restoring, but also improving soil properties in order to return them to economic circulation, including for further cultivation of various agricultural crops on them. **object.** The object of the study was the technology of using a complex natural sorbing ameliorant for the reclamation and purification of oil-contaminated soils. Purpose. To study the efficiency of the applied technological solution in terms of the timing and degree of restoration of technologically disturbed lands. **Materials and methods.** Laboratory and experimental studies were carried out in accordance with the current methodological documents. The collection of mixed soil samples from the field was carried out in accordance with the general requirements for sampling. The results obtained during the experiment were processed using standard statistical methods. In the process of preparing and writing this article, the scientific and practical experience of the authors was analyzed and used, investigating the problems of reclamation of technologically disturbed soils by oil and oil products as a result of the use of natural sorbing materials - zeolites and humic preparations. **Results and conclusions.** In the course of experimental laboratory studies, the effectiveness of the application of the technology developed by the authors for the reclamation of oil-contaminated agricultural soils was confirmed. As a result of the use of a complex natural sorbing ameliorant in the process of reclamation, it was possible to reduce the content of oil pollution below the maximum permissible level of 1 g / kg. Statistical processing of the obtained experimental data was carried out and graphical dependencies were presented. In conclusion, on the basis of the studies carried out, a conclusion was made about the feasibility of applying the developed technological solution, the feasibility of introducing into production for the effective restoration of soils disturbed by petroleum hydrocarbons with the aim of their further return to agricultural circulation was substantiated.

Key words: *complex ameliorant, natural sorbent, humic preparation, clinoptilolite, soil reclamation, oil pollution, seed germination.*

Citation. Meshcheryakova E. G., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P., Bocharnikova O. V., Evaluation of the results of studies of anthropogenic remediation of disturbed lands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 410-420 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-39.

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

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

УДК 628.16.067.1

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ РЕМЕДИАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Е. Г. Мещерякова, ассистент

В. С. Бочарников, доктор технических наук, профессор

М. П. Мещеряков, кандидат технических наук, доцент

О. В. Бочарникова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 11.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность. Проблема эффективного восстановления в процессе проведения рекультивационных работ почвенного биоценоза, нарушенного в результате техногенной деятельности человека, стоит особенно остро. В ходе проведения деконтаминационных мероприятий всегда актуальным остается решение вопросов степени и скорости очистки нарушенных земель, безопасности используемых препаратов и технологий, их экономической целесообразности, возможности не только восстановления, но и улучшения свойств почвы с целью возвращения их в хозяйственный оборот, в том числе и для дальнейшего возделывания на них различных сельскохозяйственных культур. **Объект.** Объектом исследования являлась технология применения комплексного природного сорбирующего мелиоранта для рекультивации и очист-

ки нефтезагрязненных почв. **Цель.** Изучить эффективность применяемого технологического решения с точки зрения сроков и степени восстановления техногенно нарушенных земель. **Материалы и методы.** Лабораторно-экспериментальные исследования проводились в соответствии с актуальными методическими документами. Отбор смешанных почвенных образцов с поля осуществлялся в соответствии с общими требованиями к отбору проб. Обработка полученных в ходе эксперимента результатов проводилась с применением стандартных статистических методов. В процессе подготовки и написания данной статьи был проанализирован и использован научно-практический опыт авторов, исследующих проблемы рекультивации техногенно нарушенных нефтью и нефтепродуктами почв в результате применения природных сорбирующих материалов – цеолитов и гуминовых препаратов. **Результаты и выводы.** В ходе экспериментально-лабораторных исследований была подтверждена эффективность применения разработанной авторами технологии рекультивации нефтезагрязненных почв сельскохозяйственного назначения. В результате использования комплексного природного сорбирующего мелиоранта в процессе рекультивации удалось снизить содержание нефтезагрязнений ниже предельно допустимого уровня 1 г/кг. Была проведена статистическая обработка полученных экспериментальных данных и представлены графические зависимости. В заключении на основании проведенных исследований сделан вывод о целесообразности применения разработанного технологического решения, обоснована целесообразность внедрения в производство для эффективного восстановления нарушенных нефтяными углеводородами почв с целью их дальнейшего возвращения в сельскохозяйственный оборот.

Ключевые слова: комплексные мелиоранты, природные сорбенты, гуминовые препараты, клиноптилолит, рекультивация почв, нефтяные загрязнения, всхожесть семян.

Цитирование: Мещерякова Е. Г., Бочарников В. С., Мещеряков М. П., Бочарникова О. В., Оценка результатов ремедиационных исследований техногенно нарушенных земель. *Известия НВ АУК.* 2021. 1(61). 410-420. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-39.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Земли, по территории которых проходят нефтетрубопроводы, находятся в зоне повышенного риска с точки зрения техногенного нарушения в процессе строительства, реконструкции трубопроводов, а также большой вероятности возникновения аварийных ситуаций, связанных с утечками нефти при транспортировке. Это объясняется большой разветвленностью нефтетрубопроводной сети на территории Российской Федерации: общая протяженность только магистральных составляет более 48 тыс. км. Многие из них физически изношены. Продолжается строительство новых: так, в рамках проекта «Юг» для экспорта российской нефти в европейские страны по территории, в том числе Волгоградской и Ростовской областей, прокладывается нефтетрубопровод «Сызрань – Саратов – Волгоград – Новороссийск» общей протяженностью более 1463 км и предварительной мощностью около 8,5 тонн в год [1, 4]. При этом российское законодательство не запрещает осуществлять их прокладку и эксплуатацию на территории сельскохозяйственных земель, в том числе и пахотных (рисунки 1, 2).

Это создает особую угрозу, так как эффективность сельскохозяйственного производства в первую очередь зависит от плодородия почв, а в процессе антропогенной деятельности человека происходит изменение физических, биологических, химических свойств почвы, что, в конечном счете, отрицательно сказывается на урожайности и качестве сельскохозяйственной продукции. Несмотря на то что нефтезагрязненные почвы спо-

способны к самовосстановлению, оно может растянуться на десятки лет, нанося непоправимый экологический и экономический ущерб сельскому хозяйству. В первые несколько месяцев после загрязнения происходит испарение только легких углеводородов, их содержание может уменьшиться вдвое за относительно короткий срок, но тяжелые углеводороды, смолы, асфальтены остаются в почвенном профиле [2, 6, 7]. На скорость их разложения влияет множество факторов: химический состав нефтяных поллютантов, климат, гранулометрический, микробиологический, химический состав почв и т.д. (рисунок 3).



Рисунок 1 – Нефтепровод, проходящий по территории сельхозугодий
Городищенского района Волгоградской области

Figure 1 – Oil pipeline passing through the farmland of Gorodishchensky district
of the Volgograd region



Рисунок 2 – Нефтепровод, проходящий по территории сельхозугодий
Зимовниковского района Ростовской области

Figure 2 – Oil pipeline passing through the farmland of the Zimovnikovsky district
of the Rostov region

Рекультивационные мероприятия, проводимые с целью очистки и восстановления нарушенных земель, являются необходимыми с точки зрения значительного сокращения сроков разложения нефтяных загрязнителей и улучшения плодородных свойств почвы. Целесообразность применения выбранных рекультивационных технологий должно, помимо вышеуказанных факторов, обеспечиваться их экономической эффективностью и экологической безопасностью. Этим критериям отвечают биотехнологии рекультивации и очистки почв, основанные на применении природных мелиорирующих сорбентов, к которым можно отнести препараты гуминовой кислоты и цеолиты [4, 9, 11].

Гуминовые концентраты представлены на рынке двумя типами препаратов в жидкой и гранулированной (порошкообразной) формах, отличающихся концентрацией гуминовых кислот в составе. Именно последние обладают уникальными свойствами, позволяющими эффективно применять их в процессе рекультивации нарушенных почв. Они стимулируют развитие почвенных микроорганизмов, повышают плодородие почв, увеличивают их влагоёмкость, порозность, выступают сорбентом по отношению к различным почвенным поллютантам, в том числе и органическим. Гуминовые кислоты способны коагулироваться и образовывать труднорастворимые химически нейтральные соединения с почвенными загрязнителями, как бы обволакивая, поглощая и локализуя их. Гуминовые кислоты экологичны, так как синтезируются только из природных материалов, например, таких как торф, сапропели, бурые угли [3, 10].

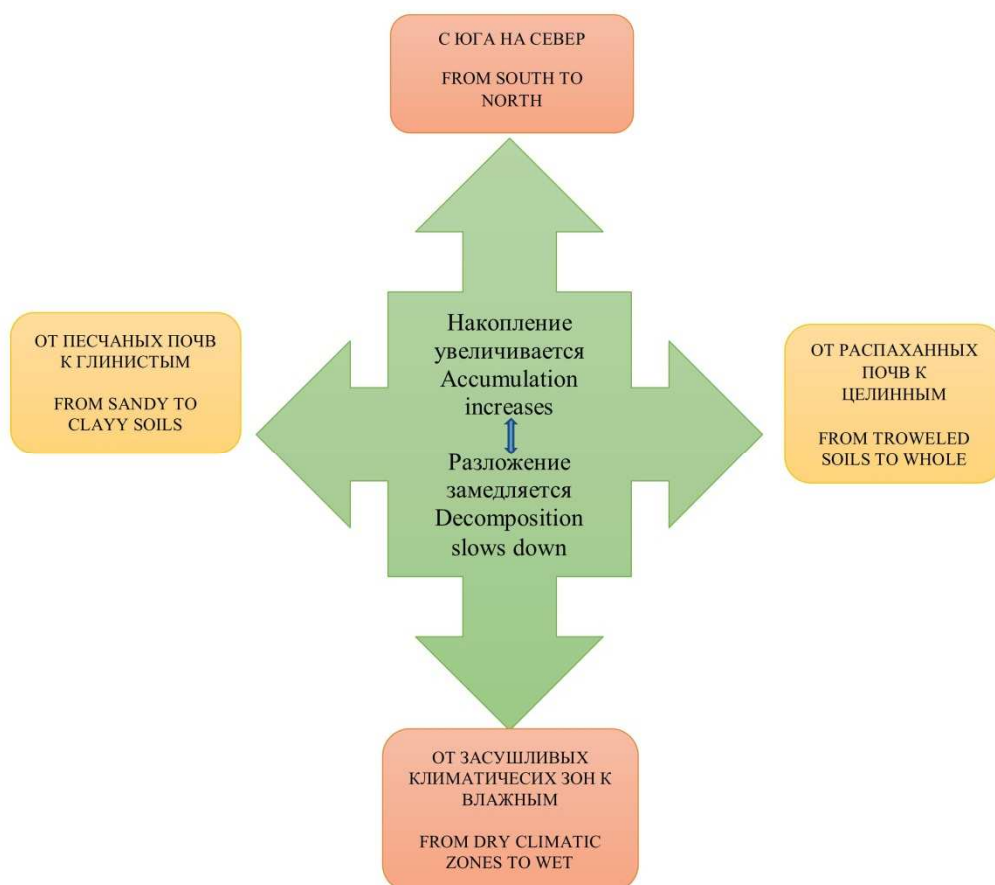


Рисунок 3 – Закономерности, влияющие на динамику показателей содержания нефтяных поллютантов в почве

Figure 3 – Patterns affecting the dynamics of indicators of the content of oil pollutants in the soil

Цеолиты – это природные минералы, обладающие высокими сорбционными свойствами по отношению к различным загрязнителям. Алюмосиликаты имеют жесткую кристаллическую структуру, способную к ионозамещению. Они хорошо структурируют почву, увеличивают ее воздухопроницаемость, ускоряя процессы окисления нефтяных углеводородов, являются дополнительным источником минеральных веществ в почве. Совместное применение данных препаратов способно ускорить ремедиационные процессы, образуя с загрязнителями малоподвижные нерастворимые соединения, блокируя их движение к корням растений, препятствуя их попаданию в грунтовые воды, природные мелиоранты улучшают физико-химические свойства почвы и качество выращиваемой на ней сельскохозяйственной продукции [5, 8, 10].

Целью проводимых исследований стало изучение эффективности применения разработанного технологического решения с точки зрения сроков и степени восстановления земель, загрязненных нефтяными углеводородами.

Для достижения поставленной цели авторами проводились лабораторные исследования по очистке и восстановлению нарушенных нефтяными поллютантами почв.

Материалы и методы. Для проведения лабораторных исследований были отобраны смешанные почвенные образцы с двух пахотных участков площадью по 1 га, расположенных в Городищенском районе Волгоградской области (участок № 1) и в Зимовниковском районе Ростовской области (участок № 2), участки были выбраны как потенциально опасные с точки зрения возможного загрязнения нефтью, так как по ним проходит нефтепровод «Куйбышев – Тихорецк» (таблица 1). В три емкости объемом 5 л на дно насыпали мелкий гравийный щебень фракции 10-20 мм слоем 1,5-2 см, а сверху 3 кг почвы, загрязненной искусственно нефтью Южно-Первомайского месторождения Саратовской области в концентрации 50 г/кг.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика почв в отобранных образцах

Table 1 – Comparative characteristics of the soils in the selected samples

Почва Городищенского района Волгоградской области (участок № 1) / Soil of the Gorodishchensky district of the Volgograd region (plot No. 1)	Почва Зимовниковского района Ростовской области (участок № 2) / Soil of the Zimovnikovsky district of the Rostov region (plot No. 2)
Светло-каштановая / Light chestnut	Темно-каштановая / Dark chestnut
Среднесуглинистая / Medium loamy	Легкосуглинистая / Light loamy
Среднегумусированные / Medium humus 2,05 %	Среднегумусированные / Medium humus 2,28 %
Низкое содержание обменного калия / Low content of exchangeable potassium 187,0 мг/кг	Высокое содержание обменного калия / Low content of exchangeable potassium 571 мг/кг
Среднее содержание подвижного фосфора / Average content of available phosphorus 24,0 мг/кг	Среднее содержание подвижного фосфора / Average content of available phosphorus 23,0 мг/кг
Гидролизующий азот среднее / Hydrolysable nitrogen medium 162,0 мг/кг	Гидролизующий азот низкое / Hydrolysable nitrogen low 105,0 мг/кг

Обеспечивалась трехкратная повторность для исследования почв по каждому участку. Измерения проводили каждые 10 дней, по результатам трех параллельных измерений в каждом опыте находили среднеарифметическое значение, которое учитывали как результат. Измерение содержания нефти и нефтепродуктов в почве осуществляли методом колориметрии.

Препарат вносили в каждый контейнер в виде смеси из расчета 150 г/кг почвы цеолита (фракцией 1-3 мм, с содержанием клиноптилолита 60-70 %) и 15 г/м² гуминового порошкообразного препарата на основе бурового угля (с содержанием гуминовых кислот не менее 65 %), в пересчете на наш объем и площадь поверхности загрязненного грунта – 450 г природного цеолита и 6 г гуминового препарата. После чего осуществляли рыхление (перемешивание) загрязненного грунта с комплексным сорбирующим мелиорантом. Рекультивацию осуществляли на протяжении 6 месяцев (один сезон), при этом влажность почвы поддерживалась на уровне 60 %. Температура воздуха окружающей среды на протяжении всего опыта была выше +3 °С.

Согласно ГОСТ Р 57447-2017 при оценке степени загрязнения земель и земельных участков нефтью и нефтепродуктами в качестве допустимого уровня принято использовать значение, равное 1,0 г/кг, хотя фоновые концентрации углеводородов в почвах значительно варьируются в зависимости от типа почв и могут быть выше 1,0 г/кг. Поэтому рекультивацию проводят до условного предела – допустимого остаточного содержания нефти в почве (ДОСНП), который разрабатывают с учетом природно-климатических, ландшафтных, почвенных и иных особенностей регионов, состава и свойств нефти, в ряде случаев – с учетом конечного прогнозируемого результата очистки почвы после технического и биологического этапов и потенциала (скорость, направленность процессов дальнейшего очищения и восстановления почв) после завершения рекультивации.

Результаты и обсуждение. В результате были получены данные по снижению концентрации загрязнения светло-каштановой среднесуглинистой почвы с 50 г/кг до 0,562 г/кг и темно-каштановой легкосуглинистой – с 50 г/кг до 0,489 г/кг (таблица 2).

Процесс восстановления и очистки образцов почв шел неравномерными темпами: большая степень сорбции, более 80 %, наблюдалась в первые 3 месяца, замедляясь по мере насыщения сорбента. К концу периода наблюдений снижение содержания нефтезагрязнений происходило еще и за счет стимулирующего действия, оказанного нашим препаратом на почву в процессе улучшения ее способности к самоочистке по мере увеличения полезной почвенной микрофлоры из-за содержания в препарате гуминовой кислоты.

Таблица 2 – Результаты рекультивации нефтезагрязненных почв

Table 2 - Results of recultivation of oil-contaminated soils

Номер участка / Plot number	Тип почвы / Soil type	Исходное загрязнение до рекультивации, г/кг / The source of the contamination to remediation, g/kg	Остаточное загрязнение после рекультивации, г/кг / Residual contamination after remediation, g / kg					
			через 1 месяц / through 1 month	через 2 месяца / through 2 month	через 3 месяца / through 3 month	через 4 месяца / through 4 month	через 5 месяцев / through 5 month	через 6 месяцев / through 1 month
1	Светло-каштановые (среднесуглинистые) / Light chestnut (medium loamy)	50	35,379	23,240	13,373	5,784	2,543	0,562
2	Темно-каштановые (легкосуглинистые) / Dark chestnut (light loamy)	50	34,867	22,744	11,523	6,035	2,421	0,489

Восстановление почвы участка № 2 шло несколько быстрее, и остаточное содержание нефтяных поллютантов по истечении исследуемого периода (6 месяцев) в образцах почв участка № 1 было на 13 % больше. Необходимо отметить, что на 4 месяце в образцах почвы участка № 2 наблюдалось некоторое замедление процессов очистки, предполагаем, что данный эффект мог быть спровоцирован недоувлажнением почвы (на уровне 60 %) в результате неравномерного распределения влаги в ее нижние слои.



Рисунок 4 – Диаграмма сравнения результатов рекультивации нефтезагрязненных почв по месяцам

Figure 4 – Comparison diagram of the results of reclamation of oil-contaminated soils by month

При этом необходимо отметить, что в результате применения предложенной технологии рекультивации техногенно нарушенных земель сельскохозяйственного назначения концентрацию нефтяных загрязнителей в почве удалось снизить до допустимого уровня 0,562 и 0,489 г/кг (ниже предельно допустимого 1 г/кг согласно ГОСТу Р 57447-2017) (рисунок 4).

Следовательно, заявленный способ очистки нефтезагрязненных почв позволяет повысить качество очистки в процессе рекультивации и снизить содержание нефтезагрязнений ниже 1 г/кг для дальнейшего использования очищенной почвы при возделывании сельскохозяйственных культур.

Выводы. Итак, в ходе экспериментально-лабораторных исследований удалось в течение заданного периода (6 месяцев) снизить содержание нефтяных загрязнений до безопасного уровня 0,562 и 0,489 г/кг (ниже 1 г/кг) в образцах почв, взятых с двух опытных участков. Необходимо отметить, что данную степень сорбции удавалось сохранять только при заданных условиях: с поддержанием влажности почвы на уровне 60 % и воздушно-температурном режиме не ниже +3 °С, это говорит о необходимости соблюдения данного технологического режима и в опытно-полевых условиях. Анализ результатов проведенных нами исследований позволяет говорить о производственной целесообразности и практической эффективности применения в процессе рекультивации загрязненных нефтяными углеводородами почв, предложенной технологии очистки и восстановления земель сельскохозяйственного назначения на основе комплексного природного мелиорирующего сорбента.

Библиографический список

1. Бочарников В. С., Мещеряков М. П., Денисова М. А. Исследование сорбционных свойств сорбентов с использованием ферритовых реагентов при очистке сточных вод // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 242-249.
2. Булуктаев А. А., Саганджиев Л. Х., Дорджиева Ц. Д. Изменение эколого-биологических свойств светло-каштановых почв Калмыкии при загрязнении нефтепродуктами // Известия Саратовского университета. 2013. Т. 13. № 1. С. 102-107.
3. Гильманова М. В., Грехова И. В. Оценка применения гуминовых препаратов для биологической рекультивации // АПК: инновационные технологии. 2018. № 1. С. 6-12.
4. Заболотских В. В., Танких С. Н., Васильев А. В. Технологические подходы к детоксикации и биовосстановлению нефтезагрязнённых земель // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 5-3 (85). С. 341-351.
5. Исследование поглочительных свойств природных мелиорантов на техногенно нарушенных землях / Е. Г. Мещерякова, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков, О. В. Бочарникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 239-248.
6. Цомбуева Б. В., Горяшкиева З. В., Щербакова Л. Ф. Метод очистки почвы от нефтяного загрязнения с помощью природных сорбентов // Вестник ВолГУ. Сер. 9. Естественные науки. 2017. Т. 7. № 2. С. 19-25.
7. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil Siberian / T. P. Alekseeva [et al.] // Research Institute of Agriculture and Peat, Branch of the Siberian Federal Agri-Science Centre. Russian Academy of Sciences. 2017. V. 33. P. 85-91.
8. Bochkarev G. R., Pushkareva G. I. On a new natural sorbent for the extraction of metals from aqueous media // Physical and technical problems of mining. 1988. V. 4. P. 46-51.
9. Knust Kumasi Effects of gasoline-contamination on geotechnical properties of clayey soil Ghana // Faculty of Engineering. Tanta. Egypt 5AYGEC. 2016.
10. View Correspondence (jump link) Remediation of contaminated lands in the Niger Delta, Nigeria / N. Zabbey [et al.] // Prospects and challenges(Review). Science of the Total Environment Volume. 2017. V. 586. P. 952-965.
11. Wastewater preparation for irrigation based on the sorption filtering technology / A. S. Ovchinnikov [et al.] // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020. V. 488. 012056.

Conclusions. In the course of experimental and laboratory studies, it was possible to reduce the content of oil pollution to a safe level of 0.562 and 0.489 g/kg (below 1 g/kg) in soil samples taken from two experimental sites during a given period (6 months). It should be noted that this degree of sorption could be maintained only under the specified conditions: with the maintenance of soil moisture at the level of 60 % and the air-temperature regime not lower than +30C, this indicates the need to comply with this technological regime in experimental field conditions. The analysis of the results of our research allows us to talk about the production feasibility and practical effectiveness of the use in the process of reclamation of soils contaminated with petroleum hydrocarbons, the proposed technology for cleaning and restoring agricultural land based on a complex natural reclamation sorbent.

References

1. Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P., Denisova M. A. Investigation of sorption properties of sorbents using ferrite reagents in wastewater treatment // Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversitetskiy complex: science and higher professional education. 2019. № 1 (53). P. 242-249.
2. Buluktaev A. A., Sagandzhiev L. H., Dordjieva Ts. D. Change of ecological and biological properties of light-chestnut soils of Kalmykia under oil product contamination // Izvestiya Saratovskogo universiteta. 2013. Vol. 13. No. 1. P. 102-107.
3. Gilmanova M. V., Grekhova I. V. Assessment of the application of humic preparations for biological remediation // APK: innovative technologies. 2018. No. 1. P. 6-12.

4. Zabolotskikh V. V., Tankikh S. N., Vasiliev A. V. Technological approaches to detoxification and bioremediation of oil-contaminated soil // Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. Vol. 20. No. 5-3 (85). P. 341-351.
5. Research of the absorption properties of natural meliorants on technogenously disturbed lands / E. G. Meshcheryakova, V. S. Meshcheryakov, M. P. Meshcheryakov, O. V. Bocharnikova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshego professional obrazovanie. 2020. № 3 (59). Pp. 239-248.
6. Sambueva B. V., Paraskieva Z. V., Scherbakova L. F. Method of cleaning soil from oil pollution using natural sorbents // Bulletin of the Volga State University. Ser. 9. Natural Sciences. 2017. Vol. 7. No. 2. P. 19-25.
7. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil Siberian / T. P. Alekseeva [et al.] // Research Institute of Agriculture and Peat, Branch of the Siberian Federal Agriculture Science Centre. Russian Academy of Sciences. 2017. V. 33. P. 85-91.
8. Bochkarev G. R., Pushkareva G. I. On a new natural sorbent for the extraction of metals from aqueous media // Physical and technical problems of mining. 1988. V. 4. P. 46-51.
9. Knust Kumasi Effects of gasoline-contamination on geotechnical properties of clayey soil Ghana // Faculty of Engineering. Tanta. Egypt SAYGEC. 2016.
10. View Correspondence (jump link) Remediation of contaminated lands in the Niger Delta, Nigeria / N. Zabbey [et al.] // Prospects and challenges(Review). Science of the Total Environment Volume. 2017. V. 586. P. 952-965.
11. Wastewater preparation for irrigation based on the sorption filtering technology / A. S. Ovchinnikov [et al.] // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020. V. 488. 012056.

Authors Information

Meshcheryakova Elena Gennadyevna, Assistant of the Department «Applied Geodesy, Nature Management and Water Use» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University» (400002, Southern Federal District, Volgograd Region Volgograd Universitetskiy Ave, 26), E-mail: ale-sn@yandex.ru

Viktor Sergeyevich Bocharnikov, Professor of the Department «Applied Geodesy, Nature Management and Water Use» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University» (400002, Southern Federal District, Volgograd Region Volgograd Universitetskiy Ave, 26), Doctor of Technical Sciences, E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Meshcheryakov Maxim Pavlovich, Associate Professor of the Department «Applied Geodesy, Nature Management and Water Use» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University» (400002, Southern Federal District, Volgograd Region Volgograd Universitetskiy Ave, 26), Candidate of Technical Sciences, E-mail: maks-sln@yandex.ru

Bocharnikova Olesya Vladimirovna, Scientific Secretary of the Dissertation Council for Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department «Applied Geodesy, Nature Management and Water Use» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Volgograd State Agrarian University» (400002, Southern Federal District, Volgograd Region Volgograd Universitetskiy Ave, 26) Candidate of Agricultural Sciences, E-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Информация об авторах

Мещерякова Елена Геннадьевна, ассистент кафедры "Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: ale-sn@yandex.ru

Бочарников Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры "Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Мещеряков Максим Павлович, кандидат технических наук, доцент кафедры "Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: maks-sln@yandex.ru

Бочарникова Олеся Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь диссертационного совета по сельскохозяйственным наукам, доцент кафедры "Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-40

CALCULATION OF ENERGY INCREASE AND CAVITATION STOCK OF PUMPING EQUIPMENT AT THE SUCTION PIPE

V.N. Shiryaev, Y.S. Urzhumova, S.A. Tarasyants

*Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Don State Agrarian University»*

Received 15.01.2021

Submitted 10.03.2021

Summary

The article presents the results of calculation of energy increase and cavitation reserve of pumping equipment on the suction pipeline on the example of the pumping station «Mesopotamia» of Izobilnensky branch «Management-Stavropolmeliovodkhoz». The values of kinetic energy and cavitation reserve have been determined.

Abstract

Introduction. The introduction of additional energy into the pressure pipelines to pre-close the check valves before stopping the main pumps largely depends on the geometric suction head (cavitation reserve) and the head loss in the suction pipe. **Object.** The object of research is the process of interaction of the increased, with the help of the recirculation line, energy in the suction pipeline with the cavitation reserve of pumping equipment. **Materials and methods.** Determined by the cavitation margin or the value of the permissible vacuum gauge suction height, both of the above values are factors that reflect the ability of a particular type of equipment. When some of them change, during operation, the level of the water source horizon drops, in case of silting of the structures leading to the front chamber or changes in the general hydrological characteristics of the water source, clogging of water intake structures, silting of the suction pipelines, which contributes to an increase in the flow rate and, accordingly, head losses, the pressure-flow characteristic of the pumping equipment changes sharply, the supply, pressure, efficiency decrease, up to a complete stop of the pumping station. In the considered case, for the possibility of operating pumping equipment in a cavitation-free mode (cavitation reserve) of pumping units D6300-80 with diameters of suction pipelines of 1200 mm, a method for calculating pressure losses was developed. **Results and Conclusions.** The analysis of the calculations showed the need to develop options for increasing the suction height by installing a recirculation line and devices that increase the potential energy in the suction pipelines and found that the value of the velocity head in the suction pipeline with the installation of a jet device practically does not increase the amount of kinetic energy and does not provide total energy significant impact. In the course of research, it was found that in the presence of a recirculation line that increases the cavitation reserve, the value of kinetic energy in the suction pipeline practically does not change, with an obvious increase in potential energy up to the pressure of the jet device 9.29 m, therefore, the installation of jet devices on the suction line and line recirculation, increasing the suction lift of the pumping equipment does not affect the total energy in the pressure pipeline and there is no need to take it into account in the calculations.

Key words: *pressure pipelines, suction pipelines, cavitation reserve, admissible vacuum suction head, jet apparatus, kinetic energy, potential energy.*

Citation. Shiryaev V.N., Urzhumova Y.S., Tarasyants S.A. Calculation of energy increase and cavitation stock of pumping equipment at the suction pipe. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 420-431 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-40.

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

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

УДК 628.147.2

РАСЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ И КАВИТАЦИОННОГО ЗАПАСА НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ВСАСЫВАЮЩЕМ ТРУБОПРОВОДЕ

В. Н. Ширяев, главный инженер НИИ «ЭнергоГидроМех»

Ю. С. Уржумова, кандидат технических наук, доцент

С. А. Тарасьянц, доктор технических наук, профессор

*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова –
филиал Донского ГАУ*

Дата поступления в редакцию 15.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность. Ввод дополнительной энергии в напорные трубопроводы для предварительного закрытия обратных клапанов перед остановкой основных насосов во многом зависит от геометрической высоты всасывания (кавитационного запаса) и потерь напора во всасывающем трубопроводе. **Объект.** Объектом исследований является процесс взаимодействия увеличенной с помощью линии рециркуляции энергии во всасывающем трубопроводе с кавитационным запасом насосного оборудования. **Материалы и методы.** Определяемые по кавитационному запасу или значению допустимой вакуумметрической высоты всасывания обе вышеуказанные величины являются факторами, отражающими способность того или иного типа оборудования. При изменении какого-то из них в процессе эксплуатации, падении отметки горизонта водоисточника, в случае заиливания подводящих к аванкамере сооружений или изменения общих гидрологических характеристик водоисточника, засорения водозаборных сооружений, заиливания всасывающих трубопроводов, способствующего увеличению скорости потока и, соответственно, потерь напора, напорно-расходная характеристика насосного оборудования резко меняется: уменьшается подача, напор, КПД, вплоть до полной остановки насосной станции. В рассмотренном случае для возможности эксплуатации насосного оборудования в бескавитационном режиме (кавитационного запаса) насосных агрегатов Д6300-80 при диаметрах всасывающих трубопроводов 1200 мм разработана методика расчета потерь напора. **Результаты и выводы.** Анализ проведенных расчетов показал необходимость разработки вариантов повышения высоты всасывания установкой линии рециркуляции и аппаратов, повышающих потенциальную энергию во всасывающих трубопроводах: установлено, что значение скоростного напора во всасывающем трубопроводе с установкой струйного аппарата практически не увеличивает величину кинетической энергии и не оказывает существенного влияния на полную энергию. В ходе исследований было установлено, что при наличии линии рециркуляции, повышающей кавитационный запас, значение кинетической энергии во всасывающем трубопроводе практически не изменяется, при явном увеличении потенциальной энергии до значения напора струйного аппарата 9,29 м, поэтому установка струйных аппаратов на всасывающей линии и линии рециркуляции, повышающих высоту всасывания насосного оборудования не оказывает влияния на полную энергию в напорном трубопроводе, и при расчетах нет необходимости в ее учете.

Ключевые слова: *напорные трубопроводы, всасывающие трубопроводы, кавитационный запас насосного оборудования, допустимая вакуумметрическая высота всасывания.*

Цитирование. Ширяев В. Н., Уржумова Ю. С., Тарасьянц С. А. Расчет увеличения энергии и кавитационного запаса насосного оборудования на всасывающем трубопроводе. *Известия НВ АУК*. 2021. 1(61). 420-431. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-40.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Эффективность принятия решений по вводу дополнительной энергии в напорные трубопроводы для предварительного закрытия обратных клапанов перед остановкой основных насосов во многом зависит от геометрической высоты всасывания (кавитационного запаса) и потерь напора во всасывающем трубопроводе, так как при расчете полной энергии и определении фактических параметров гидромеханического оборудования всасывающие трубопроводы играют немаловажную роль, по результатам расчета которых вычисляются отметки оси насоса.

Цель исследований – установить расчетным способом влияние ввода дополнительной энергии, с помощью линии рециркуляции во всасывающий трубопровод на величину кавитационного запаса насосного оборудования.

Материалы и методы. Определяемые по кавитационному запасу или значению допустимой вакуумметрической высоты всасывания обе вышеуказанные величины являются факторами, отражающими способность того или иного типа оборудования, по которым в дальнейшем проводятся все расчеты [2, 5]. При изменении какой-то из 2-х вышеуказанных величин в процессе эксплуатации, падении отметки горизонта водисточника, в случае заиливания подводящих к аванкамере сооружений или изменения общих гидрологических характеристик водисточника, засорения водозаборных сооружений, заиливания всасывающих трубопроводов, способствующего увеличению скорости потока и, соответственно, потерь напора, напорно-расходная характеристика насосного оборудования резко меняется: уменьшается подача, напор, КПД, вплоть до полной остановки насосной станции. При установке нескольких агрегатов на насосной станции расчет отметки оси насоса несколько изменяется [1, 12]. В рассмотренном случае (насосная станция «Междуречье» Изобильненского филиала «Управление «Ставропольмелиоводхоз») для возможности эксплуатации насосного оборудования в бескавитационном режиме (кавитационного запаса) насосных агрегатов Д6300-80, характеристика которых показана на рисунке 1, для диаметров всасывающих трубопроводов 1200 мм проведен расчет потерь напора в следующей последовательности:

1. По рассчитанной и приведенной в таблице 1 характеристики принимают для всасывающей линии расчетные потери напора 0,56 м независимо от количества включенных агрегатов, так как в насосных станциях, оборудованных центробежными насосами, как правило, каждый агрегат имеет свой всасывающий трубопровод.

2. По таблице 2 принимаются значения геометрической высоты всасывания – 1,5 м, при эксплуатации в наиболее сложных условиях (три насоса на один трубопровод).

3. На основании схемы установки оборудования на исследованной насосной станции (рисунок 2) определяется фактическая геометрическая высота всасывания 1,1 м (ниже возможной высоты всасывания насосов при расчетных подачах до 2 м³/с данного типа на величину 0,3 м).

В случае увеличения подачи выше 2 м³/с эксплуатация насосов переходит в кавитационный режим вплоть до полной остановки агрегатов [3, 4, 11].

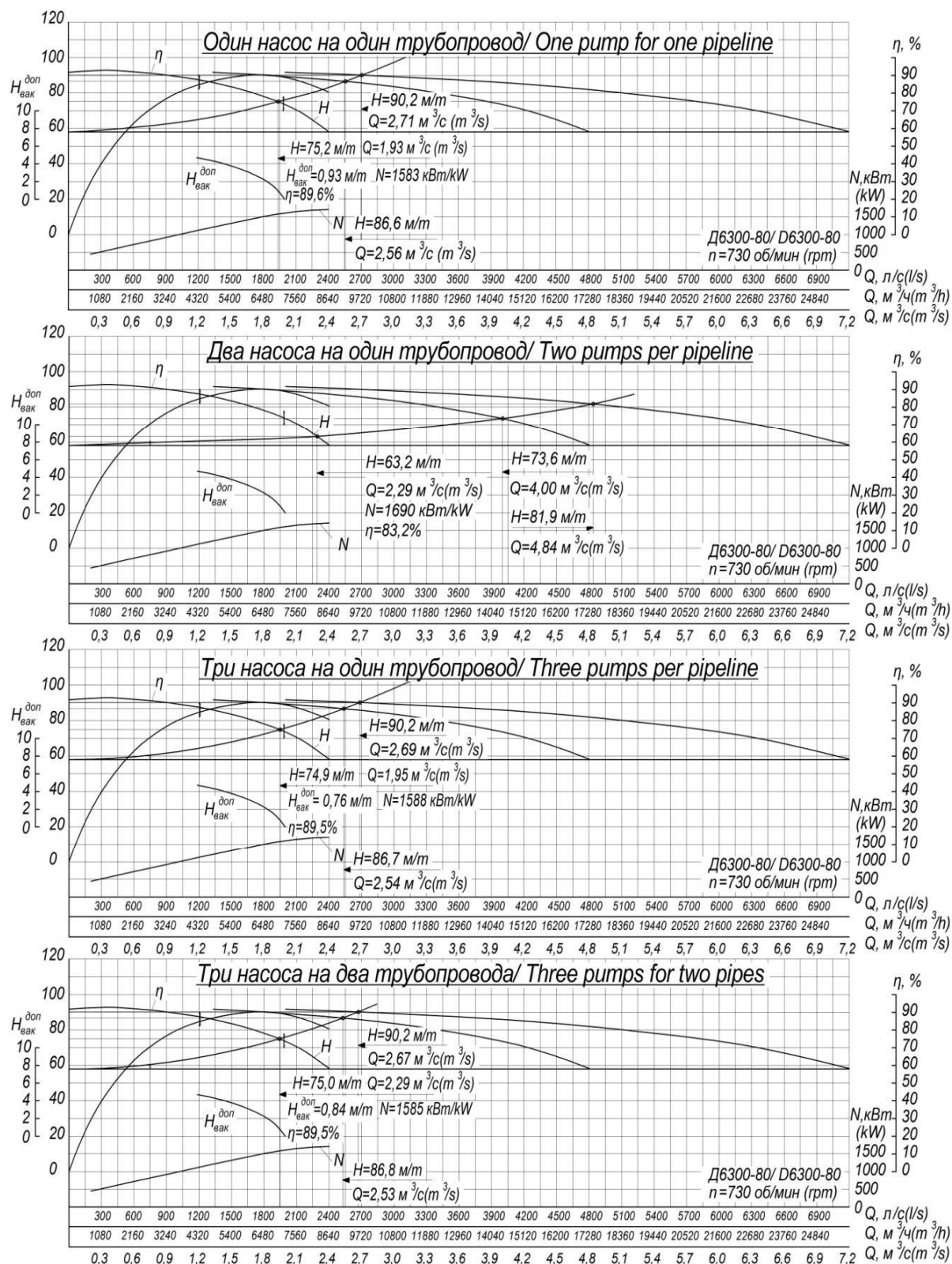


Рисунок 1 – Фактические рабочие параметры насоса Д 6300-80 при разных условиях эксплуатации

Figure 1 – Actual operating parameters of the pump D 6300-80 under different operating conditions

Таблица 1 – Расчетные данные по определению удельного сопротивления трех участков сети (всасывающего, напорного распределительного и напорного магистрального трубопровода для основных насосных агрегатов)

Table 1 – Calculated data for determining the resistivity of three sections of the network (suction, pressure distribution and pressure main pipeline for the main pumping units)

№ п/п	Участок / Plot	Длина / Length, м / m	Расчетный, внутренний диаметр (по допустимой скорости) / Design, inner diameter (permissible speed), м / m	Площадь поперечного сечения трубопровода / Cross-sectional area of the pipeline, м ² / m ²	Удельные сопротивление / Specific resistance, с ² / м ⁵ / s ² / m ⁵
1	Первый / First	13,5	1,12	0,98	0,25
2	Второй / Second	43,0	0,52	0,21	0,99
3	Третий / Third	3608	1,12	0,98	3,41

Таблица 2 – Фактические гидравлические параметры насосного оборудования при различных эксплуатационных вариантах насосной станции (без учета высоты подъема 58,0 м)

Table 2 – Actual hydraulic parameters of pumping equipment for various operating options of the pumping station (excluding the lifting height 58.0 m)

№ участка / № plot	Подача, по рисунку 1 / Feed, according to figure 1, м ³ /с, m ³ /s	Допустимая вакуумметрическая высота всасывания / Permissible vacuum suction lift H _{вак доп} , м / m	Скорость в трубопроводе, м/с при d ₁ =1,12 при d ₂ =0,52 при d ₃ =1,12 / Pipeline speed, m/s at d ₁ =1,12 at d ₂ =0,52 at d ₃ =1,12	Скоростной напор на участках / High-speed pressure in areas V ₁ ² /2g, V ₂ ² /2g, V ₃ ² /2g, м / m	Потери напора (на участках) / Head loss (in areas), h _{wi} , м / m (рисунок 1) / (figure 1)	Геометрическая высота всасывания / Geometric suction head H _{г.вс} = H _{вак доп} - h _{wi} , М / m	Полная энергия / Full energy, м / m Э _п = H _{г.вс} + $\frac{V_i^2}{2g}$
Один насос на один трубопровод / One pump for one pipeline							
1	1,93	0,90	1,20	0,073	0,80	0,10	0,173
2	1,93	0,90	2,20	0,24	3,00	0,10	0,340
3	1,93	0,40	1,95	0,19	10,20	0,10	75,79
Два насоса на один трубопровод / Two pumps per pipeline							
1	2,29	1,00	1,20	0,073	0,80	0,00	0,87
2	2,29	1,00	2,50	2,80	4,40	0,00	3,10
3	4,00	0,50	4,06	0,84	15,20	0,00	86,34
Три насоса на один трубопровод (без учета высоты подъема) / Three pumps per pipeline (excluding lifting height)							
1	2,29	0,88	1,80	2,40	1,60	-1,00	0,60
2	2,29	0,88	2,20	2,80	4,00	-1,50	10,40
3	5,80	0,95	2,60	3,50	17,30	-1,50	15,80
Три насоса в два трубопровода (без учета высоты подъема) / Three pumps in two pipelines (excluding lifting height)							
1	2,29	1,24	2,20	0,70	2,20	-1,50	10,80
2	2,99	1,50	2,60	0,90	2,20	-1,50	12,40
3	2,67	1,66	2,43	0,66	15,40	-1,50	16,20

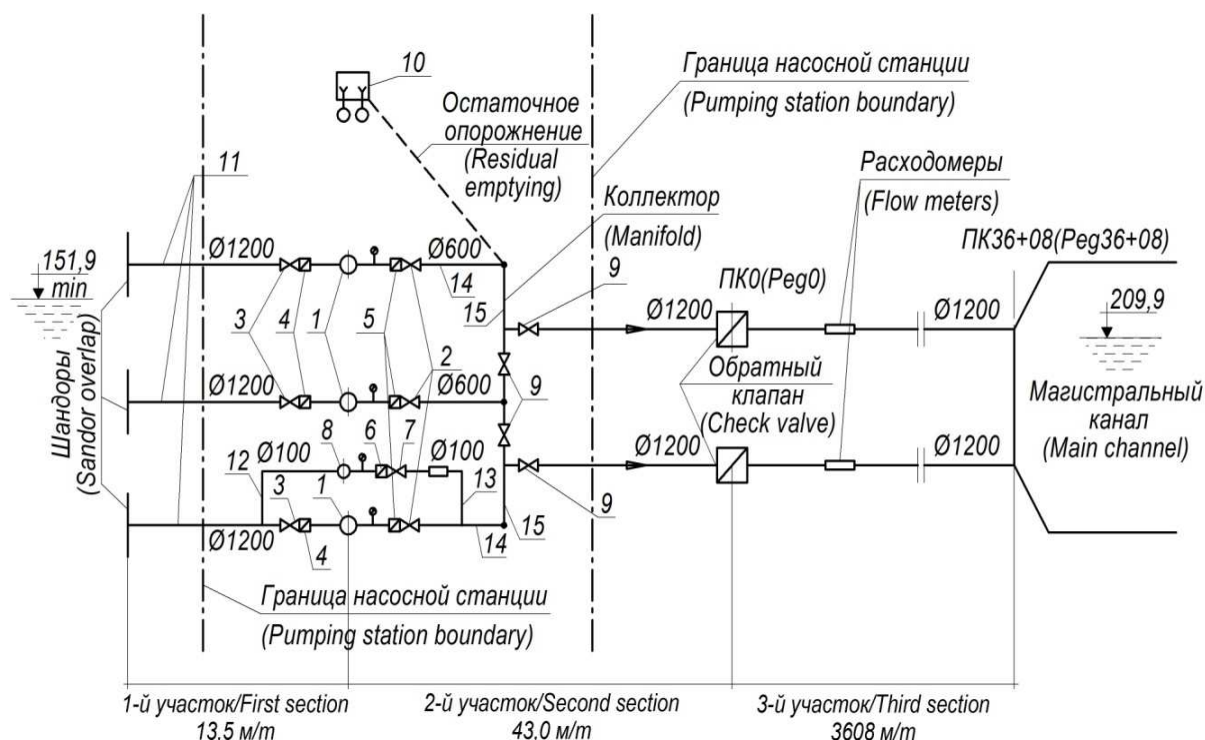


Рисунок 2 – Технологическая схема установки основного и вспомогательного оборудования, всасывающих и напорных трубопроводов:

- 1 – основные насосные агрегаты; 2 – задвижки на напорных распределительных трубопроводах; 3 – задвижки на всасывающих трубопроводах; 4 – монтажные вставки; 5 – обратные клапаны на напорных распределительных трубопроводах; 6 – обратный клапан бустерного насоса; 7 – задвижка бустерного насоса; 8 – бустерный насос; 9 – задвижки на напорных магистральных трубопроводах; 10 – дренажный приямок; 11 – всасывающие трубопроводы $D_y = 1200$ мм; 12 – всасывающий трубопровод бустерного насоса $D_y = 100$; 13 – напорный трубопровод бустерного насоса; 14 – напорные распределительные трубопроводы основных насосов; 15 – распределительный коллектор

Figure 2 – Technological diagram of the installation of the main and auxiliary equipment, suction and pressure pipelines:

- 1 – main pumping units; 2 – gate valves on pressure distribution pipelines; 3 – gate valves on the suction pipelines; 4 – mounting inserts; 5 – check valves on pressure distribution pipelines; 6 – check valve of the booster pump; 7 – valve of the booster pump; 8 – booster pump; 9 – gate valves on pressure main pipelines; 10 – drainage pit; 11 – suction pipelines $D = 1200$ mm; 12 – suction pipeline of the booster pump $D = 100$; 13 – pressure line of the booster pump; 14 – pressure distribution pipelines of the main pumps; 15 – distribution manifold

Установка работает следующим образом.

При необходимости изменения высоты всасывания насоса открывается задвижка 1 линии рециркуляции 2, и водяной поток в конфузоре 3 вследствие увеличенной скорости создает вакуум в воздухопроводе 4, способствующий открытию клапана 5 и впуску воздуха во всасывающий трубопровод насоса для увеличения энергии и возможности регулирования подачи.

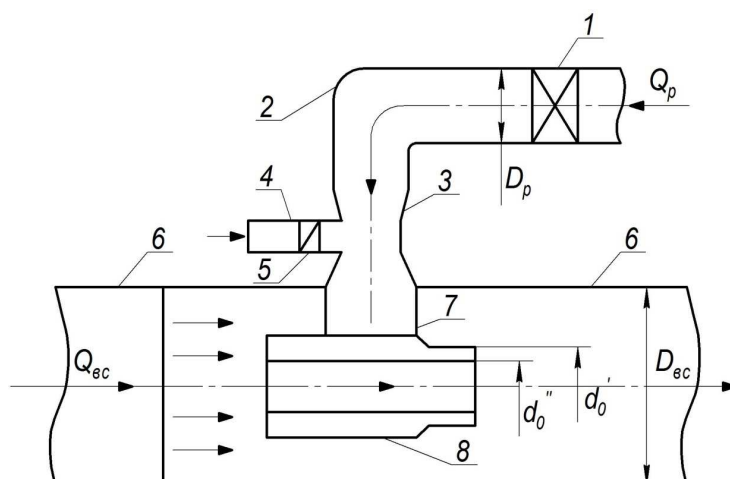


Рисунок 3 – Схема установки струйного аппарата во всасывающем трубопроводе основного насоса:

- 1 – задвижка; 2 – линия рециркуляции; 3 – конфузор; 4 – воздухопровод; 5 – клапан;
6 – всасывающий трубопровод; 7 – рабочий трубопровод струйного аппарата;
8 – струйный аппарат

Figure 3 – Installation diagram of the jet device in the suction pipe-line of the main pump:

- 1 – valve; 2 – recirculation line; 3 – confuser; 4 – air duct; 5 – valve; 6 – suction pipeline;
7 – working pipeline of the jet apparatus; 8 – jet apparatus

Результаты. Расчет увеличения энергии во всасывающем трубопроводе проводится для кольцевого струйного аппарата с повышенными энергетическими характеристиками [8, 9] и сводится к определению напора, величина которого фактически равна значению повышения кавитационного запаса, рассматриваемого насосного оборудования. Исходные данные для расчета приведены в таблице 3, расчет – в таблице 4.

Таблица 3 – Исходные данные для расчета величины увеличения потенциальной энергии во всасывающем трубопроводе с помощью линии рециркуляции и кольцевого струйного аппарата

Table 3 – Initial data for calculating the magnitude of the increase in potential energy in the suction pipeline using a recirculation line and an annular jet apparatus

Линия рециркуляции / Recirculation line		Коэффициенты гидравлических сопротивлений / Coefficients of hydraulic resistance		Внутренний диаметр всасывающего трубопровода основного насоса / Inner diameter of the suction pipe of the main pump	Геометрическая высота всасывания / Geometric suction head, м / m
Подача / Innings, м ³ /с / m ³ /s	Напор / Pressure, м / m	Сопла / Nozzles «ζ ₀ »	Линии рециркуляции/ Recirculation line «λ _p »		
Расчетная/ Estimated (принимается по допустимой скорости 2,5 м/с и диаметру трубопровода 150 мм/ is taken at a permissible speed of 2.5 m/s and a pipeline diameter of 150 mm) 0,044 м ³ /с (m ³ /s)	Принимается по фактическим значениям 76 м/ Accepted based on actual values 76 m (рисунок 1/ figure 1)	Принимается по опытным данным/ Accepted according to experimental data [10]	Для стальных трубопроводов 0,02/ For steel pipelines 0,02 [10]	Принимается по фактическим величинам, установленным на насосной станции/ Taken according to actual values set at the pumping station, 1,12 м/ m	1,5 м/ m (рисунок 1/ figure 1)

Таблица 4 – Расчет увеличения энергии во всасывающем трубопроводе рассматриваемого насоса Д6300-80

Table 4 – Calculation of the increase in energy in the suction pipeline of the considered pump D6300-80

№ п/п / Number in order	Наименование параметра / Parameter name	Едини- цы изме- рения / Units	Расчетная зависи- мость / Calculated dependence	Ссылка на литера- турный источник / Link to literary source	Коли- чество / number
1	2	3	4	5	6
1	Напор в линии рециркуляции / Recirculation head (в рабочем тру- бопроводе струйного аппарата / in the working pipeline of the jet apparatus) $H_{нпр}$	м/м	Принимается факти- ческая величина по рисунку 1/ The actual value is taken accord- ing to Figure 1	—	73,6
2	Коэффициент эжекции струйного аппарата / Ejection coefficient of jet apparatus α_0 (отношение под- сасываемого расхода Q_1 к расхо- ду в рабочем трубопроводе Q_0 / the ratio of the suction flow rate Q_1 to the flow rate Q_0 in the working pipeline)	—	Принимается для максимального КПД/ Taken for max- imum efficiency, 40 %	[8]	2,0
3	Геометрическая характеристика / Geometric characteristic «m» (от- ношение площади поперечного сечения сопла к площади попе- речного сечения камеры смеше- ния / the ratio of the cross-sectional area of the nozzle to the cross- sectional area of the mixing chamber)	—	Принимается/ Is ac- cepted	[9]	4,0
4	Относительный напор струйного аппарата / The relative head of the jet apparatus, $\bar{H}_r$ (фактическая от- носительная величина увеличе- ния кавитационного запаса / the actual relative magnitude of the increase in the cavitation reserve)	—	$\bar{H}_r = 1/m$ (отноше- ние действительного напора $H_{г.пр}=20$ м к скоростному напору $V_0^2/2g$) / (the ratio of the actual head $H_{г.пр}$ $= 20$ m to the velocity head $V_0^2/2g$)	[9]	0,20
5	Скорость в сопле струйного ап- парата / Speed in the nozzle of the jet apparatus, V_0	м/с (m/s)	$V_0 = \varphi \sqrt{2g \cdot H_{нпр}} =$ $= 0,8 \sqrt{19,62 \cdot 73,6}$	[2]	30,19
6	Скоростной напор в сопле / Ve- locity head in the nozzle, $V_0^2/2g$	м/м	$V_0^2/2g =$ $= 30,19^2/19,62$	[2]	46,45

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6
7	Подача в линии рециркуляции (рабочем трубопроводе струйного аппарата / Supply in the recirculation line (working pipeline of the jet apparatus), Q_0)	м ³ /с (m ³ /s)	Рассчитывается по скорости V_p и диаметру линии рециркуляции 2,5 м/с/ Calculated from the speed V_p and the diameter of the recirculation line 2.5 m/s, $D_p = 150$ мм/mm, $Q_0 = 0,785 D_p^2 \cdot V_p$	[2]	0,044
8	Подсасываемый расход струйного аппарата / Suction flow rate of the jet apparatus, Q_1	м ³ /с (m ³ /s)	$Q_1 = \alpha_0 \cdot Q_0$ $= 0,044 \cdot 2,0$	[2]	0,088
9	Суммарный расход в струйном аппарате / Total consumption in the jet apparatus, Q_2	м ³ /с (m ³ /s)	$Q_2 = Q_0 + Q_1$ $= 0,044 + 0,088$	—	0,132
10	Расход во всасывающем трубопроводе основного насоса / Flow rate in the suction line of the main pump, Q_n	м ³ /с (m ³ /s)	(таблица 2/ table 2)	—	2,29
11	Расход во всасывающем трубопроводе (без суммарного расхода струйного аппарата) / Suction pipe flow (excluding the total flow of the jet device)	м ³ /с (m ³ /s)	$Q'_n = Q_n - Q_2$ $= 2,29 - 0,132$	—	2,158
12	Скоростной напор во всасывающем трубопроводе основного насоса (фактический, без расхода линии рециркуляции и подсасываемого расхода в струйном аппарате) / High-speed head in the suction line of the main pump (actual, without the flow of the recirculation line and the suction flow in the jet device)	м/м	$\frac{V_n^2}{2g} = \frac{2,19^2}{19,62}$ при $D_{bc}=1,12$ м $V_n = \frac{2,158}{0,785 \cdot 1,12} = 2,19$ м/с	[7]	0,24
13	Скоростной напор с учетом суммарного расхода струйного аппарата при расходе / Velocity head taking into account the total flow rate of the jet apparatus, at flow rate $Q_n + Q_2$, $\frac{V_{1n}^2}{2g}$	м/м	$Q_n + Q_2 = 2,29 + 0,132 = 2,42$ (м ³ /с) $V_{1n} = \frac{2,42}{0,785 \cdot 1,12} = 2,45$ (м ³ /с) $\frac{V_{1n}^2}{2g} = \frac{2,45^2}{19,62}$	[7]	0,30
14	Расчетный напор струйного аппарата (величина увеличения кавитационного запаса) / Estimated pressure of the jet apparatus (the amount of increase in the cavitation reserve)	м/м	$H_{г.пр} = \bar{H}_r \cdot \frac{V_0^2}{2g}$ $= 0,20 \cdot 46,45$	[7]	9,29

Обсуждение. По расчетным данным видно, что значение скоростного напора во всасывающем трубопроводе с установкой струйного аппарата практически не увеличивает величину кинетической энергии 0,30 м против 0,24 м и не оказывает существенно-

го влияния на полную энергию. На полную энергию во всасывающем трубопроводе наибольшее влияние оказывает напор струйного аппарата, фактически повышающий значение кавитационного запаса на 9,29 м и снижающий напор насоса и соответственно, потребляемую мощность.

Рассчитанное значение напора струйного аппарата, увеличивающее потенциальную энергию во всасывающем трубопроводе, на полную энергию в напорных трубопроводах также не оказывает влияния.

Выводы. При наличии линии рециркуляции, повышающей кавитационный запас, установлено, что значение кинетической энергии во всасывающем трубопроводе практически не изменяется, при явном увеличении потенциальной энергии до значения напора струйного аппарата 9,29 м.

Установка струйных аппаратов на всасывающей линии и линии рециркуляции, повышающих высоту всасывания насосного оборудования, не оказывает влияния на полную энергию в напорном трубопроводе, и при расчетах нет необходимости в ее учете.

Библиографический список

1. Али М. С., Бегляров Д. С., Назаркин Э. Е. Особенности расчета переходных процессов в водоводах насосных станций в условиях образования разрывов сплошности потока // Природообустройство. 2020. № 4. С. 122-128. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44097791>.
2. Альтшуль А. Д. Гидравлические сопротивления. 2-е изд. перераб. и доп. М.: Недра, 1982. 224 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001110265>.
3. Бегляров Д. С., Назаркин Э. Е., Бакштанин А. М. Анализ и учет особенностей структуры напорных систем водоснабжения при расчете переходных процессов // Природообустройство. 2019. № 4. С. 91-94. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41280986>.
4. Бегляров Д. С., Али М. С. Исследования переходных процессов в напорных коммуникациях насосных станций с осевыми насосами при пуске агрегатов // Природообустройство. 2015. № 3. С. 74-78. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23999905>.
5. Бегляров Д. С. Расчетная оценка допустимых напряжений на напорных трубопроводах насосных станций при гидравлическом ударе // Природообустройство. 2014. № 1. С. 68-71. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21338325>.
6. Пашков П. В., Мазанов Р. Р., Тарасьянц С. А. Теория расчёта кавитационного запаса центробежных насосов // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 3(35). С. 146-150. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36296851>.
7. Пашков П. В., Шевченко В. О. Методы расчёта всасывающих трубопроводов при заполнении перед пуском насосного агрегата // Наука и молодёжь. НИМИ Донской ГАУ, 2018. С. 86-89. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36338609>.
8. Пути снижения энергетических затрат на насосных станциях мелиоративного назначения / С. А. Тарасьянц, О. И. Рахнянская, А. С. Тарасьянц, Ю. В. Бандюков, Ю. С. Уржумова, Д. С. Ефимов, Р. Р. Мазанов // Проблемы развития АПК региона. 2016. № 2(26). С. 67-75. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26427316>.
9. Фридман В. Э. Гидроэлеваторы. Москва: Машгиз, 1960. 323 с. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006268235>.
10. Ширяев В. Н. Использование бустерного насоса в качестве дополнительного насосного агрегата при гашении гидравлического удара в напорных трубопроводах // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2020. № 4(48). С. 134-147.
11. Abdel-Gawad, Hossam A., Djebedjian B. Modeling water hammer in viscoelastic pipes using the wave characteristic method // Applied Mathematical Modelling. 2020. Vol. 83. P. 322-341. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.01.045>.
12. Water Hammer Investigation of the Shut-Down of a High-Head Hydropower Plant at Very High Reynolds Number Flows / U. Karadžić, A. Bergant, D. Starinac, B. Božović // Journal of Mechanical Engineering. 2019. Vol. 65. Iss. 7/8. P. 430-440. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2019.6092>.

Conclusions. In the presence of a recirculation line that increases the cavitation reserve, it was found that the value of the kinetic energy in the suction pipeline practically does not change, with a clear increase in potential energy up to the pressure of the jet apparatus of 9.29 m.

The installation of jet devices on the suction line and the recirculation line, which increase the suction height of the pumping equipment, does not affect the total energy in the pressure pipeline and there is no need to take it into account in calculations.

Reference

1. Ali M. S., Beglyarov D. S., Nazarkin Je. E. Osobennosti rascheta perehodnyh processov v vodovodah nasosnyh stancij v usloviyah obrazovaniya razryvov sploshnosti potoka // Prirodoobustroystvo. 2020. № 4. P. 122-128. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44097791>.
2. Al'tshul' A. D. Gidravlicheskie soprotivleniya. 2-e izd. pererab. i dop. M.: Nedra, 1982. 224 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01001110265>.
3. Beglyarov D. S., Nazarkin Je. E., Bakshtanin A. M. Analiz i uchet osobennostej struktury napornyh sistem vodosnabzheniya pri raschete perehodnyh processov // Prirodoobustroystvo. 2019. № 4. P. 91-94. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41280986>.
4. Beglyarov D. S., Ali M. S. Issledovaniya perehodnyh processov v napornyh kommunikatsiyah nasosnyh stancij s osevmi nasosami pri puske agregatov // Prirodoobustroystvo. 2015. № 3. P. 74-78. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23999905>.
5. Beglyarov D. S. Raschetnaya ocenka dopustimyh napryazhenij na napornyh truboprovodakh nasosnyh stancij pri gidravlicheskom udare // Prirodoobustroystvo. 2014. № 1. P. 68-71. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21338325>.
6. Pashkov P. V., Mazanov R. R., Taras'yanc S. A. Teoriya raschjota kavitacionnogo zapasa centrobezhnyh nasosov // Problemy razvitiya APK regiona. 2018. № 3(35). P. 146-150. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36296851>.
7. Pashkov P. V., Shevchenko V. O. Metody raschjota vsasyvayuschih truboprovodov pri zapolnenii pered puskom nasosnogo agregata // Nauka i molodjozh'. NIMI Donskoj GAU, 2018. P. 86-89. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36338609>.
8. Puti snizheniya jenergeticheskikh zatrat na nasosnyh stanciyah meliorativnogo naznacheniya / S. A. Taras'yanc, O. I. Rahnyanskaya, A. S. Taras'yanc, Yu. V. Bandyukov, Yu. S. Urzhumova, D. S. Efimov, R. R. Mazanov // Problemy razvitiya APK regiona. 2016. № 2(26). P. 67-75. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26427316>.
9. Fridman V. Je. Gidro]levatory. Moskva: Mashgiz, 1960. 323 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006268235>.
10. Shiryaev V. N. Ispol'zovanie busternogo nasosa v kachestve dopolnitel'nogo nasosnogo agregata pri gashenii gidravlicheskogo udara v napornyh truboprovodakh // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva. 2020. № 4(48). P. 134-147.
11. Abdel-Gawad, Hossam A., Djebdjan B. Modeling water hammer in viscoelastic pipes using the wave characteristic method // Applied Mathematical Modelling. 2020. Vol. 83. P. 322-341. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.01.045>.
12. Water Hammer Investigation of the Shut-Down of a High-Head Hydropower Plant at Very High Reynolds Number Flows / U. Karadžić, A. Bergant, D. Starinac, B. Božović // Journal of Mechanical Engineering. 2019. Vol. 65. Iss. 7/8. P. 430-440. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2019.6092>.

Authors Information

Shiryaev Vadim Nikolaevich, Chief Engineer Research Institute "EnergoHydroMech" Novochoerkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Agrarian University" (st. Pushkinskaya 111, Novochoerkassk, Rostov reg., 346428 Russian Federation) E-mail: vadik334@mail.ru.

Urzhumova Yulia Sergeevna, Candidate of technical science, Associate professor of Department of «Land Reclamation» Novochoerkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Agrarian University" (st. Pushkinskaya 111, Novochoerkassk, Rostov reg., 346428 Russian Federation). E-mail: urzhumovay@mail.ru.

Tarasants Sergey Andreevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of «Water Supply and Utilization of Water Resources» Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute named after A.K. Kortunov Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Don State Agrarian University" (st. Pushkinskaya 111, Novocherkassk, Rostov reg., 346428 Russian Federation). E-mail: starasyancz@mail.ru.

Информация об авторах

Ширяев Вадим Николаевич, главный инженер НИИ «ЭнергоГидроМех», Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), E-mail: vadik334@mail.ru

Уржумова Юлия Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиорации земель» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), E-mail: urzhumovay@mail.ru

Тарасьянц Сергей Андреевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Водоснабжения и водоотведения» Новочеркасского инженерно-мелиоративного института имени А.К. Кортунова ФГБОУ ВО "Донской государственный аграрный университет" (346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Пушкинская, 111), E-mail: starasyancz@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-41

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE PINCH GRIPPER FOR THE LOADING AND TRANSPORT UNIT

M.E. Nikolaev

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 12.12.2020

Submitted 01.03.2021

The work was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research, No. 19-38-90067 "Postgraduates" and the Presidential Scholarship "SP-2987.2021.1".

Summary

The design of a loading and transport unit on a mobile chassis with a two-stage controlled pincer grip is proposed. A special feature of the design is the versatility of the gripper device, which is capable of grabbing mesh bags with vegetables without injury. The structural structure of the manipulator is justified. The main geometric parameters of the dimensions of the links are determined. The parameters of the pincer grip are justified. The dependences of the holding force on the weight of the bag and the angle of the grip lever position are given. The device of the robotic loader of nets with a turnip onion is presented.

Abstract

Introduction. During the harvesting of root-tuberous vegetables such as onions and sea-forging, they are packed in the field in mesh bags in order to carry out the correct primary drying process, in such containers they are transported to the warehouse for further processing. Analysis of the mechanization of agricultural loading and unloading operations shows that loading vegetables packed in mesh bags is one of the most complex technological operations. **Object.** The object of the study is the construction of a loading and transport unit on a mobile chassis with a two-stage controlled pincer grip. **Materials and methods.** For mechanization of loading works at harvest vegetables, bagged in bags, developed robotic handling unit, which allows you to capture the process from the field and bags-loading in the back of a self-propelled chassis. Previously, the problems of structural and kinematic analysis were solved, the geometric parameters of the links of the manipulator mechanism were justified, and the service area was formed. Guaranteed load retention or seizure is caused by the geometric circuit, a power circuit, ensure that the translational and rotational movements of captured parts. **Results and conclusions.** Based on the analysis, a design and technological scheme of a self-propelled loading vehicle with a robotic manipulator-tripod for bags of vegetables is proposed and developed. The struc-

ture, geometric and kinematic parameters of the manipulator of the loading vehicle and the capture of bags that provide the necessary retention and movement of cargo are justified. Analytical dependences between the design parameters of the manipulator arm are obtained, which make it possible to ensure the constant speed of the loading unit. Analytically formulated is the problem of orientation of the gripper in space, the solution of which is necessary for the formation of program movements of the manipulator in automatic operation. The design of the manipulator was developed and manufactured, on the basis of which the experimental stand was assembled. Experimental studies were conducted to determine the actual performance of the loader. The technical vision system is configured to recognize grids with vegetables.

Key words: *loading and transport unit, geometric parameters, pincer gripper, electric cylinder, agricultural loader.*

Citation. Nikolaev M. E. Substantiation of the parameters of the pincer grip of the loading and transport unit. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1 (61). 431-441 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-41.

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

УДК 621.869

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КЛЕЩЕВОГО ЗАХВАТА ПОГРУЗОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА

М. Е. Николаев, *заведующий лабораторией*

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.12.2020

Дата принятия к печати 01.03.2021

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований № 19-38-90067 "Аспиранты" и стипендии Президента "СП-2987.2021.1".

Актуальность. Во время уборки корнеклубневых овощей, таких как лук и морковь, затаривание их в поле происходит в мешки-сетки, чтобы произвести правильный процесс первичной сушки, в такой таре они и транспортируются на склад для дальнейшей обработки. Анализ механизации сельскохозяйственных погрузочно-разгрузочных работ показывает, что погрузка овощей, упакованных в мешки-сетки, является одной из наиболее сложных технологических операций. **Материалы и методы.** Для механизации погрузочных работ при уборке овощей, затаренных в мешки, разработан роботизированный погрузочно-транспортный агрегат, который позволяет вести процесс захват мешков с поля и самозагрузки в кузов самоходного шасси. Ранее были решены задачи структурного и кинематического анализа, обоснованы геометрические параметры звеньев механизма манипулятора, сформирована зона обслуживания. Гарантированное удержание груза захватом обуславливается либо геометрическим замыканием, либо силовым замыканием, обеспечивающим невозможность поступательных и вращательных движений захватываемых тел. **Результаты и выводы.** На основе проведенного анализа предложена и разработана конструктивно-технологическая схема самоходного погрузочно-транспортного средства с роботизированным манипулятором-триподом для мешков с овощами. Обоснованы структура, геометрические и кинематические параметры манипулятора погрузочно-транспортного средства и захвата мешков, обеспечивающих необходимое удержание и перемещение груза. Получены аналитические зависимости между конструктивными параметрами манипулятора, позволяющими обеспечить постоянство скорости движения погрузочного агрегата. Аналитически сформулирована задача ориентации захвата в пространстве, решение которой необходимо для формирования программных движений манипулятора в автоматическом режиме работы. Разработана и изготовлена конструкция манипулятора, на основе которой собран экспериментальный стенд. Проведены экспериментальные исследования по определению фактической производительности погрузчика. Настроена система технического зрения для распознавания сеток с овощами.

Ключевые слова: погрузочно-транспортные агрегаты, геометрические параметры клещевого захвата, сельскохозяйственные погрузчики.

Цитирование. Николаев М. Е. Обоснование параметров клещевого захвата погрузочно-транспортного агрегата. *Известия НВ АУК*. 2021. 1 (61). 431-441. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-41.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В агропромышленном комплексе наибольший объем штучных грузов составляют мешки-сетки с овощной продукцией массой от 30 до 60 кг. Уборка с поля таких овощей, как лук и морковь в основном происходит с затариванием их в сетки, в таком виде происходит их последующая погрузка и транспортировка к месту сбыта. При уборке урожая такой технологический процесс является одним из наиболее сложных, так как объем ручного труда при заготовке овощной продукции составляет от 40 до 50 %. Устранить данную проблему можно только комплексной механизацией и автоматизацией операций [5, 9].

Отличительной особенностью погрузочно-транспортных агрегатов в сельском хозяйстве является точность позиционирования грузозахватного органа. При выполнении технологических операций при погрузке и разгрузке штучных грузов, требования к точности перемещения грузозахватного органа меньше, чем к исполнительным приводам, поэтому для сельскохозяйственных погрузчиков требуется невысокая точность позиционирования, зависящая от величины допустимых отклонений положений груза на исходной позиции и позиции разгрузки.

Целью исследования является разработка и обоснование параметров сельскохозяйственного погрузочно-транспортного агрегата. При этом ставится задача, направленная на обоснование параметров клещевого захвата для безопасной погрузки мешков-сеток в кузов погрузчика.

Материалы и методы. Для механизации погрузочных работ при уборке овощей, затаренных в мешки, разработан роботизированный погрузочно-транспортный агрегат, который позволяет вести процесс захват мешков с поля и самозагрузки в кузов самоходного шасси [3, 4, 8].

Ранее были решены задачи структурного и кинематического анализа, обоснованы геометрические параметры звеньев механизма манипулятора, сформирована зона обслуживания [1, 2, 6, 7, 11].

Гарантированное удержание груза захватом обусловливается либо геометрическим замыканием, либо силовым замыканием, обеспечивающим невозможность поступательных и вращательных движений захватываемых тел.

Нормальная удерживающая сила при удержании груза только за счет сил трения плоских поверхностей губок (рисунок 1) имеет зависимость:

$$N_1 = N_2 = \frac{Q}{2f}, \quad (1)$$

где f – коэффициент трения поверхности груза.

На практике часто встречается сложное нагружение захватных устройств. Для таких случаев расчет следует производить для наиболее неблагоприятного сочетания нагрузок, если оно однозначно не определяется, или делать это для нескольких вариантов нагружения.

Для рычажного захвата с плоскими губками величина удерживающей силы определится из выражения:

$$P \geq \frac{2 \sum_{j=1}^N M_j \cdot \cos \varphi}{b \cdot \eta}, \quad (2)$$

где φ – угол рычажной системы; b – размер плеча рычага; $\eta = 0,90-0,95$ -КПД, учитывающий потери в рычажной системе; $M_j = N_j(l + b \cdot \cos \varphi)$ – момент на рычагах захвата, $H \cdot m$

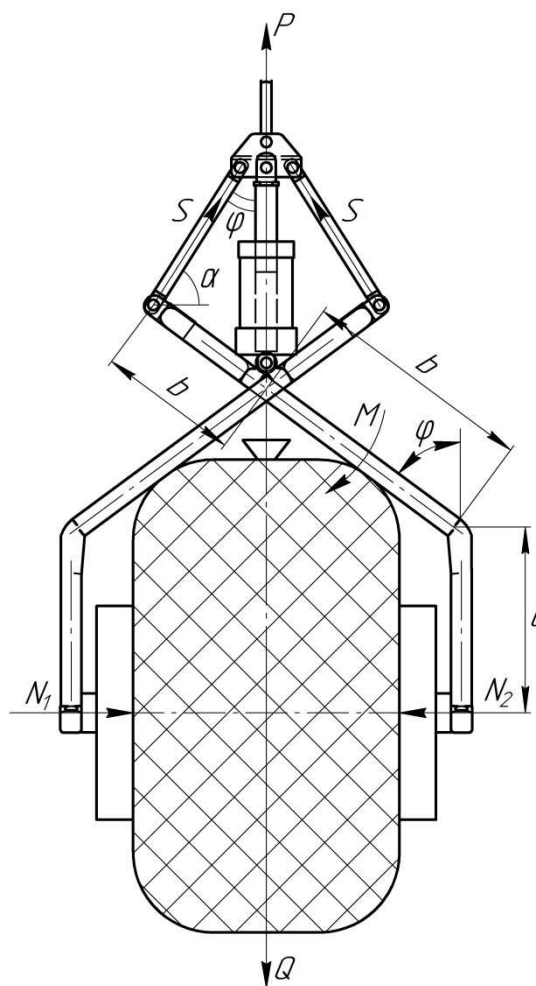


Рисунок 1 – Расчетная схема захватного устройства рычажного типа
Зависимость удерживающей силы от геометрических параметров в общем виде

Figure 1 – Design scheme of the lever-type gripper
The dependence of the holding force on the geometric parameters in general form

$$P(\varphi) = \frac{2N_i(L + b \cdot \cos \varphi) \cdot \cos \varphi}{b \cdot \eta} \quad (3)$$

Графические зависимости удерживающей силы P в зависимости от угла положения рычага φ при различных массах брутто мешков с луком приведены на рисунке 1, а на рисунке 2 представлена поверхность, характеризующая зависимость удерживающей силы P от угла положения рычага φ и его длины b . Например, задавшись длиной рычага $b = 0,3 м$ и выбрав угол положения рычага $\varphi = 45^\circ$ в положение зажатия сетки с ово-

щами, получаем минимально необходимое удерживающее усилие $P = 800\text{H}$. Таким образом, полученные зависимости (3) (рисунки 2, 3) позволяют на этапе проектирования захватного устройства выбрать приводы для обеспечения необходимой удерживающей силы. Здесь, однако, следует помнить о том, что удерживающим грузом являются овощи, которые при значительном силовом воздействии на них могут быть повреждены.

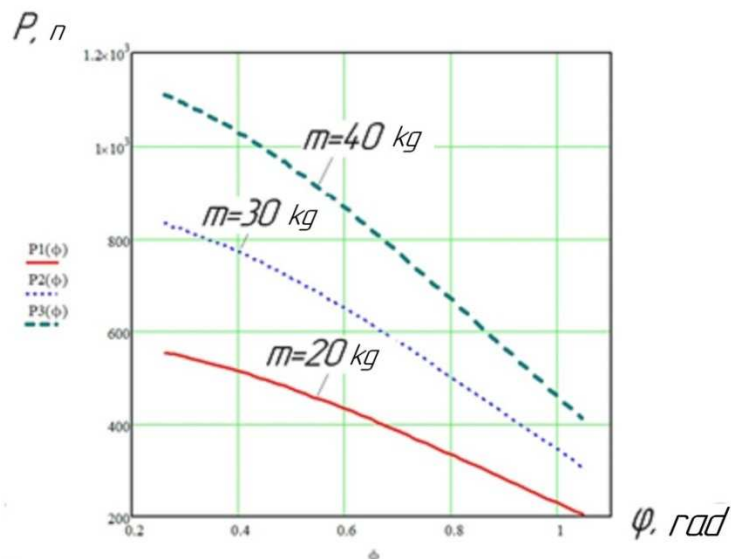


Рисунок 2 – Зависимость удерживающей силы от массы мешка и угла положения рычага захвата

Figure 2 – Dependence of the holding force on the weight of the bag and the angle of the grip lever position

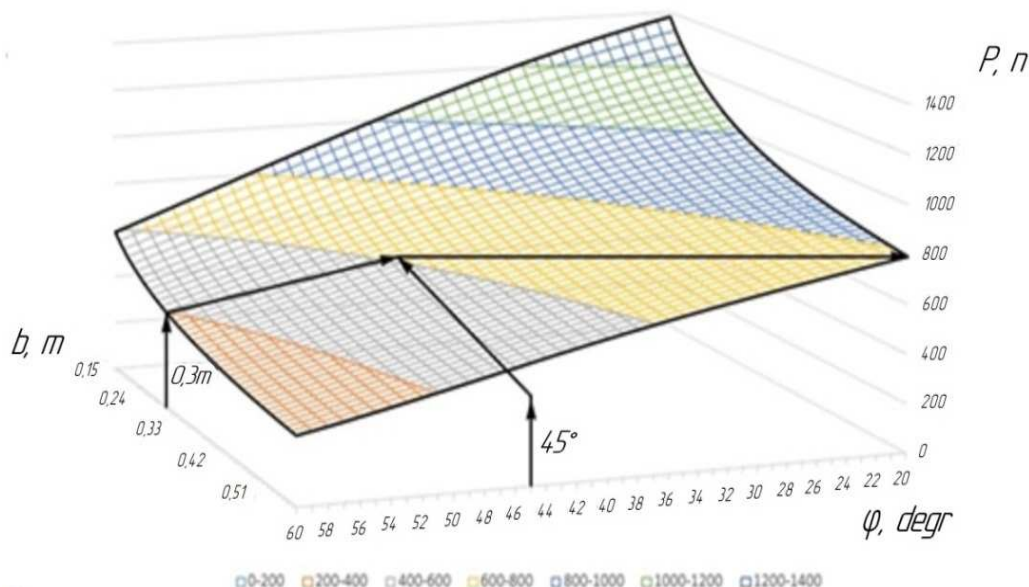


Рисунок 3 – Зависимость удерживающей силы P от угла положения рычага φ и его длины b при массе брутто $m = 30\text{кг}$

Figure 3 – Dependence of the holding force P on the angle of the lever position φ and its length b at the gross weight $m = 30\text{kg}$

Для клещевого захвата (рис.2) приведенные усилия замыкания:

$$N_1 = N_2 = \frac{k_\theta \cdot Q}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta}, \quad (4)$$

где β – угол между горизонталью и направленным нормалью реакцией опорой поверхностью груз.

Для клещевых захватов значение усилия в захватной петле

$$P = k_2 \cdot Q, \quad (5)$$

где k_2 - коэффициент, учитывающий силу тяжести захвата и потери на трение в его шарнирах; коэффициент k_2 можно рассчитать по формуле:

$$k_2 = k_n \cdot \left(1 + \frac{G}{Q}\right), \quad (6)$$

где G – сила тяжести захвата; k_n – коэффициент потерь на трение в шарнирах ($k_n = 1, 15 \dots 1, 20$).

Уравнение равновесия рычага захвата:

$$Sb - N_i \cdot l + \frac{Qa}{4} = 0. \quad (7)$$

Из выражения (7)

$$S = \frac{N \cdot l - \frac{Qa}{4}}{b} \quad (8)$$

или с другой стороны

$$S = \frac{P}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{k_2 \cdot Q}{2 \cdot \sin \alpha}. \quad (9)$$

Приравнивая выражения (8) и (9), получим:

$$\frac{N \cdot l - 0,25 \cdot Q \cdot a}{b} = \frac{k_2 \cdot Q}{2 \cdot \sin \alpha}, \quad (10)$$

откуда

$$\sin \alpha = \frac{k_2 \cdot b}{2 \cdot N \cdot l - 0,5 \cdot Q \cdot a}. \quad (11)$$

Последнее выражение можно использовать при проектировании захвата мешков.

$$\sin \alpha = \frac{k_2 \cdot b}{\frac{k_2 \cdot l}{\operatorname{tg} \beta} - 0,5 \cdot a}. \quad (12)$$

Минимально необходимое удерживающее усилие определится из выражения:

$$P(\varphi) \geq \frac{2 \cdot \cos \varphi (N \cdot l - 0,25 \cdot Q \cdot a)}{b}. \quad (13)$$

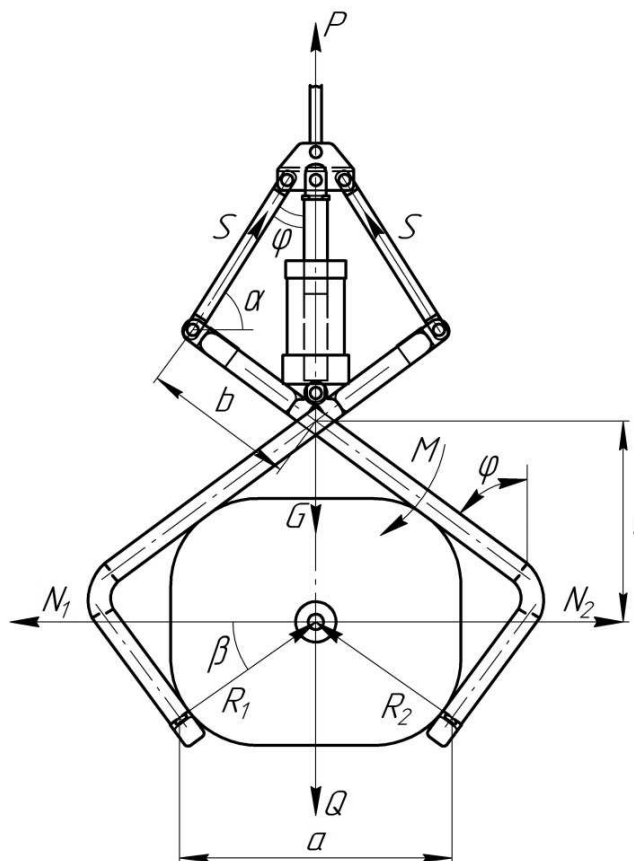


Рисунок 4 – Расчетная схема клещевого захвата

Figure 4 – Calculation scheme of the pincer grip

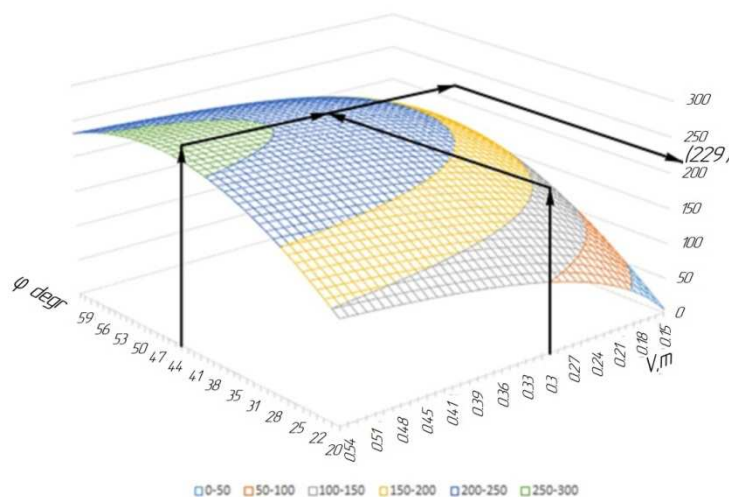


Рисунок 5 – Зависимость удерживающей силы P от угла положения φ и его длины b при массе брутто

Figure 5 – Dependence of the holding force P on the angle of the position φ and its length at b the gross mass

На рисунке 5 представлена зависимость удерживающей силы клещевого захвата по схеме (рисунок 4) от угла положения рычагов φ и их длине b . Как видно из зависимости, величины удерживающих сил в клещевом захвате с загнутыми губками в 5 раз меньше, чем у захвата с плоскими губками. Вследствие чего, последняя схема предпочтительнее с точки зрения меньшего силового воздействия на сетку с овощами и соответственно меньшего повреждения овощей.

Результаты и обсуждение. С учетом полученных зависимостей разработан сельскохозяйственный погрузочно-транспортный агрегат, состоящий из самоходного шасси Т-16МГ (рисунок 6) 1, к раме 2 которого крепится пространственный параллелограммный механизм, который состоит из четырех стоек 3, закрепленных посредством цилиндрических шарниров к раме 2 самоходного шасси, позволяющих при помощи исполнительных цилиндров 4 осуществлять угол поворота таким образом, что платформа 5 сохраняется в горизонтальном положении. К платформе 5 крепится манипулятор-трипод, имеющий три линейных электромеханических привода 6, концы которых с одной стороны крепятся к платформе 5. Штоки противоположных концов трех линейных приводов-актуаторов соединены между собой и с двухступенным управляемым захватом 7 посредством пятиподвижного сферического шарнира 8.



Рисунок 6 – Устройство роботизированного погрузчика сеток

Figure 6 – Device of a robotic mesh loader

На основание 5 и рамы 2 установлены датчики технического зрения таким образом, чтобы обеспечивать обзор для распознавания и определения координат захватываемого груза [10].

Двухступенной управляемый захват 7 содержит два независимых звена 9, 10 и грузозахватный орган 11, расположенных последовательно друг за другом, при этом звенья 9 и 10 соединены между собой посредством вращательных цилиндрических шарниров с кинематической парой пятого класса. Грузозахватный орган 11 самоустанавливающийся и управляется линейным приводом 12.

Вся конструкция манипулятора выполнена в виде навесного модуля на лонжероны самоходного шасси. Это позволяет использовать погрузчик сеток с различными энергетическими модулями: Т-16МГ, СШ-2540, ВТЗ-30СШ, Агромаш 30СШ/50СШ.

Исполнительный привод манипулятора является комбинированным. Манипулятор-трипод выполнен на основе электроцилиндров SKF CABH-21 с питанием от постоянного тока напряжением 24 В. Привод параллелограммного механизма выполнен гибридным.

Выводы. На основе проведенного анализа разработана и предложена конструктивно-технологическая схема самоходного погрузочно-транспортного средства с роботизированным манипулятором-триподом для мешков с овощами (патенты РФ № 2700304, № 2651781, № 183544, № 183553). Обоснованы структура, геометрические и кинематические параметры манипулятора погрузочно-транспортного средства и захвата мешков, обеспечивающих необходимое удержание и перемещение груза. Получены аналитические зависимости между конструктивными параметрами манипулятора, позволяющими обеспечить постоянство скорости движения погрузочного агрегата. Аналитически сформулирована задача ориентации захвата в пространстве, решение которой необходимо для формирования программных движений манипулятора в автоматическом режиме работы. Разработана и изготовлена конструкция манипулятора, на основе которой собран экспериментальный стенд. Проведены экспериментальные исследования по определению фактической производительности погрузчика. Настроена система технического зрения для распознавания сеток с овощами.

Библиографический список

1. Дяшкин-Титов В. В., Павловский В. Е. Задача оптимального управления перемещением схвата манипулятора-трипода // Известия нижеволжского агроинженерного комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 4(36). С. 241-247.
2. Захаров Е. Н., Несмиянов И. А. Синтез закона движения поворотного основания погрузочного манипулятора-трипода // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2019. № 3 (226). С. 18-21.
3. Манипуляторы для мобильных роботов. Концепции и принципы проектирования / В. М. Герасун, В. И. Пындак, И. А. Несмиянов, В. В. Дяшкин-Титов, В. Е. Павловский // Препринт ИПМ им. М. В. Келдыша, 2012. № 44. 24 с.
4. Обоснование параметров механизмов перемещения контейнеров на погрузочно-транспортном агрегате / М. Н. Шапров, И. С. Мартынов, М. А. Садовников, А. В. Седов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 299-306.
5. Развитие работ по созданию робототехники сельхозназначения / З. А. Годжаев, А. П. Гришин, И. А. Пехальский, А. А. Гришин, В. А. Гришин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 119. С. 488-502.
6. Разработка базы моделей манипулятора параллельно-последовательной структуры / Н. С. Воробьева, В. В. Жога, В. В. Дяшкин-Титов, А. В. Дяшкин // Известия ЮФУ. Технические науки. 2017. № 9 (194). С. 143-152.
7. Распределенная система управления погрузочным манипулятором параллельно-последовательной структуры / И. А. Несмиянов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1(45). С. 260-266.
8. Система управления манипулятора сельскохозяйственного назначения / И. А. Несмиянов, В. В. Жога, В. Е. Павловский, Н. С. Воробьева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 3(35). С. 226-231.
9. Тенденции развития средств механотроники, автоматизации и роботизации для синтеза новых высокопроизводительных технологий, и машин в сельском хозяйстве / З. А. Годжаев, В. К. Хорошенков, Н. Т. Гончаров, Е. Н. Ильченко // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2018. № 3 (329). С. 4-16.

10. Algorithm to synthesize control force for tripod manipulator drives / V. V. Zhoga, V. V. Dyashkin-Titov, I. A. Nesmiyanov, A. V. Dyashkin // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2020. V. 154. P. 223-235.

11. Nikolaev M. E., Nesmiyanov I. A., Zaharov E. N. Definition of service area of agricultural loading robot with manipulator of parallel-serial structure // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference of Young Scientists and Students "Topical Problems of Mechanical Engineering", ToPME - 2019. 2020. P. 012125.

Conclusions. Based on the analysis, a design and technological scheme of a self-propelled loading vehicle with a robotic manipulator-tripod for bags of vegetables (patents of the Russian Federation) is proposed and developed № 2700304, № 2651781, № 183544, № 183553). The structure, geometric and kinematic parameters of the manipulator of the loading vehicle and the capture of bags that provide the necessary retention and movement of cargo are justified. Analytical dependences between the design parameters of the manipulator that allow to ensure the constant speed of the loading unit are obtained. Analytically formulated is the problem of orientation of the gripper in space, the solution of which is necessary for the formation of program movements of the manipulator in automatic operation. The design of the manipulator was developed and manufactured, on the basis of which the experimental stand was assembled. Experimental studies were conducted to determine the actual performance of the loader. The technical vision system is configured to recognize grids with vegetables.

Reference

1. Dyashkin-Titov V. V., Pavlovsky V. E. The problem of optimal control of the movement of the grip of the manipulator-tripod // Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agroengineering Complex: science and Higher professional education. 2014. № 4(36). P. 241-247.

2. Zakharov E. N., Nesmiyanov I. A. Synthesis of the law of motion of the rotary base of the loading manipulator-tripod // Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2019. No. 3 (226). Pp. 18-21.

3. Manipulators for mobile robots. Concepts and principles of design / V. M. Gerasun, V. I. Pyndak, I. A. Nesmiyanov, V. V. Dyashkin-Titov, V. E. Pavlovsky // Preprint of the IPM named after M. V. Keldysh, 2012. No. 44. 24 p.

4. Justification of the mechanisms of moving the containers for loading and transport unit / M. N. Chuprov, S. I. Martynov, M. A. Sadovnikov, A. V. Sedov // Proceedings of the XVIII agrouniversity complex: science and higher professional education. 2019. № 1 (53). Pp. 299-306.

5. Razvitie raboty po sozdaniyu robototekhnika selkhozna znacheniya / Z. A. Gojaev, A. P. Grishin, I. A. Pekhalsky, A. A. Grishin, V. A. Grishin // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2016. No. 119. Pp. 488-502.

6. The development of models of the manipulator parallel-serial structure / N. S. Vorobyova, V. V. Goga, V. V. Dyashkin-Titov, A. V. Dyashkin // Izvestiya yufu. Technical sciences. 2017. № 9 (194). Pp. 143-152.

7. Distributed control system of loading manipulator of parallel-sequential structure / I. A. Nesmiyanov [et al.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshego professional obrazovanie. 2017. № 1(45). Pp. 260-266.

8. Control system of agricultural manipulator / I. A. Nesmiyanov [et al.] // Proceedings of the XVIII agrouniversity complex: science and higher professional education. 2014. № 3(35). Pp. 226-231.

9. Trends in the development of mechanotronics, automation and robotization tools for the synthesis of new high-performance technologies, and machines in agriculture / Z. A. Gojaev, V. K. Khoroshenkov, N. T. Goncharov, E. N. Ilchenko // Fundamental and applied problems of engineering and technology. 2018. № 3 (329). Pp. 4-16.

10. Algorithm to synthesize control force for tripod manipulator drives / V. V. Zhoga, V. V. Dyashkin-Titov, I. A. Nesmiyanov, A. V. Dyashkin // Smart Innovation, Systems and Technologies. 2020. V. 154. P. 223-235.

11. Nikolaev M. E., Nesmianov I. A., Zaharov E. N. Definition of service area of agricultural loading robot with manipulator of parallel-serial structure // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference of Young Scientists and Students "Topical Problems of Mechanical Engineering", ToPME - 2019. 2020. P. 012125.

Authors Information

Nikolaev Maksim Evgenevich, Head of the Laboratory of the Department of "Mechanics" of the Volgograd State Agrarian University (26 Universitetskiy Prospekt, Volgograd, 400002), tel. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: mr.maks.nikolaev.1994@mail.ru

Информация об авторе

Николаев Максим Евгеньевич, заведующий лабораторией кафедры "Механика" ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), тел. +7 (8442) 41-18-49. E-mail: mr.maks.nikolaev.1994@mail.ru:

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-42

INCREASING THE PRODUCTIVITY OF THE COMBINE HARVESTER BY APPLYING THE IMPROVED HEADER CUTTING UNIT

A.I. Ryadnov, O.A. Fedorova, R.V. Sharipov, V.A. Baril

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 21.01.2020

Submitted 12.03.2021

Summary

The performance of two sorghum harvesters was compared, the first of which was equipped with a header with a segment-finger cutting device of normal cutting with a single knife run, and the second with a header with a segment – finger cutting device with an infinite knife contour and a device for monitoring segment failures. It is determined that the second sorghum harvester with an improved reaper cutting device has a replaceable, operational and actual productivity higher than that of the first sorghum harvester, respectively, by 2.4, 4.0 and 3.9 %.

Abstract

Introduction. One of the most important tasks of agricultural development is to increase grain production. An important role in solving this problem belongs to improving the efficiency of the use of grain harvesters. The highly efficient use of grain harvesters in the harvesting of agricultural crops is largely determined by the implementation of the agrotechnical requirements for this technological operation. One of the main requirements for the harvesting of grain crops and panicle crops is not to exceed the permissible level of grain losses. Ensuring an acceptable level of grain losses during harvesting depends on many factors, including the duration of harvesting, which in turn depends on the most important indicator – the productivity of the used grain harvesters. **The purpose** of this work is to compare the productivity of sorghum harvesters, the harvesters of which are equipped with cutting devices of segment-finger normal cutting with a single knife run and segment-finger with an infinite knife contour and a device for monitoring segment failures. **Materials and methods.** In this paper, based on the materials of scientific works on the assessment of the use of combine harvesters and other machines used for harvesting grain crops and panicle crops, the most important factors affecting the productivity of grain harvesters are identified. In the harvesting seasons of 2019 and 2020, the timing of the sorghum harvester's work on the harvesting of grain sorghum of the «Premiere» variety with an average yield in the years of research equal to 2.08 t/ha was carried out. In the harvesting season of 2019, the sorghum harvester was equipped with a header with a segment-finger cutting device of normal cutting with a single knife run (sorghum harvester No. 1), and in the harvesting season of 2020-a segment – finger cutting device with an infinite knife contour and a device for monitoring segment failures (sorghum harvester No. 2). **Results.** To determine the impact on performance corroborates combine improved design of the cutting unit, the processed results of duration of work argosaronic combines No. 1 and No. 2 on the basis of which the calculated values of the coefficients of the time-use shifts. It is revealed that to increase the value of the shift utilization factor, it is possible due to:

bringing the temporary parking place closer to the harvested field; providing the harvesters with the necessary number of vehicles for unloading grain from the bunkers; the use of cranes, storage of grain and replacement of bins; the application of the method for unloading grain from the combine hopper into a transport vehicle on the move; selecting the optimal split of the field into paddocks, as well as sound depending on the conditions, harvesting methods and movement of grain cars at the end of the gon; coordination of the work plan for the harvesting of fields in the farm; the luncheon of the combine in the field with possible substitution combiner for lunch and rest during a shift; use of mechanized tankers with fuel, oils and technical liquids, as well as maintenance and diagnostic tools; connection to GPS or GLONASS. The values of the utilization coefficients of the operational shift time and zoning are also determined, and the theoretical, shift, operational and actual productivity of combines are calculated. It is established that the equipment of a sorghum harvester with a header with a segment-finger cutting device with an infinite knife contour and a device for monitoring segment failures increases its productivity by 2-4%. **Conclusion.** The replaceable, operational and actual productivity of a sorghum harvester equipped with a header with a segment-finger cutting device with an infinite knife contour and a device for monitoring segment failures is higher than the replaceable, operational and actual productivity of a sorghum harvester equipped with a header with a segment - finger cutting device with a single knife run, respectively, by 2.4, 4.0 and 3.9 %.

Key words: *sorghum harvester, reaper cutting machine, theoretical, replaceable, operational and actual productivity.*

Citation. Ryadnov A.I., Fedorova O. A., Sharipov R.V., Baril V. A. Improving the productivity of the sorghum harvester due to the use of improved cutting device header. *Proc. of the Lower Volga Agro – University Comp.* 2021. 1(61). 441-452 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-42.

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

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

УДК 631.358

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СОРГОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЖАТКИ

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О. А. Федорова, доктор технических наук, доцент

Р. В. Шарипов, кандидат технических наук, доцент

В. А. Бариль, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 21.01.2021

Дата принятия к печати 12.03.2021

Актуальность. Одной из важнейших задач развития сельского хозяйства является увеличение производства зерна. Важная роль в решении этой задачи принадлежит повышению эффективности использования зерноуборочных машин. Высокоэффективное использование зерноуборочных машин на уборке сельскохозяйственных культур во многом определяется выполнением агротехнических требований на данную технологическую операцию. Одним из основных требований на уборку зерновых колосовых и метелочных культур является требование к выполнению работы с допустимым уровнем потерь зерна. Обеспечение допустимого уровня потерь зерна при уборке зависит от многих факторов, в том числе и от продолжительности уборки, которая, в свою очередь, зависит от важнейшего показателя – производительности используемых зерноуборочных машин. **Цель настоящей работы** – сравнить по производительности соргоуборочные комбайны, жатки которых оборудованы режущими аппаратами: сегментно-пальцевым нормального

резания с одинарным пробегом ножа и сегментно-пальцевым с бесконечным ножевым контуром и устройством контроля отказов сегментов. **Материалы и методы.** В настоящей работе на основе материалов научных работ по оценке показателей использования зерноуборочных комбайнов и других машин, применяемых на уборке зерновых колосовых и метелочных культур, определены важнейшие факторы, влияющие на производительность зерноуборочных машин. В уборочные сезоны 2019 и 2020 годов проведен хронометраж работы соргоуборочного комбайна на уборке зернового сорго сорта «Премьера» со средней урожайностью в годы исследований, равной 2,08 т/га. В уборочный сезон 2019 года соргоуборочный комбайн был оборудован жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом нормального резания с одинарным пробегом ножа (соргоуборочный комбайн №1), а в уборочный сезон 2020 года – сегментно-пальцевым режущим аппаратом с бесконечным ножевым контуром и устройством контроля отказов сегментов (соргоуборочный комбайн №2). **Результаты.** Для определения влияния на производительность соргоуборочного комбайна применения усовершенствованной конструкции режущего аппарата обработаны результаты хронометража работы соргоуборочных комбайнов №1 и №2, на основе которых рассчитаны значения коэффициентов использования времени смены. Выявлено, что увеличение значения коэффициента использования времени смены возможно за счет приближения места временной стоянки к убираемому полю; обеспечения комбайнов необходимым количеством транспортных средств для выгрузки зерна из бункеров; использования перегружателей, накопителей зерна и сменных бункеров; применения способа выгрузки зерна из бункера комбайна в транспортное средство на ходу; выбора оптимальной разбивки поля на загоны, а также рациональных, в зависимости от условий уборки, способов движения и поворота зерноуборочных машин в конце гона; согласования плана работ по уборке полей в хозяйстве; организации обеда комбайнеров в полевых условиях с возможной подменой комбайнера на время обеда и отдыха во время смены; использования механизированных заправщиков топливом, маслами и техническими жидкостями, а также средств технического обслуживания и диагностики; подключения к GPS или ГЛОНАСС. Определены также значения коэффициентов использования эксплуатационного времени смены и зональности и рассчитаны теоретическая, сменная, эксплуатационная и фактическая производительности комбайнов. Установлено, что оборудование соргоуборочного комбайна жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом с бесконечным ножевым контуром и устройством контроля отказов сегментов повышает его производительность на 2-4 %. **Заключение.** Сменная, эксплуатационная и фактическая производительности соргоуборочного комбайна, оборудованного жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом с бесконечным ножевым контуром и устройством контроля отказов сегментов, выше сменной, эксплуатационной и фактической производительностей соргоуборочного комбайна, оборудованного жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом нормального резания с одинарным пробегом ножа, соответственно на 2,4; 4,0 и 3,9 %.

Ключевые слова: соргоуборочные комбайны, режущие аппараты жаток, производительность соргоуборочных комбайнов.

Цитирование. Ряднов А. И., Федорова О. А., Шарипов Р. В., Бариль В. А. Повышение производительности соргоуборочного комбайна за счет применения усовершенствованного режущего аппарата жатки. *Известия НВ АУК.* 2021. 1(61). 441-452. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-42.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из важнейших задач развития сельского хозяйства является увеличение производства зерна. Важная роль в решении этой задачи принадлежит повышению эффективности использования зерноуборочных машин [2]. Высокоэффективное использование зерноуборочных машин на уборке сельскохозяйственных культур во многом определяется выполнением агротехнических требований на данную технологическую операцию. Одно из основных требований на уборку, в частности, зерновых колосовых и метелочных культур – допустимый уровень потерь зерна. Обеспечение допустимого уровня потерь зерна при уборке зависит от многих факторов, в том числе и от продолжительности уборки, которая для многих зерновых колосовых и метелочных культур должна быть не более пяти календарных дней [5, 6], условий уборки, вида зерновой культуры и ее сорта [7].

Продолжительность уборки, в свою очередь, зависит от множества факторов, в том числе, от площади и урожайности зерновых культур, числа используемых зерноуборочных машин и их производительности, продолжительности смены, коэффициента сменности и других факторов [4, 9, 11, 14, 15].

Однако для конкретного сельскохозяйственного предприятия из всех рассмотренных факторов, влияющих на продолжительность уборки, важнейшим является производительность зерноуборочных машин.

В настоящее время для уборки зерновых колосовых и метелочных культур применяются различные зерноуборочные машины, конструкции которых постоянно совершенствуются на заводах-изготовителях этих машин. Кроме того, создаются новые модели машин. Так, в Волгоградском ГАУ разработан соргоуборочный комбайн, реализующий инерционно-очесный способ обмолота метелок растений. Данный комбайн до 2019 года был оборудован жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом нормального резания с одинарным пробегом ножа. Затем был изготовлен режущий аппарат новой конструкции и установлен на соргоуборочный комбайн. Модернизированный режущий аппарат является сегментно-пальцевым с бесконечным ножевым контуром и оборудован устройством контроля отказов сегментов. Однако до настоящего времени не определено влияние такой модернизации на производительность комбайна.

В связи с этим, цель настоящей работы – сравнить по производительности соргоуборочные комбайны, жатки которых оборудованы режущими аппаратами сегментно-пальцевым нормального резания с одинарным пробегом ножа и сегментно-пальцевым с бесконечным ножевым контуром и устройством контроля отказов сегментов.

Материалы и методы. На основе материалов научных работ по оценке показателей использования зерноуборочных комбайнов и других машин, применяемых на уборке зерновых колосовых и метелочных культур, определены важнейшие факторы, влияющие на производительность зерноуборочных машин.

В уборочные сезоны 2019 и 2020 годов проведен хронометраж работы соргоуборочного комбайна конструкции Волгоградского ГАУ на уборке зернового сорго сорта «Премьера» со средней урожайностью в годы исследований, равной 2,08 т/га.

В уборочный сезон 2019 года соргоуборочный комбайн был оборудован жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом нормального резания с одинарным пробегом ножа (рисунок 1), а в уборочный сезон 2020 года – сегментно-пальцевым режущим аппаратом с бесконечным ножевым контуром и устройством контроля отказов сегментов по патенту РФ № 2729492 (авторы Ряднов А. И., Шарипов Р. В., Бариль В. А.), (рисунок 2). Условно назовем соргоуборочный комбайн, эксплуатируемый в 2019 году и ранее, «Соргоуборочный комбайн №1», а комбайн с усовершенствованным режущим аппаратом – «Соргоуборочный комбайн №2».

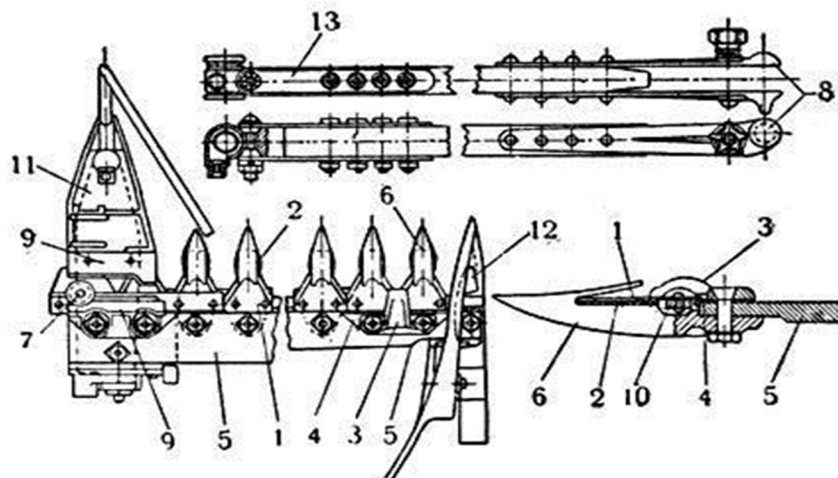


Рисунок 1 – Схема режущего аппарата жатки соргоуборочного комбайна №1:
1 – сегмент ножа; 2 – вкладыш пальца; 3 – нажимная лапка; 4 – пластинка трения;
5 – пальцевый брус; 6 – палец; 7 – головка ножа; 8 – ложечка шатуна;
9 – направляющие крышки; 10 – спинка ножа; 11 – внутренний башмак;
12 – наружный башмак; 13 – шатун

Figure 1 – Diagram of the cutting machine of the sorghum harvester No. 1:
1 – knife segment; 2 – finger insert; 3 – presser foot; 4 – friction plate; 5 – finger bar;
6 – finger; 7 – knife head; 8 – connecting rod spoon; 9 – guide covers; 10 – knife back;
11 – inner shoe; 12 – outer shoe; 13 – connecting rod

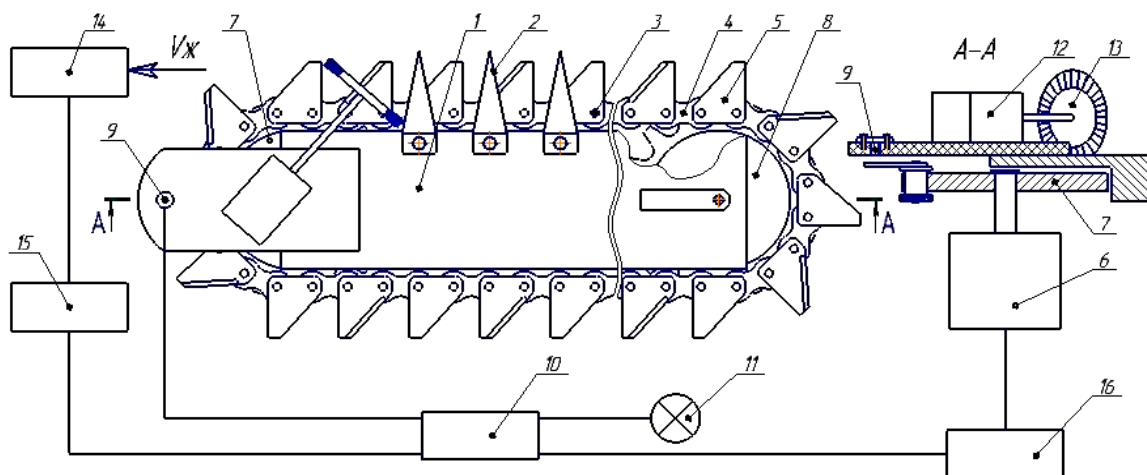


Рисунок 2 – Схема режущего аппарата по патенту РФ № 2729492:
1 – пальцевый брус; 2 – палец; 3 – нож; 4 – цепной контур; 5 – сегмент; 6 – привод
ведущей звездочки; 7 – ведущая звездочка; 8 – ведомая звездочка; 9 – датчик;
10 – блок контроля; 11 – сигнализирующее устройство; 12 – привод щетки;
13 – щетка; 14 – датчик скорости жатки; 15 – аналого-цифровой преобразователь;
16 – блок регулирования

Figure 2 – Scheme of the cutting apparatus according to the patent
of Russian Federation № 2729492:
1 – timber-finger; 2 – finger; 3 – knife; 4 – chain loop; 5 – segment; 6 – drive
sprocket; 7 – sprocket; 8 – sprocket driven; 9 – sensor; 10 – control unit; 11 – signaling
device; 12 – motor brush; 13 – brush; 14 – speed sensor of the header;
15 – analog-to-digital converter; 16 – control unit

Усовершенствованный режущий аппарат работает следующим образом.

При движении соргоуборочного комбайна по полю с включенным приводом цепного контура 4, сегменты 5 скашивают растения, которые подаются к режущему аппарату. Сегменты 5 перемещаются под датчиком 9. При отсутствии отказов сегментов 5, датчик 9 формирует сигнал с равномерными по частоте и амплитуде всплесками. В этом случае время прохождения сегментов 5 под датчиком 9 определяется расстоянием S , равным шагу установки сегментов 5 на цепном контуре. Это время равно $t_0 \pm \Delta t$. Блок контроля 10 не подает сигнал блоку регулирования 16 на изменение частоты вращения вала привода ножа 3. Линейная скорость сегментов 5 не изменяется и равна расчетной скорости V_{R0} .

При расчете t_0 принимают скорость жатки V_{AD} , определяемую датчиком скорости жатки 14 и преобразовываемую аналого-цифровым преобразователем 15 в цифровой сигнал, передаваемый блоку контроля 10.

При отказах одного или нескольких сегментов 5, расположенных подряд на цепном контуре 4, за заданный период контроля, т.е. при прохождении N сегментов 5 под датчиком 9, в блок контроля 10 поступает сигнал, соответствующий $t_{fakt.}$. Причем, $t_{fakt.}$ зависит от числа отказавших сегментов 5. Блок контроля 10 сравнивает $t_{fakt.}$ с t_0 . Если $t_{fakt.} > t_0$, то блок контроля 10 подает сигнал блоку регулирования 16 на увеличение частоты вращения вала привода цепного контура 4 и на сигнализирующее устройство 11. Новую величину линейной скорости сегментов 5 фиксирует датчик 9, который подает сигнал блоку контроля 10. Увеличение частоты вращения вала привода цепного контура 4, а, следовательно, и линейной скорости сегментов 5 осуществляется до момента, когда $t_{fakt.} = t_0$, блок контроля 10 отменяет сигнал на увеличение частоты вращения вала привода цепного контура 4. Линейная скорость сегментов 5 сохраняется на достигнутом уровне.

При поступлении сигнала в блок контроля 10, соответствующего времени $t_{fakt.} < t_{min}$ блок контроля 10 подает сигнал блоку регулирования 16 на выключение привода цепного контура 4.

Для исключения ложных срабатываний датчика 9 необходимо, чтобы сегменты 5 не были загрязнены растительными остатками, поэтому вращающаяся от привода 12 щетка 13, установленная перед датчиком 9, сметает частицы скашиваемой массы с того сегмента 5, который первым приближается к датчику 9.

Результаты и обсуждение. Часовая производительность зерноуборочных машин, как показано в работе [2], может быть теоретической (W_T), сменной (W_{SM}), эксплуатационной (W_{EC}) и фактической (W_F):

$$W_T = 0,36 BV, \quad (1)$$

где B – ширина захвата жатки комбайна, м; V – скорость движения комбайна, м/с;

$$W_{SM} = W_T \tau_{SM}, \quad (2)$$

где τ_{SM} – коэффициент использования времени смены;

$$W_{EC} = W_T \tau_{EC}, \quad (3)$$

где τ_{EC} – коэффициент использования эксплуатационного времени смены;

$$W_F = W_{EC} K_{зон}, \quad (4)$$

где $K_{зон}$ – коэффициент зональности.

Рассмотрим, от каких факторов условий уборки зерновых колосовых и метелочных культур зависят коэффициенты τ_{SM} , τ_{EC} и $K_{зон}$.

Для определения факторов, влияющих на коэффициент использования смены τ_{SM} , рассмотрим составляющие времени смены.

В соответствии с материалом, представленным в работах [1, 8, 12, 13], а также ГОСТ 24055 – 2016 (Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. М.: Стандартинформ, 2020) к нормативным составляющим времени смены относятся следующие элементы: основное время T_O , время на выполнение поворотов в конце гона поля ($T_{ПОВ}$), технологические переезды ($T_{ПЕР1}$), технологическое обслуживание (выгрузку зерна из бункера ($T_{ВЫГ}$), ежесменное техническое обслуживание, заправку топливом ($T_{ТО}$), перевод машины в рабочее и транспортное положение ($T_{ППП}$), проведение наладки и регулирование ($T_{РЕГ}$), агрегатирование ($T_{АГР}$), устранение нарушения технологического процесса ($T_{ТП}$), отдых ($T_{ОТД}$) и переезды к месту работы и обратно (в начале и в конце смены) ($T_{ПЕР2}$).

В связи с этим, время смены T_{CM} составит:

$$T_{CM} = T_O + T_{ПОВ} + T_{ПЕР1} + T_{ВЫГ} + T_{ТО} + T_{ППП} + T_{РЕГ} + T_{АГР} + T_{ТП} + T_{ОТД} + T_{ПЕР2}. \quad (5)$$

Как известно, коэффициент использования смены определяется по зависимости:

$$\tau_{SM} = T_O / T_{CM}. \quad (6)$$

Тогда, рассматривая зависимости (5) и (6), можно отметить, что увеличение значения коэффициента использования смены возможно за счет:

- приближения места временной стоянки к убираемому полю;
- обеспечения комбайнов необходимым количеством транспортных средств для выгрузки зерна из бункеров;
- использования перегружателей и накопителей зерна;
- использования сменных бункеров;
- применения способа выгрузки зерна из бункера комбайна в транспортное средство на ходу;
- выбора оптимальной разбивки поля на загоны, а также рациональных в зависимости от условий уборки способов движения и поворота зерноуборочных машин в конце гона;
- согласования плана работ по уборке полей в хозяйстве;
- организации обеда комбайнеров в полевых условиях с возможной подменой комбайнера на время обеда и отдыха во время смены;
- использования механизированных заправщиков топливом, маслами и техническими жидкостями, а также средств технического обслуживания и диагностики;
- подключения к GPS или ГЛОНАСС.

Для определения фактических значений коэффициента использования времени смены использовался материал хронометража работы одномодульного соргоуборочного комбайна с жаткой, оборудованной двумя типами режущего аппарата.

По результатам хронометража работы соргоуборочных комбайнов №1 и №2 получено распределение затрат времени смены по ее составляющим (таблица 1).

Во время смены не включено время, затраченное на простои соргоуборочного комбайна, связанные с устранением нарушений технологического процесса (ГОСТ 28301–2015).

Тогда коэффициент использования времени смены соргоуборочного комбайна №1 равен 0,63, а соргоуборочного комбайна №2 – 0,64.

Таблица 1 – Баланс времени смены

Table 1 – The balance of time shifts

Элемент времени смены / The element of time shift	Значение элемента времени смены работы соргоуборочного комбайна: / Value of the sorghum harvester shift time element:			
	№1		№2	
	ч / hour	%	ч / hour	%
Основное время, T_O / Basic time, T_O	5,04	63,00	5,15	64,38
Время на повороты, $T_{ПОВ}$ / Time for turns, T_{POV}	0,62	7,75	0,63	7,88
Время на технологические переезды, $T_{ПЕР1}$ / Time for technological moves, T_{PER1}	0,28	3,50	0,28	3,50
Время на технологическое обслуживание, $T_{ВЫГ}$ / The time in technology services, T_{WIG}	1,11	13,88	1,12	14,00
Время на ЕТО, заправку топливом, $T_{ТО}$ / Time for ЕТО, refueling, T_{TO}	0,22	2,75	0,22	2,75
Время перевода машины в рабочее и транспортное положение, $T_{ППП}$ / Time of transfer of the machine to the working and transport position, T_{PTP}	0,04	0,5	0,02	0,25
Время на проведение наладки и регулирование, $T_{РЕГ}$ / Time for adjustment and adjustment, T_{REG}	0,18	2,25	0,07	0,87
Время агрегатирования, $T_{АГР}$ / Aggregation time, V_{AGR}	–	–	–	–
Время на устранение нарушения технологического процесса, $T_{ТП}$ / Time to eliminate the violation of the technological process, T_{TP}	–	–	–	–
Время на отдых, $T_{ОТД}$ / Time to rest, T_{OTD}	0,3	3,74	0,3	3,74
Время на переезды к месту работы и обратно (в начале и в конце смены), $T_{ПЕР2}$ / Travel time to and from work (at the beginning and end of the shift), T_{PER2}	0,21	2,63	0,21	2,63
Итого: сменное время, $T_{СМ}$ / Total: shift time, T_{SM}	8	100	8	100

Производительность комбайнов по намолоту зерна за один час сменного времени (W_H , т/ч) определена по известной зависимости:

$$W_H = 0,36 B V U \tau_{SM}, \quad (7)$$

где U – урожайность сорго по зерну, т/га.

Уборку сорго выполняли одномодульным экспериментальным соргоуборочным комбайном, который обмолачивал один рядок сорго, посеянного с междурядьем 0,7 м. Следовательно, $B = 0,7$ м.

Средняя рабочая скорость комбайна определялась по агротехническим требованиям на уборку зернового сорго. Кроме того, она была ограничена мощностью двигателя самоходного шасси Т-16М и равнялась $V = 1,82$ м/с.

С учетом данных, представленных выше, определено, что для соргоуборочного комбайна №1 $W_{H1} = 0,60$ т/ч и для комбайна №2 $W_{H2} = 0,61$ т/ч. Из этого следует, что за смену намлачивалось в первом случае – в среднем 4,8 т или 24 бункера зерна, а во втором случае – соответственно 4,9 т и 25 бункеров.

Таким образом, только за счет использования усовершенствованной конструкции режущего аппарата жатки производительность соргоуборочного комбайна по намолоту зерна повышается на 2 %.

Коэффициент использования эксплуатационного времени смены τ_{EC} , как известно, зависит от уровня надежности зерноуборочной машины и, в частности, от комплексного показателя надежности – коэффициента готовности K_g [2]:

$$\tau_{EC} = \tau_{SM} \cdot K_{\Gamma} . \quad (8)$$

Коэффициент использования эксплуатационного времени смены характеризует уровень организации ремонтно-технической службы в сельскохозяйственном предприятии.

На основе исследований работы соргоуборочного комбайна, оборудованного жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом нормального резания с одинарным пробегом ножа, в течение 6 уборочных сезонов определена наработка на отказ $t_0 = 10,3$ ч и среднее время устранения одного отказа $t_v = 1,4$ ч.

Тогда коэффициент готовности соргоуборочного комбайна равен:

$$K_{\Gamma} = t_0 / (t_0 + t_v) = 0,88. \quad (9)$$

В работе [10] представлен материал по исследованию показателей ремонтпригодности усовершенствованной конструкции режущего аппарата. Определено, что время восстановления сегментно-пальцевого режущего аппарата нормального резания с одинарным пробегом ножа на 0,166 ч больше, чем сегментно-пальцевого режущего аппарата с бесконечным ножевым контуром.

В связи с тем, что соргоуборочный комбайн при использовании в 2020 году отличался от комбайна, эксплуатируемого в 2019 году, лишь режущим аппаратом, то можно допустить, что наработка на отказ комбайнов не изменилась, а среднее время устранения одного отказа t_v уменьшилось на 0,166 ч. В этом случае коэффициент готовности соргоуборочного комбайна с усовершенствованной конструкцией режущего аппарата $K_{\Gamma} = 0,89$.

Тогда коэффициент использования эксплуатационного времени смены для комбайна, оборудованного жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом нормального резания с одинарным пробегом ножа $\tau_{EC} = 0,55$, а для комбайна с сегментно-пальцевым режущим аппаратом с бесконечным ножевым контуром $\tau_{EC} = 0,57$.

Результаты расчета эксплуатационной производительности W_{EC} представлены в таблице 2.

Третий из рассматриваемых коэффициентов – коэффициент зональности $K_{зон}$. Данный коэффициент зависит от почвенно-климатических условий уборки, степени адаптивности зерноуборочных машин к ним, от профессионализма комбайнеров и других факторов [2].

В связи с тем, что факторы, влияющие на величину коэффициента зональности, были неизменными для хозяйств Волгоградской области, в которых проводились исследования соргоуборочного комбайна в уборочные сезоны 2019 и 2020 годов, то принимаем для обоих вариантов $K_{зон} = 0,92$ [3].

После оценки теоретической производительности W_T и определения коэффициентов τ_{SM} , τ_{EC} и $K_{зон}$, рассчитаны значения сменной, эксплуатационной и фактической производительности соргоуборочных комбайнов (таблица 2).

Таблица 2 – Производительность соргоуборочных комбайнов

Table 2 – Productivity of sorghum harvesters

Производительность / Productivity	Значение производительности соргоуборочного комбайна / The value of the sorghum harvester productivity		$\frac{W_{i2}}{W_{i1}} 100, \%$
	№1	№2	
Теоретическая W_T , га / Theoretical W_T , ha	0,459	0,459	100,0
Сменная W_{SM} , га / Replaceable W_{SM} , ha	0,289	0,296	102,4
Эксплуатационная W_{EC} , га / Operational W_{EC} , ha	0,252	0,262	104,0
Фактическая W_F , га / Actual W_F , ha	0,232	0,241	103,9

Представленные в таблице 2 результаты показывают, что оборудование соргоуборочного комбайна жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом с бесконечным ножевым контуром и устройством контроля отказов сегментов повышает его производительность.

Выводы. Таким образом, сменная, эксплуатационная и фактическая производительности соргоуборочного комбайна, оборудованного жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом с бесконечным ножевым контуром и устройством контроля отказов сегментов, выше сменной, эксплуатационной и фактической производительностей соргоуборочного комбайна, оборудованного жаткой с сегментно-пальцевым режущим аппаратом нормального резания с одинарным пробегом ножа, соответственно на 2,4; 4,0 и 3,9 %.

Библиографический список

1. Елисеев А. Г., Костомахин М. Н. Анализ сельскохозяйственной техники. Зерноуборочные и кормоуборочные комбайны // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2013. № 9. С. 20-28.
2. Жалнин Э. В. Оптимизация машиноиспользования - мощный резерв повышения эффективности сельскохозяйственного производства // Наука в Центральной России. 2013. № 1. С. 5-17.
3. Жалнин Э. В., Жилкибаев М. Ш., Пьянов В. С. К расчету типоразмерного ряда зерноуборочных комбайнов // Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 7. С. 7-11.
4. Ломакин С. Г., Бердышев В. Е. Условия уборки зерна в Российской Федерации и обеспеченность сельскохозяйственных предприятий зерноуборочными комбайнами // Вестник Московского государственного агроинженерного университета им. В. П. Горячкина. 2016. № 4 (74). С. 11-15.
5. Маслов Г. Г. Оптимизация продолжительности уборки озимой пшеницы многофункциональным агрегатом // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 6. С. 48-51.
6. Маслов Г. Г., Палапин А. В., Ринас Н. А. Оптимизация продолжительности уборки зерновых культур и основных параметров многофункционального агрегата // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. 2014. № 2. С. 3-8.
7. Методика расчета суточного сбора зерна в зависимости от темпов уборки / В. С. Пьянов, В. Х. Малиев, Л. И. Высочкина, М. В. Данилов // Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 2 (30). С. 38-43.
8. Повышение эффективности уборки зерновых культур / И. В. Коношин, Р. А. Булавинцев, А. В. Волженцев, М. Р. Михайлов, А. В. Звеков // Нива Поволжья. 2019. № 4 (53). С. 141-147.
9. Ряднов А. И., Федорова О. А., Поддубный О. И. Потери зерна от увеличения сроков уборки зерновых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2(58). С. 375-384.
10. Фаронов А. С., Ряднов А. И., Федорова О. А. Сравнение режущих аппаратов соргоуборочного комбайна по показателям технологичности // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 349-355.
11. Худякова Е. В., Клочкова К. В. Оптимизация технико-экономических параметров организации процесса уборки зерновых культур на основе имитационного моделирования // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В. П. Горячкина. 2015. № 5 (69). С. 60-64.
12. Шабанов Н. И. Резервы повышения эффективности комбайновой уборки зерновых культур // Вестник аграрной науки Дона. 2014. Т. 4. № 28. С. 23-29.
13. Шепелев С. Д., Черкасов Ю. Б., Внуков Д. О. Эффективно использовать зерноуборочные комбайны // Сельский механизатор. 2018. № 10. С. 34-35.
14. Improvements in broom corn harvesting process / A. I. Rjadnov, V. F. Fedorenko, O. A. Fedorova, N. P. Mishurov, S. A. Davydova // Engineering Technologies and Systems. 2019. V. 29. № 4. P. 635-651.
15. Mathematical model of feeding rate and processing loss for combine harvester / D. Chen, S. Wang, F. Kang, Q. Zhu, X. Li // Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2011. V. 27(9). P. 18-21.

Conclusions. Thus, the replaceable, operational and actual productivity of a sorghum harvester equipped with a header with a segment-finger cutting device with an infinite knife contour and a device for monitoring segment failures is higher than the replaceable, operational and actual productivity of a sorghum harvester equipped with a header with a segment-finger cutting device with a single knife run, respectively, by 2.4, 4 and 3.9 %.

References

1. Eliseev A. G., Kostomahin M. N. Analiz sel'skohozyajstvennoj tehniki. Zernouborochnye i kormouborochnye kombajny // Sel'skohozyajstvennaya tehnika: obsluzhivanie i remont. 2013. № 9. P. 20-28.
2. Zhalnin Je. V. Optimizaciya mashinoispol'zovaniya - moschnyj rezerv povysheniya jeffektivnosti sel'skohozyajstvennogo proizvodstva // Nauka v Central'noj Rossii. 2013. № 1. P. 5-17.
3. Zhalnin Je. V., Zhilkibaev M. Sh., P'yanov V. S. K raschetu tiporazmernogo ryada zernouborochnykh kombajnov // Traktory i sel'hozmashiny. 2009. № 7. P. 7-11.
4. Lomakin S. G., Berdyshev V. E. Usloviya uborki zerna v Rossijskoj Federacii i obespechennost' sel'skohozyajstvennykh predpriyatij zernouborochnymi kombajnami // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenerenogo universiteta im. V. P. Goryachkina. 2016. № 4 (74). P. 11-15.
5. Maslov G. G. Optimizaciya prodolzhitel'nosti uborki ozimoy pshenicy mnogofunkcional'nym agregatom // Traktory i sel'hozmashiny. 2016. № 6. P. 48-51.
6. Maslov G. G., Palapin A. V., Rinas N. A. Optimizaciya prodolzhitel'nosti uborki zernovykh kul'tur i osnovnykh parametrov mnogofunkcional'nogo agregata // Vestnik GGTU im. P. O. Suhogo. 2014. № 2. P. 3-8.
7. Metodika rascheta sutochnogo shora zerna v zavisimosti ot tempov uborki / V. S. P'yanov, V. H. Maliev, L. I. Vysochkina, M. V. Danilov // Vestnik APK Stavropol'ya. 2018. № 2 (30). P. 38-43.
8. Povysheenie jeffektivnosti uborki zernovykh kul'tur / I. V. Konoshin, R. A. Bulavincev, A. V. Volzhencev, M. R. Mihajlov, A. V. Zvekov // Niva Povolzh'ya. 2019. № 4 (53). P. 141-147.
9. Ryadnov A. I., Fedorova O. A., Poddubnyj O. I. Poteri zerna ot uvelicheniya srokov uborki zernovykh kul'tur // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 2(58). P. 375-384.
10. Faronov A. S., Ryadnov A. I., Fedorova O. A. Sravnenie rezhushchih apparatov sorgouborochnogo kombajna po pokazatelyam tehnologichnosti // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 3 (51). P. 349-355.
11. Hudyakova E. V., Klochkova K. V. Optimizaciya tehniko-jekonomicheskikh parametrov organizacii processa uborki zernovykh kul'tur na osnove imitacionnogo modelirovaniya // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo agroinzhenerenogo universiteta imeni V. P. Goryachkina. 2015. № 5 (69). P. 60-64.
12. Shabanov N. I. Rezervy povysheniya jeffektivnosti kombajnovoj uborki zernovykh kul'tur // Vestnik agrarnoj nauki Dona. 2014. T. 4. № 28. P. 23-29.
13. Shepelev S. D., Cherkasov Yu. B., Vnukov D. O. Jeffektivno ispol'zovat' zernouborochnye kombajny // Sel'skij mehanizator. 2018. № 10. P. 34-35.
14. Improvements in broom corn harvesting process / A. I. Rjadnov, V. F. Fedorenko, O. A. Fedorova, N. P. Mishurov, S. A. Davydova // Engineering Technologies and Systems. 2019. V. 29. № 4. P. 635-651.
15. Mathematical model of feeding rate and processing loss for combine harvester / D. Chen, S. Wang, F. Kang, Q. Zhu, X. Li // Nongye Gongcheng Xuebao. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. 2011. V. 27(9). P. 18-21.

Authors Information

Ryadnov Alexey Ivanovich, Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskiy Ave.), honored worker of the higher school of the Russian Federation, doctor of agricultural Sciences, Professor.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Fedorova Olga Alekseevna, Professor of the Department of "Technical systems in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskii Ave.), Doctor of Technical Sciences, associate Professor,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, E-mail: foa_77@mail.ru;

Sharipov Renat Vilevich, Associate Professor of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskii Ave.), Candidate of Technical Sciences, associate Professor,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6671-5357>, E-mail: renat_sharipov@mail.ru;

Baril Vadim Alekseevich, Graduate student of the Department "Operation and technical service of machines in agriculture", Volgograd state agrarian University (400002, southern Federal district, Volgograd region, Volgograd, 26 Universitetskii Ave.),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4781-2757>. E-mail: vbaril@yandex.ru.

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>. E-mail: alex.rjadnov@mail.ru;

Федорова Ольга Алексеевна, профессор кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор технических наук, доцент,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2615-1101>, E-mail: foa_77@mail.ru;

Шарипов Ренат Вильевич, доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат технических наук, доцент,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6671-5357>, E-mail: renat_sharipov@mail.ru;

Бариль Вадим Алексеевич, аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4781-2757>. E-mail: vbaril@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-43

GEOINFORMATIONAL ASSESSMENT OF AGRO-LANDSCAPES AT THE TEST RANGE «BLACK LANDS»

I.A. Komarova, E.A. Ivantsova

Volgograd State University, Volgograd

Received 16.01.2021

Submitted 10.03.2021

Abstract

Introduction The change in the state of geosystems in semi-desert conditions in natural conditions goes through the stages of natural change in the state associated with the manifestations of a decrease in the projective cover in unfavorable conditions and restoration under favorable conditions. At the same time, irrational anthropogenic use of lands leads to critical degradation of the ecosystem, accompanied by a deterioration in both quantitative and qualitative characteristics of agricultural landscapes. The processes of restoration of the natural state of ecosystems are long in time and can take from several to thousands of years. In this regard, an important scientific task is to study the state of agricultural landscapes and their changes. **Materials and methods.** The study is based on geoinformation analysis of remote sensing data from space - Sentinel 2 satellite images and «SRTM terrain model». **Results and Conclusions.** As a result of geoinformation research, the main characteristics of the lands were established. The soil conditions at the polygon are represented by low-humus, thin brown soils in combination with sands (72% of the landfill area) and sandy massifs (28%). Natural plant associations of Sarepta feather grass (*Stipa sareptana*), fescue (*Festuca valesiaca*), wheatgrass (*Agropyron pectinatum*), white wormwood (*Artemisia lercheana*), ebelek (*Ceratocarpus arenarius*) and tyrsa (*Stipa capillata*) have a projective cover from 5 to 10% On brown soils over 25%. The phytomeliation carried out about 40 years ago by planting gray teresken (*Krascheninnikovia ceratoides*) made it possible to stop the negative processes of desertification, and gray teresken proved to

be an effective phytomeliorant. A negative factor of impact on the plant ecosystem was the impact of steppe fires, which destroyed the aboveground parts of plants in 2020 on an area of 6430 hectares, which is almost 70% of the area of the test site.

Key words: *geoinformation technologies, space images, decoding, state, degradation analysis, agro-landscape.*

Citation. Komarova I.A., Ivantsova E.A. Geoinformation assessment of agro-landscapes at the test range «Black Lands». *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 1(61). 452-460 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-43.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper.

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

УДК 633.2(58.02)

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА АГРОЛАНДШАФТОВ НА ТЕСТОВОМ ПОЛИГОНЕ «ЧЕРНЫЕ ЗЕМЛИ»

И. А. Комарова, аспирант

Е. А. Иванцова, доктор сельскохозяйственных наук

Волгоградский государственный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 16.01.2021

Дата принятия к печати 10.03.2021

Актуальность. Изменение состояния геосистем в условиях полупустыни в естественных условиях проходит через стадии естественного изменения состояния, связанными с проявлениями снижения проективного покрытия в неблагоприятных и восстановления при благоприятных условиях. При этом нерациональное антропогенное использование земель приводит к критической деградации экосистемы, сопровождающейся ухудшением как количественных, так и качественных характеристик агроландшафтов. Процессы восстановления естественного состояния экосистем длительны во времени и могут проходить от нескольких, до тысяч лет. В связи с этим, важной научной задачей является изучение состояния агроландшафтов и их изменений. **Материалы и методы.** Исследование основано на геоинформационном анализе данных дистанционного зондирования из космоса – спутниковых изображений Sentinel 2 и модели местности SRTM. **Результаты и выводы.** В результате геоинформационных исследований установлены основные характеристики угодий. Почвенные условия на полигоне представлены малогумусированными, маломощными бурыми почвами в комплексе с песками (72 % площади полигона) и песчаными массивами (28 %). Естественные растительные ассоциации ковыля сарептского (*Stipa sareptana*), типчака (*Festuca valesiaca*), житняка (*Agropyron pectinatum*), полыни белой (*Artemisia lercheana*), эбелека (*Ceratocarpus arenarius*) и тырсы (*Stipa capillata*) на песках имеют проективное покрытие от 5 до 10 %. На бурых почвах свыше 25 %. Фитомелирация, проведенная около 40 лет назад посадками терескена серого (*Krascheninnikovia ceratoides*) позволила остановить негативные процессы опустынивания, а терескен серый показал себя эффективным фитомелиорантом. Негативным фактором воздействия на растительную экосистему явилось воздействие степных пожаров, которые уничтожили надземные части растений в 2020 году на площади 6430 га, что составляет практически 70 % площади тестового полигона.

Ключевые слова: *геоинформационные технологии, космические снимки, фитомелиорация, состояние экосистем, деградация агроландшафтов.*

Цитирование. Комарова И.А., Иванцова Е.А. Геоинформационная оценка агроландшафтов на тестовом полигоне «Черные земли». *Известия НВ АУК.* 2021. 1(61). 452-460. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-43.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования собрали материал, проанализировали данные и написали рукопись.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современных условиях на территории «Черных Земель» выражено проявляются процессы деградации растительного покрова, засоления и истощения почв [5, 6, 11-13, 15]. Такие процессы связаны с возрастанием нагрузки в результате деятельности человека, при этом они активно развиваются в на малогумусированных полупустынных почвах и песках, что приводит к увеличению площади земель с уменьшенным проективным. Продолжается увеличение очагов опустынивания, идет засоление орошаемых и дефляция распаханых участков. Основными причинами деградации являются климатические условия, связанные с недостаточным количеством осадков и высокими летними температурами, а также антропогенная напряженность.

Геоинформационная оценка сельскохозяйственных угодий на территории «Черных Земель» была проведена на тестовом полигоне, характерном для существующих ландшафтных условий. Тестовый полигон «Черный Земли», расположенный на территории Черноземельского ландшафтного района, представляет собой пустыню, расположенную на слабоволнистой равнине. Отличительной чертой ландшафта является чередование равнинных эоловых участков и песчано-солончаковых депрессий [1-3, 11]. Естественная растительность представлена ассоциациями ковылем сарептским (*Stipa sareptana*) с типчаком (*Festuca valesiaca*) и житняком (*Agropyron pectinatum*), полыни белой (*Artemisia lerceana*) с эбелеком (*Ceratocarpus arenarius*) и тырсой (*Stipa capillata*). Тестовый участок представляет собой сельскохозяйственные угодья, используемые в качестве пастбищ. На территории полигона в 80 годах XX века была проведена фитомелиорация посадками терескена серого (*Krascheninnikovia ceratoides*) [9, 17].

Материалы и методы. Современное состояние земель сельскохозяйственного назначения на полигоне «Черные Земли» оценивалось по результатам дешифрирования космических снимков [5, 7, 16]. При этом оценка осуществлялась по распределению тона пикселей на изображении с использованием результатов полевого фотоэталонирования компонентов ландшафтов [10, 11, 15]. Состояние угодий определялось с учетом результатов дешифрирования контуров при использовании программного комплекса ENVI 5.2. Координаты центра полигона 46° 55' с.ш., 44° 44' в.д. В таблице 1 приведены основные характеристики полигона.

Таблица 1 – Основные характеристики тестового полигона «Черные Земли»

Table 1 – Main characteristics of the test site «Chernie zemli»

Наименование / Name	Черные Земли / Chernie zemli
Тип участка / Type	полигон/poligon
Площадь, га / Area, ha	9209,3
Периметр, м / Perimeter, m	41066,8
Экспозиция, румб (°) / Exposure, rumb (°)	Е (88°)
Средняя высота над у.м., м / Average height above sea level, m	-17,7
Средняя крутизна склона, ° / Average slope steepness, °	1,5
Максимальная высота над у.м., м / Maximum height above sea level, m	-6,0
Максимальная крутизна склона, ° / Maximum slope steepness, °	12,1
Минимальная высота над у.м., м / Minimum height above y, m, m	-27,0
Стандартное отклонение высоты, м / Standard deviation of height, m	1,6
Стандартное отклонение крутизны склона, ° / Standard deviation of slope steepness, °	0,7

Для геоинформационной оценки [9] полигона «Черный Земли» была составлена космокарта на основе космоснимка сверхвысокого разрешения спутника Wold View 3 (рисунок 1). На рисунке 2 представлена карта фитомелиорации территории при помощи терескена серого и поля первичной (ранней) фитомелиорации.

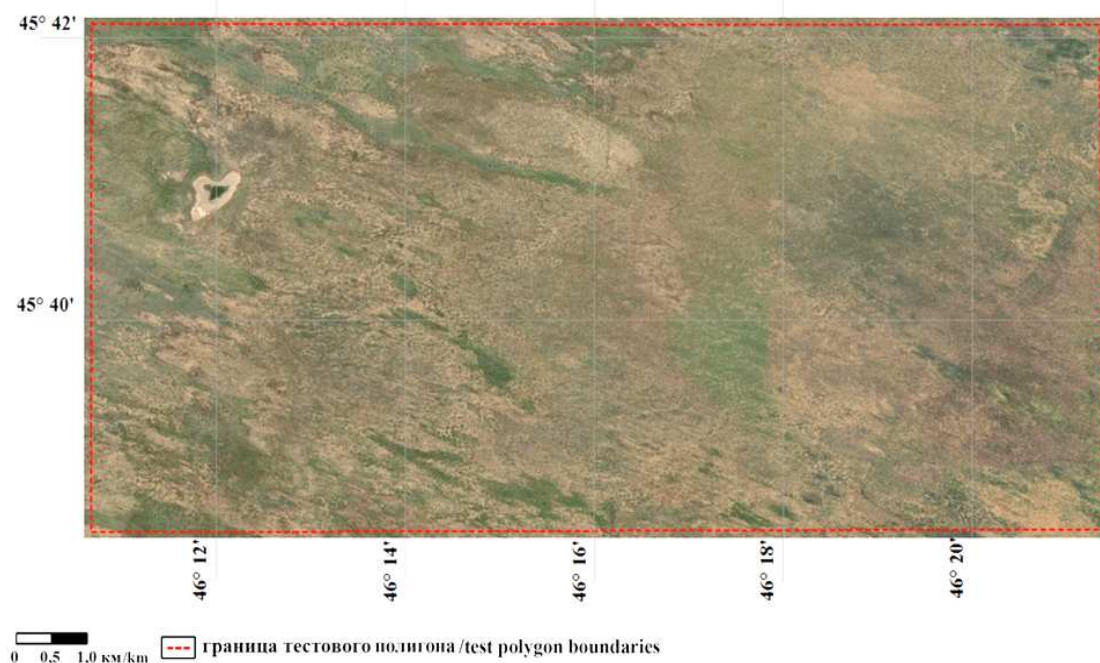


Рисунок 1 – Космокарта тестового полигона «Черные Земли»

Figure 1 – Space map of the test site «Chernie zemli»

Характеристики приведены в таблице 2. Установлено, что из 9209,3 га площади полигона мелиорировано 6802,2 га, то есть 74 % территории. При проведении исследований выявлен очаг пожара, практически полностью уничтоживший посадки терескена на полигоне.

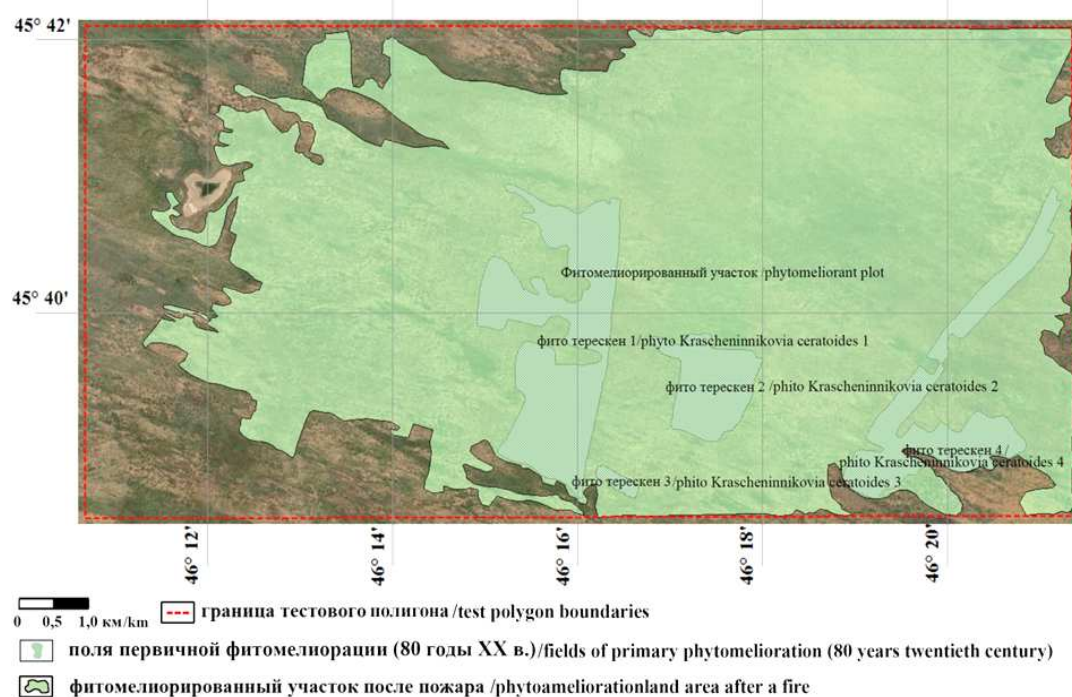


Рисунок 2 – Космокарта фитомелиорации тестового полигона «Черные Земли»

Figure 2 – Space map of phytomelioration of the test site «Chernye Zemli»

Таблица 2 – Характеристики фитомелиорированных площадей
на территории тестового полигона «Черные Земли»

Table 2 – Characteristics of phytomeliorated areas on the territory
of the test site «Chernie zemli»

Наименование участка / Name	Площадь, га / Area, ha	Периметр, м / Perimeter, m
Терескен 1	418,6	18495,8
Терескен 2	134,5	5606,6
Терескен 3	12,1	1688,4
Терескен 4	252,5	17123,4
Фитомелиорация полигона	6802,2	74698,6

На рисунке 3 приведена разработанная карта размещения почвенных контуров на территории тестового полигона «Черные Земли». В таблице 3 показаны результаты геоинформационного анализа пространственных характеристик почвенных контуров.

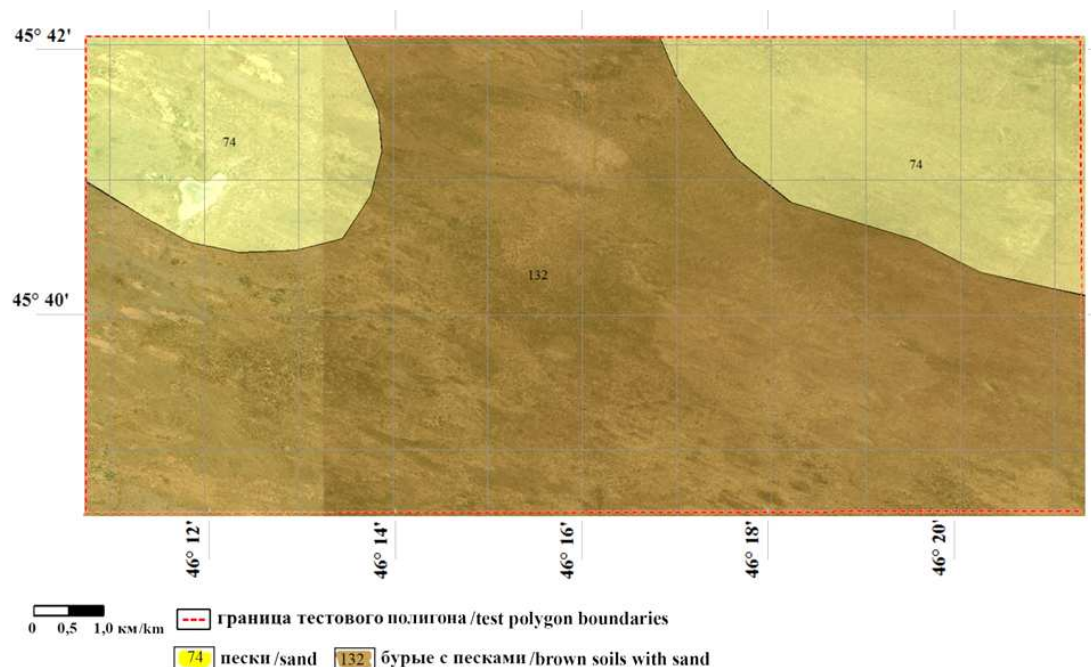


Рисунок 3 – Карта почвенных контуров тестового полигона «Черные Земли»

Figure 3 – Map of soil contours of the test site «Chernye Zemli»

Таблица 3 – Характеристики почвенных контуров тестового полигона «Черные Земли»

Table 3 – Characteristics of soil contours of the test site «Chernye Zemli»

Контур / Polygon	Тип почвы / Soil type	Площадь, га / Area, ha	Периметр, м / Perimeter, m
132	Бурые с песками (132)/ brown soils with sand	6656,3	40 184,0
74_1	Пески (74)/Sand	1082,4	12 557,4
74_2	Пески (74)/Sand	1476,5	16 817,1

Почва на полигоне представлена массивом бурых почв с песками (72 % площади полигона) и песчаными массивами (28 %). Геоморфологические характеристики тестового полигона «Черные Земли» определены по результатам анализа цифровой модели

местности SRTM 3. Характеристики рельефа приведены по линии профиля (рисунок 4.60, 4. 61): Начало профиля: 45° 40' 05" С.Ш., 46° 10' 55" В.Д. Высота над у.м. в начале профиля, м: -18,8; Конец профиля: 45° 40' 06" С.Ш., 46° 21' 17" В.Д.; Высота над у.м. в конце профиля, м: -17,5; Длина профиля, м: 13453; Разность высот, м: 1,3; Максимальная высота по профилю, м: -11,5; Минимальная высота по профилю, м: -21,4; Азимут линии профиля: 89° 54'. Средняя крутизна склона, °: 0,01; Максимальная крутизна склона, °: 4,36 (500 м по профилю).

Рельеф мелкобугристый с закрепленными песками, высота бугров до 8 м, размер бугров в плане от 100 м до 1000 м, преобладают бугры с небольшими размерами в плане около 100-200 м.

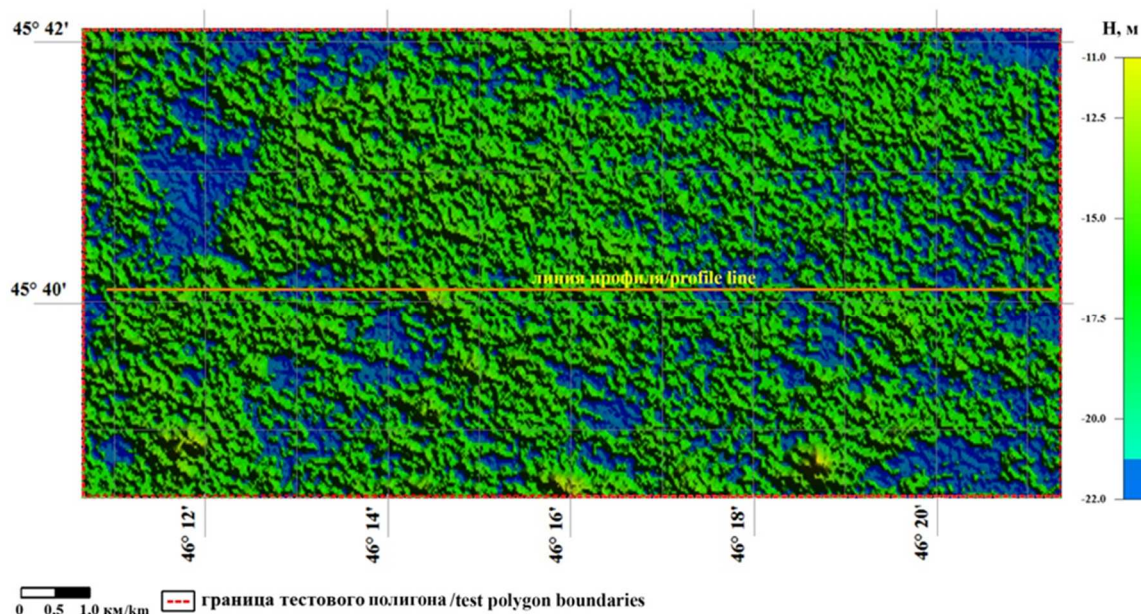


Рисунок 4 – Карта рельефа тестового полигона

Figure 4 – Test site relief map

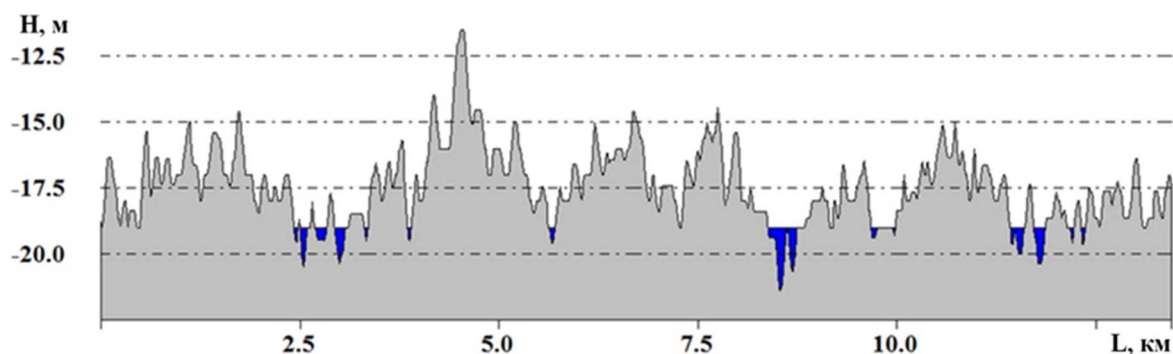


Рисунок 5 – Профиль рельефа тестового полигона

Figure 5 – Test site relief profile

Выводы. Таким образом, в результате исследований установлено, что почвенные условия на полигоне представлены малогумусированными, маломощными бурыми почвами в комплексе с песками (72 % площади полигона) и песчаными массивами (28 %). Есте-

ственные растительные ассоциации ковыля сарептского (*Stipa sareptana*), типчака (*Festuca valesiaca*), житняка (*Agropyron pectinatum*), полыни белой (*Artemisia lercheana*), эбелека (*Ceratocarpus arenarius*) и тырсы (*Stipa capillata*) на песках имеют проективное покрытие от 5 до 10 %. На бурых почвах свыше 25 %. Фитомелирация, проведенная около 40 лет назад посадками терескена серого (*Krascheninnikovia ceratoides*), позволила остановить негативные процессы опустынивания, а терескен серый показал себя эффективным фитомелиорантом. Негативным фактором воздействия на растительную экосистему явилось воздействие степных пожаров, которые уничтожили надземные части растений в 2020 году на площади 6430 га, что составляет практически 70 % площади тестового полигона.

Библиографический список

1. Бананова В. А., Лазарева В. Г., Сератирова В. В. Природное районирование северо-западного Прикаспия при современном хозяйственном использовании // Геология, география и глобальная энергия. 2011. № 3 (42). С. 223-232.
2. Бембеева О. Г., Джапова Р. Р. Залежи Сарпинской низменности. Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2013. 112 с.
3. Гавинова А. Н., Джапова Р. Р. Флора и растительность автоморфных солонцов сарпинской низменности на территории Калмыки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 5. С. 102-106.
4. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия / К. Н. Кулик [и др.] // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2. С. 16-24.
5. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий Юга России / В. В. Новочадов, А. С. Рулев, В. Г. Юферев, Е. А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (54). С. 151-158.
6. К 30-летию «Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ» / К. Н. Кулик [и др.] // Аридные экосистемы. 2018. №1. С. 5-12.
7. Пыльные бури на юге европейской части России в сентябре-октябре 2020 года / С. С. Шинкаренко [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 296-301.
8. Рулев А. С., Юферев В. Г. Прогнозирование изменений состояния ландшафтов в переходных природных зонах // Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып. 67. "Природные и антропогенные изменения аридных экосистем и борьба с опустыниванием". Махачкала: Институт геологии ДНЦ РАН. "АЛЕФ", 2016. С. 234-238.
9. Рулев А. С., Юферев В. Г. Математико-картографическое моделирование экотонных агроландшафтных структур // Москва. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 1. С. 18-20.
10. Сафронова И. Н., Степанова Н. Ю. Современный растительный покров Прикаспийской низменности на юго-востоке Европейской части России // Поволжский экологический журнал. 2018. № 1. С. 76-86.
11. Шинкаренко С. С. Пожарный режим ландшафтов Северного Прикаспия по данным очагов активного горения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 1. С. 121-133.
12. Шинкаренко С. С. Пространственно-временная динамика опустынивания на Черных землях // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 6. С. 155-168.
13. Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Последствия пыльных бурь на юге европейской части России в сентябре – октябре 2020 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 7. С. 250-255.
14. Application of Remote Sensing Techniques to Discriminate the Effect of Different Soil Management Treatments over Rainfed Vineyards in Chianti Terroir / Puig Sirera À [et al.] // Remote Sensing. 2021. V. 13(4):716. P. 1-25. <https://doi.org/10.3390/rs13040716>.

15. Canopy Top, Height and Photosynthetic Pigment Estimation Using Parrot Sequoia Multi-spectral Imagery and the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) / V. Kopačková-Strnadová [et al.] // Remote Sensing. 2021. V. 13(4):705. P. 1-27. <https://doi.org/10.3390/rs13040705>.
16. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev [et al.] // Journal of Forest Science. 2019. № 65. P. 195-202.
17. Geoinformational analysis of desertification of the northwestern Caspian / K. N. Kulik [et al.] // Arid Ecosystems. 2020. V. 10. № 2. P. 98-100.
18. Hao P., Löw F., Biradar C. Annual Cropland Mapping Using Reference Landsat Time Series-A Case Study in Central Asia // Remote Sensing. 2018. № 10(12):2057. P. 1-12. <https://doi.org/10.3390/rs10122057>.

Conclusion. Thus, as a result of the research, it was established that the soil conditions at the polygon are represented by low-humus, shallow brown soils in combination with sands (72 % of the landfill area) and sandy massifs (28 %). Natural plant associations of Sarepta feather grass (*Stipa sareptana*), fescue (*Festuca valesiaca*), wheatgrass (*Agropyron pectinatum*), white wormwood (*Artemisia lercheana*), ebelek (*Ceratocarpus arenarius*) and tyrsa (*Stipa capillata*) have a projective cover from 5 to 10% ... On brown soils over 25%. The phytomeliation carried out about 40 years ago by planting gray teresken (*Krascheninnikovia ceratoides*) made it possible to stop the negative processes of desertification, and gray teresken proved to be an effective phytomeliator. A negative factor of impact on the plant ecosystem was the impact of steppe fires, which destroyed the aboveground parts of plants in 2020 on an area of 6430 hectares, which is almost 70% of the area of the test site.

References

1. Bananova V. A., Lazareva V. G., Seratirova V. V. Prirodnoe rajonirovanie severo-zapadnogo Prikaspiya pri sovremennom hozyajstvennom ispol'zovanii // Geologiya, geografiya i global'naya jenergiya. 2011. № 3 (42). P. 223-232.
2. Bembeeva O. G., Dzhapova R. R. Zalezhi Sarpinskoj nizmennosti. }lista: Izd-vo Kalm. un-ta, 2013. 112 p.
3. Gavinova A. N., Dzhapova R. R. Flora i rastitel'nost' avtomorfnyh soloncov sarpinskoj nizmennosti na territorii Kalmyki // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2015. T. 17. № 5. P. 102-106.
4. Geoinformacionnyj analiz opustynivaniya Severo-Zapadnogo Prikaspiya / K. N. Kulik [i dr.] // Aridnye jekosistemy. 2020. T. 26. № 2. P. 16-24.
5. Distancionnye issledovaniya i kartografirovaniye sostoyaniya antropogennotransformirovannyh territorij Yuga Rossii / V. V. Novochadov, A. S. Rulev, V. G. Yuferev, E. A. Ivancova // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee profession-al'noe obrazovanie. 2019. № 1 (54). P. 151-158.
6. K 30-letiyu "General'noj sxemy po bor'be s opustynivaniem Chernyh zemel' i Kizlyarskih pastbish" / K. N. Kulik [i dr.] // Aridnye jekosistemy. 2018. №1. P. 5-12.
7. Pyl'nye buri na yuge evropejskoj chasti Rossii v sentyabre-oktyabre 2020 goda / S. S. Shinkarenko [i dr.] // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2020. T. 17. № 5. P. 296-301.
8. Rulev A. S., Yuferev V. G. Prognozirovaniye izmenenij sostoyaniya landshaftov v perehodnyh prirodnyh zonah // Trudy instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra RAN. Vol. 67. "Prirodnye i antropogennye izmeneniya aridnyh jekosistem i bor'ba s opustynivaniem". Mahachkala: Institut geologii DNC RAN. "ALEF", 2016. P. 234-238.
9. Rulev A. S., Yuferev V. G. Matematiko-kartograficheskoe modelirovaniye jeko-tonnyh agrolandshaftnyh struktur // Moskva. Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2017. № 1. P. 18-20.
10. Safronova I. N., Stepanova N. Yu. Sovremennyy rastitel'nyj pokrov Prikaspijskoj nizmennosti na yugo-vostoke Evropejskoj chasti Rossii // Povolzhskij jekologicheskij zhurnal. 2018. № 1. P. 76-86.

11. Shinkarenko S. S. Pozharnyj rezhim landshaftov Severnogo Prikaspiya po dannym ochagov aktivnogo goreniya // *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2019. T. 16. № 1. P. 121-133.

12. Shinkarenko S. S. Prostranstvenno-vremennaya dinamika opustynivaniya na Chernyh zemlyah // *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2019. T. 16. № 6. P. 155-168.

13. Shinkarenko S. S., Bartalev S. A. Posledstviya pyl'nyh bur' na yuge evropejskoj chasti Rossii v sentyabre - oktyabre 2020 g. // *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2020. T. 17. № 7. P. 250-255.

14. Application of Remote Sensing Techniques to Discriminate the Effect of Different Soil Management Treatments over Rainfed Vineyards in Chianti Terroir / Puig Sirera À [et al.] // *Remote Sensing*. 2021. V. 13(4):716. P. 1-25. <https://doi.org/10.3390/rs13040716>.

15. Canopy Top, Height and Photosynthetic Pigment Estimation Using Parrot Sequoia Multi-spectral Imagery and the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) / V. Kopačková-Strnadová [et al.] // *Remote Sensing*. 2021. V. 13(4):705. P. 1-27. <https://doi.org/10.3390/rs13040705>.

16. Degradation of landscapes in the South of the Privolzhsky Upland / V. G. Yuferev [et al.] // *Journal of Forest Science*. 2019. № 65. P. 195-202.

17. Geoinformational analysis of desertification of the northwestern Caspian / K. N. Kulik [et al.] // *Arid Ecosystems*. 2020. V. 10. № 2. P. 98-100.

18. Hao P., Löw F., Biradar C. Annual Cropland Mapping Using Reference Landsat Time Series-A Case Study in Central Asia // *Remote Sensing*. 2018. № 10(12):2057. P. 1-12. <https://doi.org/10.3390/rs10122057>.

Authors Information

Komarova Irina Anatolyevna, postgraduate student of the Department of Ecology and Environmental Management, Volgograd State University (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 100), tel. 8 (8442) 46-16-39, e-mail: komarova@volsu.ru.

Elena Anatolyevna Ivantsova, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University (RF, 400062, Volgograd, Universitetskiy Ave., 100), Doctor of Agricultural Sciences, tel. 8 (8442) 46-16-39, e-mail: ivantsova@volsu.ru.

Информация об авторах

Комарова Ирина Анатольевна, аспирант кафедры экологии и природопользования Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100), тел. 8 (8442) 46-16-39, e-mail: komarova@volsu.ru.

Иванцова Елена Анатольевна, директор Института естественных наук Волгоградского государственного университета (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 100), доктор сельскохозяйственных наук, тел. 8 (8442) 46-16-39, e-mail: ivantsova@volsu.ru.

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. АГРОНОМИЯ /
AGRICULTURAL SCIENCES. AGRONOMY

Бородычев В. В., Власенко М. В., Кулик А. К. Сезонные изменения кормовой продуктивности аридных пастбищ Borodychev V.V., Vlasenko M.V., Kulik A.K. Seasonal changes in fodder productivity of arid pastures	14
Кулик К.Н., Исаков А.С., Новочадов В.В. Новые возможности анализа листовых пластинок деревьев-биоиндикаторов в оценке состояния окружающей среды в условиях аридной зоны Kulik K.N., Isakov A.S., Novochadov V.V. Leaf blades of bioindicator trees: new possibilities for analysis in the assessment of the environmental state in the conditions of the arid zone	25
Балашов В.В., Балашов А.В., Малахова А.А., Балашов В.А. Особенности роста и развития сортов нута волгоградской селекции на каштановых почвах Волгоградской области Balashov A.V., Balashov V.V., Malakhova A.A., Balashov V.A. Features of growth and development of chickpea varieties of Volgograd breeding on chestnut soils of Volgograd region	36
Беляков А. М., Назарова М. В. Агроэкологическая оценка сбалансированности систем земледелия в зонах недостаточного увлажнения Belyakov A.M., Nazarova M.V. Agroecological assessment of the agricultural systems balance in areas of insufficient humidification	45
Зеленев А. В., Сухарева Е. П. Оценка эффективности сортов озимой мягкой пшеницы в условиях сухостепной зоны каштановых почв Волгоградской области Zelenev A. V., Sukhareva E. P. Evaluation of the effectiveness of winter soft wheat varieties in the conditions of the dry-steppe zone of chestnut soils of the Volgograd region	53
Калмыкова Е.В., Петров Н. Ю., Калмыкова О. В. Повышение адаптивности растений томата к абиотическим факторам стресса при применении Kalmykova E.V., Petrov N.Yu., Kalmykova O.V. Increasing the adaptivity of tomato plants to abiotic stress factors in the application of growth regulators	63
Медведев Г.А., Екатериничева Н.Г., Ткаченко А.В. Влияние приемов агротехники на урожайность подсолнечника в подзоне южных черноземов Волгоградской области Medvedev G. A., Ekaterinicheva N. G., Tkachenko A.V. Influence of agricultural techniques on sunflower yield in the subzone of southern chernozems of the Volgograd region	73
Мушинский А.А., Фомин С.Д., Тихонова М.А., Аминова Е.В. Эффективность применения лигногуматов на ризогенез одревесневших черенков <i>Vitis L.</i> Mushinskiy A.A., Fomin S.D., Tikhonova M.A., Aminova E.V. The effectiveness of lignohumates on the rhizogenesis of lignified cuttings of <i>Vitis L.</i>	82

Синицына Е. В., Абасов М.М., Атанов Н.М., Федосеев Н.З., Лобур А. Ю. Оценка эффективности новой препаративной формы синтетического аттрактанта <i>Halyomorpha Halys</i> Sinitsyna E.V., Abasov M.M., Atanov N.M., Fedoseev N.Z., Lobur A.Yu. Evaluation of the effectiveness with a new preparative form of synthetic attractant <i>Halyomorpha</i> <i>halys</i>	90
Солонкин А. В., Никольская О. А., Киктева Е. Н. Выделение исходных форм при изучении самоплодности нижеволжских сортов груши Solonkin A.V., Nikolskaya O.A., Kikteva E.N. Isolation of the original forms in the study of self-fertility of the Lower Volga pear varieties	103
Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н., Костыренко О. В., Петров Е. Н. Использо- вание ростостимулирующих препаратов при возделывании лука репчатого и столовой свеклы в условиях капельного орошения Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N., Kostenko O. V., Petrov E. N. Use of growth-stimulating drugs in the cultivation of onion and table beet in the conditions of drip irrigation	113
Адьяев С.Б., Гольдварг Б.А. Основные направления создания кормовой базы в засушливых условиях Калмыкии Adyaev S.B., Goldvarg B.A. The main directions of creating a forage base in arid conditions of Kalmykia	123
Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подопригоров Ю. Н. Исследование адаптивного потенциала кормовых кустарников для создания зоомелиоративных насаждений в полупустынных пастбищных экосистемах Bulakhtina G.K., Kudryashova N.I., Podoprigrorov Y.N. The study of the adaptive potential of fodder shrubs for creating of zoomeliorative plants in semi-desert pasture ecosystems	135
Комарова О. П. Основные принципы экологической защиты растений в орошаемых агроландшафтах Komarova O. P. Basic principles of ecological protection of plants in irrigated agrolandscapes	144
Кудряшова Н. И., Булахтина Г. К., Кудряшов А. В. Многолетние бобово- злаковые травосмеси как предшественники для ярового ячменя Kudryashova N.I., Bulakhtina G.K., Kudryashov A.V. Perennial legume-grass mixtures as precursors for spring barley	152
Лихоманова М.А., Соловьева О.А. Влияние способов полива на эффективность возделывания овощных культур Likhomanova, M. A., Solovyova, O. A. Influence of irrigation methods on efficiency of cul-tivation of vegetable crops	161
Подковыров И.Ю., Ермак Д.Ю. Приемы формирования качества семян хлопчатника при выращивании на светло-каштановых почвах Волгоградской области Podkovyrov I. Y., Ermak, D. Yu. Methods of forming the quality of cotton seeds when growing on light chestnut soils of the Volgograd region	174

Турко С. Ю., Трубакова К. Ю., Воронина В. П. Влияние процесса инсоляции на биопродуктивность сеяных фитоценозов в условиях Волгоградской области Turko S. Yu., Trubakova K. Yu., Voronina V.P. The influence of the insolation process on the bioproductivity of seed phytocenoses in the conditions of the Volgograd region	182
Полухина Е. В., Власенко М. В. Водопотребление столовых сортов винограда в зависимости от некорневого питания в условиях Северо-Западного Прикаспия Polukhina E.V., Vlasenko M.V. Water consumption of table varieties of grapes depending on root food in the conditions of the North-Western Caspian region	191
Силова В. А. Анализ геоморфологических особенностей агроландшафтов Среднего Дона Silova V. A. Analysis of geomorphological features of agricultural landscapes of the Middle Don	203
Лаптина Ю.А., Куликова Н.А. Приемы повышения продуктивности суданской травы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья Laptina Y. A., Kulikova N. A. Techniques for increasing the productivity of Sudan grass in the dry-steppe zone of the Lower Volga region	211
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ. ВЕТЕРИНАРИЯ И ЗООТЕХНИЯ / AGRICULTURAL SCIENCES. VETERINARY AND ZOOTECHNICS	
Варакин А. Т., Ряднов А. А., Степурина М. А., Ицкович А. Ю., Корнилова В. А., Воронцова Е. С. Влияние новой кормовой добавки на продуктивность и физиологические показатели молочных коров Varakin A. T., Ryadnov A. A., Stepurina M. A., Itskovich A. Yu., Kornilova V. A., Vorontsova E. S. Influence of a new feed additive on productivity and physiological indicators of dairy cows	222
Чабаев М.Г., Цис Е.Ю., Некрасов Р.В., Кареткин Б.А., Терешкова Е.А., Мягких Ф.Ф. Влияние бифидосодержащей кормовой пробиотической добавки «Бэмби» на продуктивность, сохранность и показатели здоровья молодняка крупного рогатого скота Chabaev M.G., Tsis E.Y., Nekrasov R.V., Karetkin B. A., Tereshkova E.A., Myagkikh F. F. Influence of bifid-containing feed probiotic supplement «Bamby» on productivity, safety and health indicators of young cattle	231
Чамурлиев Н.Г., Шперов А.С., Зыкова А.А., Шенгелия И.С. Клинико-морфологические показатели коз зааненской и англо-нубийской пород при их адаптации к условиям Нижнего Поволжья Chamurliiev N. G., Shperov A. S., Zyкова A. A., Shengelia I. S. Clinical and morphological indicators of Saanen and Anglo-Nubian goats during their adaptation to the conditions of the Lower Volga region	241
Кочарян В.Д., Авдеенко В.С., Баканова К.А., Кочарян О.К. Метаболический стресс у нетелей при развитии субклинической эклампсии Kocharyan V.D., Avdeenko V.S., Bakanova K.A., Kocharyan O.K. Metabolic stress in heifers during the development of subclinical eclampsia	251
Тулинова О. В., Позовникова М. В., Сермягин А. А., Васильева Е. Н. Внутрипородные типы айрширского скота России Tulinova O.V., Pozovnikova M.V., Sermyagin A.A., Vasilyeva E.N. Indreed types of Airshire cattle of Russia	260

- Чучунов В. А., Радзиевский Е. Б., Злепкин В. А., Конобле Т. В., Радзиевская Ю. В.** Мероприятия по профилактике и лечению медоносных пчел при варроатозе в органическом животноводстве
Chuchunov V. A., Radzievsky E. B., Zlepkin V. A., Konobley T. V., Radzievsky Yu. V. Measures for the prevention and treatment of honeybees in varroatosis in organic animal husbandry 278

- Макарова А.В., Вахрамеев А.Б.** Экстерьерные особенности цыплят популяции опытная цс в группах с разной живой массой
Makarova A.V., Vakhrameev A.B. Peculiarities of chicken population «Experimental CS» in groups with different live weight 287

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. АГРОИНЖЕНЕРИЯ/
TECHNICAL SCIENCES. AGRO-ENGINEERING**

- Борычев С. Н., Лимаренко Н. В., Ракул Е. А., Успенский И. А., Юхин И. А., Хохлова К. В.** Использование нечёткого моделирования при оценке интенсивности технологий утилизации органических отходов
Borychev S.N., Limarenko N.V., Rakul E.A., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Khokhlova K.V. The use of fuzzy modeling in assessing the intensity of technologies for the disposal of organic waste 298

- Гапич Д. С., Моторин В. А. Олейников Р. Н.** Износ лемехов, изготовленных по литейной технологии
Gapich D. S., Motorin V. A., Oleinikov R. N. The wear of ploughshares made by foundry technologies 316

- Неверов Е. Н., Короткий И. А., Лифенцева Л. В., Расщепкин А. Н.** Исследование режимов замораживания растительной продукции диоксидом углерода
Neverov E. N., Korotkiy I. A., Lifentseva L. V., Rasshchepkin A. N. Study of freezing modes plant products carbon dioxide 326

- Новиков А.Е., Филимонов М.И., Дугин Е.А., Тронеv С.В.** Разработка и моделирование работы двухъярусного отстойника для очистки городских сточных вод
Novikov A.E., Filimonov M.I., Dugin E.A., Tronev S.V. Development and simulation of the operation of a two-stage sedimentation for treatment of urban waste water 337

- Рогачев А. Ф.** Формирование и анализ многолетних рядов урожайности зерновых для нейросетевого прогнозирования и обоснования агротехнологических мероприятий
Rogachev A. F. Adaptation of algorithms and justification of tools for neural network forecasting of agricultural productivity using retrospective data 347

- Ряднов А. И., Федорова О. А., Бариль В. А.** К обоснованию некоторых конструктивных и режимных параметров режущего аппарата жатки с бесконечным контуром
Ryadnov A.I., Fedorova O. A., Baril V. A. To the justification of some constructive and mode parameters of the cutting device of the header with endless circuit 357

Соловьев Д. А., Камышова Г.Н., Колганов Д. А., Терехова Н.Н. Цифровые технологии и интеллектуальные системы управления оросительным комплексом с учетом фактических влагозапасов Solovyev D.A., Kamyshova G.N., Kolganov D.A., Terekhova N.N. Digital technologies and intelligent control systems of the irrigation complex taking into account the actual moisture reserves	368
Цепляев А. Н., Цепляев В. А., Магомедов А. М. Разработка и исследование секции сеялки для посева семян овощных и бахчевых культур одновременно с гидрогелем Tseplyaev A. N., Tseplyaev V. A., Magomedov A.M. Development and research of a section of a seed drill for sowing seeds of vegetable and melon crops simultaneously with hydrogel	379
Межевова А.С., Новиков А.Е. Состав, структура и морфология осадка сточных вод Mezhevova A.S., Novikov A.E. Composition, structure and morphology of sewage sludge	389
Моторин В.А., Гапич Д.С., Олейников Р.Н. Оценка износостойкости лемехов с наплавкой легирующего слоя по контрольным сечениям Motorin V. A., Gapich D.S., Oleinikov R.N. Evaluation of wear resistance of plough-shares with surface of the alloying layer on the control sections	398
Мещерякова Е.Г., Бочарников В.С., Мещеряков М.П., Бочарникова О.В. Оценка результатов ремедиационных исследований техногенно нарушенных земель Meshcheryakova E. G., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P., Bocharnikova O. V. Evaluation of the results of studies of anthropogenic remediation of disturbed lands	410
Ширяев В.Н., Уржумова Ю.С., Тарасьянц С.А. Расчет увеличения энергии и кавитационного запаса насосного оборудования на всасывающем трубопроводе Shiryaev V.N., Urzhumova Y.S., Tarasyants S.A. Calculation of energy increase and cavitation stock of pumping equipment at the suction pipe	420
Николаев М.Е. Обоснование параметров клещевого захвата погрузочно-транспортного агрегата Nikolaev M. E. Substantiation of the parameters of the pincer grip of the loading and transport unit	431
Ряднов А. И., Федорова О. А., Шарипов Р. В., Бариль В. А. Повышение производительности соргоуборочного комбайна за счет применения усовершенствованного режущего аппарата жатки Ryadnov A.I., Fedorova O. A., Sharipov R.V., Baril V. A. Improving the productivity of the sorghum harvester due to the use of improved cutting device header	441
Комарова И.А. Иванцова Е.А. Геоинформационная оценка агроландшафтов на тестовом полигоне «Черные земли» Komarova I.A., Ivantsova E.A. Geoinformation assessment of agro-landscapes at the test range «Black Lands»	452
Содержание	461

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2021

**Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности,
объективности и беспристрастности**

Содержание статьи должно соответствовать одному из следующих отраслей науки и групп специальностей:

Технические науки Сельскохозяйственные науки

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

1. Технический анализ рукописи осуществляется ответственным секретарем журнала, согласно требованиям для авторов, в трехдневный срок после представления рукописи в электронной форме (izvestiya-volgau@mail.ru) и передается на проверку отсутствия неправомерных заимствований, определения объема оригинальности авторского текста в Центр наукометрического анализа международных систем индексирования (НАМСИ) (izvestplag@mail.ru).

2. Проверка ссылок на использованные источники, определение степени заимствования, объема **оригинальности** авторского текста осуществляется в трехдневный срок **по всем коллекциям** в системе Antiplagiat.ru. Допустимый объем цитирований (корректного правомерного заимствования) – не более 30 % от общего объема статьи (неправомерные заимствования не допускаются!) в соответствии с COPE.

3. Передача на рецензирование осуществляется зам. главного редактора после технического анализа и проверки оригинальности авторского текста, в течение трех дней. Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Рецензирование статьи производится **независимыми экспертами** журнала (не менее 2) в течение не более 30 дней с момента получения рукописи. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензии хранятся в издательстве и в редакции издания в течение 5 лет. При наличии существенных замечаний рукопись возвращается авторам с письменным перечислением замечаний, требующих устранения. В журнале используется двухстороннее слепое рецензирование (double-blind reviewing): рецензент и автор не знают имён друг друга.

4. Повторное рецензирование осуществляется после представления варианта статьи, с устраненными замечаниями, в течение не более 30 дней. При трехкратном повторном возврате рукописи с замечаниями рецензента вопрос о ее принятии или отклонении решается на заседании редакционной коллегии.

5. Решение о публикации принимается в соответствии с Уставом редакции главным редактором на основе научных рецензий и мнения членов редколлегии. При принятии решения о публикации главный редактор руководствуется достоверностью представления данных и научной значимостью рассматриваемой работы.

6. В случае принятия решения о публикации в течение трех дней рукопись статьи передается профессиональному переводчику для корректуры и редактирования англоязычной части статьи, который осуществляется два дня.

7. Рецензии предоставляются авторам рукописей и по запросам экспертных советов в ВАК. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ. Рукописи возврату не подлежат.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Оформление статьи должно соответствовать Межгосударственным и национальным стандартам Российской Федерации по издательскому делу.

Статья представляется в редакционно-издательский центр в печатном виде (на листах формата А4) в 2-х экземплярах с приложением электронной версии (в формате Word Windows), полностью совпадающим с бумажным вариантом. Статья должна иметь УДК (можно определить на сайте <http://teacode.com/online/udc/>). Количество авторов – не более четырех.

Статья набирается в текстовом процессоре Microsoft Word со следующими установками: поля страницы сверху, снизу – 2,4 см; слева, справа – 2,8 см. Стиль обычный. Шрифт – Times New Roman, размер шрифта 12. Межстрочный интервал для текста – одинарный, для таблиц – одинарный, режим выравнивания – по ширине, расстановка переносов – автоматическая. Абзацный отступ должен быть одинаковым по тексту – 1,27 см.

Рисунки, схемы, фотографии представляются в формате PDF, JPEG, TIFF с разрешением не ниже 300 dpi (сканировать таблицы, схемы, рисунки не допускается).

В статье помещаются: УДК, название статьи, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание автора (ов), аннотация, ключевые слова.

В статье следует четко выделять следующие составные части: **1 Введение (Introduction), 2 Материалы и методы (Materials and Methods), 3 Результаты (Results), 4 Обсуждение (Discussion), 5 Заключение (Conclusions), 6 Библиографический список (References)**

Особое внимание следует уделить *полноте пристатейного библиографического списка* (не менее **12-15** источников, в том числе отражающих зарубежные исследования). При этом необходимо избегать **недобросовестного цитирования** (необоснованного «накручивания» цитат, а также самоцитирования), **некорректного цитирования** (неоправданного содержанием цитируемых статей). *Цитирование должно быть максимальным, но обоснованным. Недостаточное или избыточное цитирование снижает рейтинг журнала.*

В конце работы ставятся дата и подпись автора (авторов); приводятся сведения об авторе (авторах): место работы, факультет, кафедра, (отдел, научное подразделение), ученое звание, ORCID, контактные телефоны, почтовый и электронный адрес.

Авторы должны раскрывать в своей рукописи любой финансовый или какой-либо другой существенный конфликт интересов, который мог бы быть истолкованным как влияющий на результаты оценки их рукописи. Все источники финансовой поддержки должны быть раскрыты.

Рекомендованный объем статьи (вместе с переводом аннотации и библиографического списка) **10-12** стр.

ОФОРМЛЕНИЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

Библиографические ссылки на список литературы должны быть оформлены с указанием в строке текста в квадратных скобках цифрового порядкового номера. В случае ссылки на точную цитату – необходимо дополнительно указать через запятую номера соответствующих страниц, например [7, с. 36].

Список литературы нумеруется в порядке упоминания в тексте, он должен быть оформлен согласно Национальному стандарту на библиографическое описание – **ГОСТ Р 7.0.100–2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»**, ГОСТ Р 7.0.5. – 2008 "Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления" с указанием обязательных сведений библиографического описания.

RULES OF DIRECTION, REVIEW AND PUBLICATION OF SCIENTIFIC ARTICLES 2021

The editorial staff of the journal in its activities is guided by the principles of science, objectivity and impartiality

The content of the article should correspond to one of the following branches of science and groups of specialties:

Technical sciences Agricultural sciences

☐ 05.20.00 Processes and machines of agroengineering systems

☐ 06.01.00 Agronomy

☐ 06.02.00 Veterinary and Zootechnics

1. Technical analysis of the manuscript is carried out by the executive secretary of the journal, according to the requirements for the authors, within three days after the submission of the manuscript in electronic form (izvestiya-volgau@mail.ru) and is sent for verification of the absence of illegal borrowing, to determine the originality of the author's text to the Center for Scientometric Analysis International Indexing Systems (NAMSIS) (izvestplag@mail.ru).

2. Checking links to sources used, determining the degree of borrowing, the volume of originality of the author's text is carried out within three days for all collections in the Antiplagiat.ru system. The permissible volume of citations (correct legitimate borrowing) is no more than 30% of the total volume of the article (illegal borrowing is not allowed!) In accordance with COPE.

3. Submission for review is carried out by the deputy. after three days of technical analysis and verification of the originality of the author's text. The publication reviews all incoming materials that correspond to its subject with the purpose of their expert evaluation. Reviewing the article is carried out by independent experts of the journal (at least 2) within no more than 30 days from the date of receipt of the manuscript. All reviewers are recognized experts on the subject of peer-reviewed materials and have published over the past 3 years on the subject of a peer-reviewed article. Reviews are kept in the publishing house and in the editorial office of the publication for 5 years. If there are significant comments, the manuscript is returned to the authors with a written list of comments requiring elimination. The journal uses double-blind reviewing: the reviewer and the author do not know each other's names.

5. Repeated reviewing is carried out after the submission of a variant of the article, with the comments removed, for no more than 30 days. If the manuscript is returned three times with the comments of the reviewer, the question of its acceptance or rejection is decided at a meeting of the editorial board.

6. The decision to publish is made in accordance with the Editorial Charter by the editor-in-chief on the basis of scientific reviews and opinions of members of the editorial board. When deciding on publication, the editor-in-chief is guided by the reliability of the data presentation and the scientific significance of the work under consideration.

7. If a decision is made to publish within three days, the manuscript of the article is submitted to a professional translator for proofreading and editing the English part of the article, which takes two days.

8. Reviews are provided to the authors of manuscripts and at the request of expert advice at the Higher Attestation Commission. In the event of a refusal to publish an article, the editorial office sends a motivated refusal to the author. Manuscripts are non-refundable.

ARTICLE REQUIREMENTS

The paper should comply with the Interstate and National Publishing Standards of the Russian Federation.

The article is submitted to the publishing and publishing center in printed form (on A4 sheets) in 2 copies with an electronic version attached (in Word Windows format) that completely matches the paper version. The article should have UDC (can be determined on the website <http://teacode.com/online/udc/>). The number of authors is not more than four.

The article is typed in a Microsoft Word word processor with the following settings: page margins above, below - 2.4 cm; left, right - 2.8 cm. The style is normal. Font - Times New Roman, font size 12. Line spacing for text - single, for tables - single, alignment mode - width, hyphenation - automatic. The indent should be the same in the text - 1.27 cm.

Drawings, diagrams, photographs are presented in PDF, JPEG, TIFF format with a resolution of at least 300 dpi (scanning tables, diagrams, drawings is not allowed).

The article contains: UDC, title of the article, initials and surname of the author (s), academic degree, title of the author (s), abstract, keywords.

The following components should be clearly distinguished in the article: 1 Introduction, 2 Materials and Methods, 3 Results, 4 Discussion, 5 Conclusions, 6 References

Particular attention should be paid to the completeness of the bibliographic list (at least 12-15 sources, including those reflecting foreign studies). At the same time, it is necessary to avoid unscrupulous quoting (unreasonable "winding up" of quotes, as well as self-quoting), incorrect quoting (unjustified by the content of cited articles).

Quoting should be maximum, but reasonable. Inadequate or excessive citation reduces the rating of the journal.

At the end of the work, the date and signature of the author (s) are put; information about the author (s) is given: place of work, faculty, department, (department, scientific unit), academic rank, ORCID, contact numbers, postal and electronic address.

Authors should disclose in their manuscript any financial or any other significant conflict of interest that could be construed as affecting the results of the evaluation of their manuscript. All sources of financial support should be disclosed.

The recommended volume of the article (together with the translation of the abstract and bibliography) 10-12 pp.

REGISTRATION OF BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

Bibliographic references to the list of references should be made out with an indication in a line of text in square brackets of a digital serial number. In the case of a link to an exact quote - it is necessary to additionally indicate the numbers of the corresponding pages, for example [7, p. 36].

The list of references is numbered in the order of mention in the text, it should be made out in accordance with the National Standard for Bibliographic Description - GOST R 7.0.100–2018 "Bibliographic Record. Bibliographic description. General requirements and compilation rules", GOST R 7.0.5. - 2008 "Bibliographic reference. General requirements and rules for compilation" indicating mandatory information bibliographic description.

******* ИЗВЕСТИЯ *******

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

№ 1(61), 2021

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 1 (61), 2021**

Ответственный редактор *Т. В. Черкашина*

Технический редактор *Т. А. Ситникова*

Компьютерная верстка *А. В. Харлашина*

Перевод *Е. А. Сидоровой*

Свидетельство о регистрации: серия ПИ № ФС77-48601 выдано 14.02.2012

Федеральной службой по надзору в сфере в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Издается с 2006 г. Выходит 4 раза в год.

Подписной индекс ПИ573

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

Электронная почта *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Дата выхода 31.03.2021.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 145.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе Волгоградского ГАУ «Нива»
400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Цена свободная

* * *

Proceedings

**of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education № 1 (61), 2021**

Executive editor *T. V. Tcherkashina*

Technical editor *T. A. Sitnikova*

Desktop publishing *A. V. Kharlashin*

Translation *E. A. Sidorova*

Registration certificate: PI series No. FS77-48601 issued on 14.02.2012

Federal Service for Supervision of Communications,
information technology and mass communications

Published since 2006 Published 4 times a year.

Subscription Index ПИ573

Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26

Email *izvestiya-vgsha@yandex.ru*

Release Date 31.03.2021.

Edition 1000 (first factory 100). Order 145.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26

Free price